

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



**НОВЫЕ МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАНДШАФТОВ В ЕВРОПЕ,
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И СИБИРИ**

**ТОМ IV: Оптимизация сельскохозяйственных
ландшафтов**

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АГРОХИМИИ ИМЕНИ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА»**

Главные редакторы: Виктор Г. Сычёв и Лотар Мюллер

**НОВЫЕ МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАНДШАФТОВ В ЕВРОПЕ,
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И СИБИРИ**

Монография в 5 томах

**Том IV Оптимизация сельскохозяйственных
ландшафтов**

**В содружестве с Академией почвенного плодородия
Митчерлиха (МИТАК), Паулиненуэ, Германия**

Москва 2018

**RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
FSBSI «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF AGROCHEMISTRY
NAMED AFTER D.N. PRYANISHNIKOV»**

Main editors: Viktor G. Sychev and Lothar Mueller

**NOVEL METHODS AND RESULTS OF
LANDSCAPE RESEARCH IN EUROPE, CENTRAL
ASIA AND SIBERIA**

Monograph in 5 Volumes

Vol. IV Optimising Agricultural Landscapes

**With friendly support of the Mitscherlich Academy for Soil Fertility
(MITAK), Paulinenaue, Germany**

Moscow 2018

ББК 4035
УДК 504.54:631.42
Н 78

Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). Том 4. Оптимизация сельскохозяйственных ландшафтов /под редакцией академика РАН В.Г.Сычева, Л. Мюллера. – М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. – 408 с. ISBN 978-5-9238-0250-4 (Том 4)

Коллектив авторов и редакторов под руководством В.Г. Сычёва (Москва), А.Х. Шеуджена (Краснодар), Ф. Ойленштайна (Мюнхенберг).

Главные редакторы: Лотар Мюллер (Лейбниц центр агроландшафтных исследований, Мюнхенберг, Германия) и Виктор Г. Сычёв (Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия)

Монография содержит информацию о самых современных методологиях и результатах в ландшафтных исследованиях. Она может быть использована в качестве руководства для исследователей, преподавателей, студентов и всех, кого интересует тема ландшафтной науки и смежных дисциплин. Монография является особо ценной информационной базой для лиц, принимающих решения на различных уровнях, от местных до международных органов по принятию решений. Приведенная в монографии информация представляет собой современный уровень ландшафтной науки в очень краткой форме.

Содержание глав дано в авторской редакции. Редакторы не несут ответственности в отношении опубликованных материалов.

Novel Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia (in five volumes). Vol. 4. Optimising Agricultural Landscapes /main editors Viktor G. Sychev, Lothar Mueller. – М.: Publishing House FSBSI «Pryanishnikov Institute of Agrochemistry», 2018. – 408 p.

Team of authors and editors under the guidance of: Viktor G. Sychev (Moscow), Askhad Kh. Sheudzhen (Krasnodar), Frank Eulenstein (Muencheberg)

Main editors: Lothar Mueller (Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, Muencheberg, Germany) and Viktor G. Sychev (All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov) , Moscow, Russia)

This monograph shall inform you about up to date methodologies and recent results in landscape research. It is intended as a guide for researchers, teachers, students, decision makers, stakeholders interested in the topic of landscape science and related disciplines. It provides information basis for decision makers at various levels, from local up to international decision bodies, representing the top level of landscape science in a very short form.

Authors are responsible for the content of their chapters. Neither the authors nor the editors can accept any legal responsibility for any errors or omissions that may be made. The editors make no warranty, express or implied, with respect to the material contained herein.

ISBN 978-5-9238-0246-7
ISBN 978-5-9238-0250-4 (Том 4)
DOI 10.25680/1479.2018.72.58.004

© ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» 2018

Оглавление

Часть 12 Управление почвами и культурами в сельском хозяйстве Part 12 Agricultural Soil and Plant Management.....	12
Основная глава 12.1 Методики и общие направления Main Chapter 12.1 Practices and Trends.....	12
Chapter IV/1: PRINCIPLES OF “GOOD AGRICULTURAL PRACTICE IN GERMANY” PRECAUTIONARY MEASURES OF SITE SPECIFIC SOIL HUMUS CONTENT Глава IV/1: Принципы «надлежащей сельскохозяйственной практики в Германии»: Предупредительные меры по сохранению содержания почвенного гумуса, соответствующего местоположению Thomas Vorderbrügge	12
Глава IV/2: ПУТИ УСТОЙЧИВОГО ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ В РОССИИ Chapter IV/2: Ways for Sustainable Forage Production in Russia Владимир М. Косолапов; Илья А. Трофимов; Людмила С. Трофимова; Елена П. Яковлева	18
Глава IV/3: УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СЕВООБОРОТОВ В АГРОЛАНДШАФТАХ ХОЗЯЙСТВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ Chapter IV/3: An Improved Data Base and a Computer Program for Automated Designing Crop Rotation System in Farms of Different Specialization, Located in Agricultural Landscapes of the Central Chernozem Region Григорий Н. Черкасов; Александр С. Акименко.....	23
Глава IV/4: ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ Chapter IV/4: Features of the Transformation of Agrarian Landscapes under Conditions of North-West Russia Александр Л. Ильвес; Людмила П. Смолина; Нина В. Ильвес	28
Глава IV/5: МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ СЕВООБОРОТОВ НА ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ Chapter IV/5: Methodology of the Formation of Adaptive Crop Rotations in Drained Agrolandscapes Лидия И. Петрова; Юрий И. Митрофанов	31
Глава IV/6: ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТОВ, ВЫЗОВЫ ИХ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В РОССИИ Chapter IV/6: Evaluation of Agro-Landscapes, Challenges of their Monitoring and Management in Russia Илья А. Трофимов; Людмила С. Трофимова; Елена П. Яковлева.....	36
Глава IV/7: АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОХРАНЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ Chapter IV/7: Ecological Bases of Agrolandscapes for Conservation and Reproduction of Soil Fertility of Russian Agricultural Lands Илья А. Трофимов; Людмила С. Трофимова; Елена П. Яковлева	41
Глава IV/8: АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ Chapter IV/8: Agrolandscape-Ecological Bases of Plant Growing in the Krasnodar Region Людмила С. Трофимова; Илья А. Трофимов; Елена П. Яковлева	46
Глава IV/9: АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ Chapter IV/9: Agrolandscape- Ecological Zoning of Natural Grasslands in the European Part of Russia Людмила С. Трофимова; Елена П. Яковлева.....	51
Глава IV/10: МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТИПИЗАЦИИ ПАШНИ И ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ ЗЕРНОВОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ В АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ Chapter IV/10: Methodology of Assessing Croplands and Cereal-Dominated Rotations in Agrolandscapes of the Lower Volga Region Валентина А. Федорова; Тамара В. Мухортова	56
Глава IV/11: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ Chapter IV/11: Ecological and Economic Aspects of the Sustainability of Agricultural Land Use Ольга А. Ткачева; Елена Г. Мещанинова	61

Chapter IV/12: CONSERVATION AGRICULTURE, SUSTAINABLE LANDSCAPE USE AND LANDSCAPE PROTECTION Глава IV/12: Ресурсосберегающее сельское хозяйство, устойчивое использование и охрана ландшафтов Ádám Kertész; Balázs Madarász	65
Глава IV/13: ПРИНЦИПЫ СБЕРЕГАЮЩЕГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ Chapter IV/13: Principles of Conservation Agriculture in Central Asia Мехлис К. Сулейменов; Жексенбай А. Каскарбаев	69
Глава IV/14: СПОСОБЫ ПОДЪЕМА ЧЕРНОГО ПАРА В КАЧЕСТВЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА АГРОЛАНДШАФТАХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ Chapter IV/14: Methods of Improvement of Black Fallow as a Previous Crop for Winter Wheat in Agrolandscapes of the Northern Pre-Caspian Region Валентина А. Федорова; Тамара В. Мухортова	74
Глава IV/15: АДАПТАЦИЯ ВИДОВ ЛЮПИНА В АГРОЛАНДШАФТЫ РОССИИ Chapter IV/15: Lupin Species' Adaptation to Russian Agro-Landscapes Александр И. Артюхов; Маргарита Е. Селиванова; Елена И. Исаева	78
Глава IV/16: ПРОБЛЕМЫ И УСПЕХИ БИОЛОГИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ В БОРЬБЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ Chapter IV/16: Problems and Successes in the Biologization of Agricultural Landscapes in the Fight against Soil Degradation in the Far East of Russia Владимир И. Голов; Максим Л. Бурдуковский	83
ГЛАВА IV/17: РАЗРАБОТКА ОСНОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДЛЯ РИСОВЫХ СЕВООБОРОТОВ АКДАЛИНСКОГО МАССИВА ОРОШЕНИЯ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА Chapter IV/17: Development of Bases of Organic Farming for Rice Crop Rotations in the Akdala Irrigation Area, Southeastern Kazakhstan Мария А. Ибраева	88
Глава IV/18: ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ КОК-САГЫЗА (<i>TARAXACUM KOKSAGHYZ</i>) В КАЗАХСТАНЕ Chapter IV/18: Technology of Kok-Saghyz (<i>Taraxacum Kok-Saghyz</i>) Reproduction in Kazakhstan Кайрат Утеулин; Избасар Рахимбаев; Кабл Жамбакин; Серик Мухамбетжанов; Габит Бари; Аслан Жексенбай; Баян Есболаева; Ажар Искакова; Чингиз Жабыкбаев; Мурат Ахметжанов	93
Chapter IV/19: MULTI-SPECIES GRAZING FOR IMPROVEMENT OF GRASSLAND BIODIVERSITY Глава IV/19: Многовидовой выпас для повышения биоразнообразия пастбищ Axel Behrendt; Andreas Fischer; Thomas Kaiser; Frank Eulenstein; Sylvia Ortmann; Anne Berger; Lothar Mueller	97
Основная глава 12.2 Управление почвами Main Chapter 12.2 Soil Management	101
Chapter IV/20: PRINCIPLES OF SOIL CONSERVING TRAFFIC ON ARABLE LAND – ADAPTION OF LOAD INPUT BY AGRICULTURAL MACHINES TO THE SUSCEPTIBILITY OF SOIL TO COMPACTION Глава IV/20: Принципы почвозащитного использования сельскохозяйственных машин на пахотных землях - нормирование нагрузок в зависимости от потенциального уплотнения почвы Marco Lorenz; Joachim Brunotte; Norbert Fröba; Franz-Josef Lörmeier	101
Глава IV/21: АДАПТАЦИЯ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ К ОСОБЕННОСТЯМ АГРОЛАНДШАФТА Chapter IV/21: Adaptation of Soil Tillage to the Characteristics of the Agrolandscape Иван И. Гуреев; Николай С. Климов	106
Глава IV/22: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ Chapter IV/22: Improving Conservation Tillage in Eroded Agrolandscapes Николай М. Жолинский; Ирина Н. Кораблева; Сергей Б. Стрельцов	112
Глава IV/23: НУЛЕВАЯ, МИНИМАЛЬНАЯ ИЛИ ОТВАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ В ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ Chapter IV/23: No-Tillage, Minimum or Moldboard Plowing in Landscape-Adapted Cropping Systems of the Middle Cis-Ural Region Александр Ленточкин; Петр Ширококов; Наталья Атнабаева	115
Глава IV/24: ПЕРСПЕКТИВЫ «НУЛЕВОЙ» ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В АГРОЛАНДШАФТАХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА Chapter	

IV/24: Prospects of «Zero» Soil Tillage for Maize Cropping in Agro-Landscapes of the Volga-Vyatka Region Александр И. Волков; Николай А. Кириллов; Любовь Н. Прохорова	120
Глава IV/25: ПРИМЕНЕНИЕ NO-TILL И MINI-TILL НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ПОВОЛЖЬЯ Chapter IV/25: Application of No-Till and Mini-Till on Degraded Gray Forest Soils of the Volga Region Александр И. Волков; Николай А. Кириллов	125
Глава IV/26: СТРУКТУРНЫЙ СТАТУС ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ И ОБРАБОТКА ПОЧВ Chapter IV/26: Structural Status of Leached Chernozems and Soil Tillage Сергей Немцев	129
Глава IV/27: ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ВЛАГИ И ПОПУЛЯЦИЮ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР ПО ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL Chapter IV/27: Influence of Plant Residues on the Accumulation of Moisture and Population of Earthworms at No-Till Cropping Technology Виктор Дридигер; Роман Стукалов; Расул Гаджиумаров.....	134
Глава IV/28: ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ГЛУБОКОГО РыхЛЕНИЯ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ Chapter IV/28: Effects of Different Soil Loosening on Water-Physical Properties Исломкул И. Икромов.....	139
Основная глава 12.3 Удобрение и круговорот питательных веществ Main Chapter 12.3 Fertilisation and Nutrient Cycling	144
ГЛАВА IV/29: ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ Chapter IV/29: The Influence of Soil and Landscape Conditions on the Productivity of Crop Rotation and Fertilizer Efficiency Сергей М. Лукин	144
Глава IV/30: ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ФИТОСАНИТАРНЫХ ФУНКЦИЙ ЗЕЛЕННОГО УДОБРЕНИЯ Chapter IV/30: Assessment of Ecological and Phytosanitary Functions of Green Manure Application Виктор Г. Сычев; Владимир Г. Лошаков	149
Глава IV/31: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ ПО ЗОНАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Chapter IV/31: The Effectiveness of Organic Fertilizers in Crop Rotations of Zones in the Russian Federation Сергей М. Лукин	154
Глава IV/32: ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ Chapter IV/32: Increase of Fertility and Productivity of Soils of Azerbaijan by Organic Fertilizers Паша Заманов; Рагим Пашаев; Эльмира Векилова	158
Глава IV/33: ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ Chapter IV/33: Fertility of Sod-Podzolic Soils and Efficiency of Fertilizers in Agricultural Landscapes of North-West Russia Алексей И. Иванов; Жанна А. Иванова; Александр А. Конашенков	164
Глава IV/34: ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗИРОВОК И СООТНОШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ Chapter IV/34: Optimization of Dosages and Ratios of Nutrition Elements of Agricultural Crops in Landscape Agriculture Иван И. Гуреев.....	169
Глава IV/35: ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМ КАЛИЯ В ПОЧВАХ АГРОЛАНДШАФТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ Chapter IV/35: Transformation of Potassium Forms at Long-Term Application of Fertilizers in Soils of Agrolandscapes Любовь В. Никитина	173
Глава IV/36: ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Chapter IV/36: Effectiveness of Potassium Fertilizers in Various Agrolandscapes of the Russian Federation Валерий А. Борисов; Станислав С. Литвинов; Николай В. Гренадеров; Игорь Ю. Васючков; Ольга Н. Успенская; Сергей Н. Дерюшников; Татьяна Г. Колебошина; Анатолий И. Юров; Евгений В. Воронкин; Вячеслав Г. Колодкин.....	179

Chapter IV/37: STRIP-TILL APPLICATION OF LIQUID SLURRY – A NEW APPROACH TO REDUCE NITROGEN LOSSES IN AGRICULTURAL LANDSCAPES Глава IV/37: Внесение жидкого навоза при полосной обработке почвы - новый подход для уменьшения потерь азота в сельскохозяйственных ландшафтах Nadine Tauchnitz; Joachim Bischoff; Matthias Schrödter; Ralph Meissner	183
Глава IV/38: ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД КАРТОФЕЛЬ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ: ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ Chapter IV/38: Application of Organic and Mineral Fertilizers to Potatoes on Sod-Podzolic Soils: Field Experiments Генриэта Мерзлая; Рафаил Афанасьев; Егор Березовский; Ольга Щуклина; Ирина Понкратенкова	188
Глава IV/39: ОГРАНИЧЕНИЯ РЕГУЛЯРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА В ИНТЕНСИВНОМ РЕЖИМЕ В АГРОЛАНДШАФТАХ С БЕССМЕННЫМ ВОЗДЕЛЫВАНИЕМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ: ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ Chapter IV/39: Limitations of the Regular Intensive Use of Liquid Manure in Agricultural Landscapes at Permanent Cultivation of Perennial Grasses: Field Experiments Сергей И. Тарасов.....	192
Глава IV/40: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПОД РАСТИТЕЛЬНЫМИ ЦЕНОЗАМИ АГРОЛАНДШАФТА Chapter IV/40: Characteristic of the Formation of Effective Soil Fertility Under Vegetation Cover in the Agrolandscape Иван Ф. Медведев; Анастасия С. Бузуева; Денис И. Губарев; Александр Ю. Верин; Михаил Ю. Несветаев	197
Глава IV/41: ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ АГРОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ Chapter IV/41: The Influence of Phytomelioration on Soil Fertility of Agrogenic Landscapes Людмила Н. Пуртова; Олег В. Полохин; Людмила Н. Щапова; Алексей Н. Емельянов	202
Глава IV/42: ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА АДАПТОГЕНА В УСЛОВИЯХ ВТОРИЧНО-ЗАСОЛЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА Chapter IV/42: Effective Application of an Adaptogenic Preparation under Conditions of Secondary Saline Landscapes in Southern Kazakhstan Абдулла Сапаров; Бейбут Сулейменов; Галымжан Сапаров; Самат Танирбергенов.....	207
Chapter IV/43: EFFECTS OF LONG-TERM COMPOST TREATMENT ON PHYSICAL PROPERTIES OF SANDY SOILS Глава IV/43: Эффекты длительного применения компоста на физические свойства песчаных почв József Tibor Aranyos; Attila Tomócsik; Lajos Blaskó; Marianna Makádi	211
Основная глава 12.4 Борьба с сорняками и вредителями Main Chapter 12.4 Weed and Pest Control	215
CHAPTER IV/44: PRINCIPLES AND METHODS OF INTEGRATED WEED MANAGEMENT IN CROPPING SYSTEMS Глава IV/44: Принципы и методы интегрированной защиты от сорных растений в системах земледелия Arnd Verschwele.....	215
Chapter IV/45: INFLUENCE OF LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE FUNGISTASIS OF SOUTHERN CHERNOZEMS IN THE SYSTEM OF LANDSCAPE-ADAPTED AGRICULTURE Глава IV/45: Влияние многолетнего применения минеральных удобрений на фунгистазис южных черноземов при адаптивно-ландшафтной системе земледелия Galina N. Churkina; Irina V. Rukavitsina; Kairat K. Kunanbayev; Dana Yerpasheva	220
Chapter IV/46: Experimental data on the biodegradation of the herbicide glyphosate by the soil fungi <i>TRICHODERMA INHAMATUM</i> Глава IV/46: Экспериментальные данные по биодegradации гербицида глифосат почвенным грибом <i>Trichoderma inhamatum</i> Kairat K. Kunanbayev; Galina N. Churkina; Irina V. Rukavitsina; Dana Yerpasheva.....	224
Глава IV/47: ПРИМЕНЕНИЕ БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ АГРОЦЕНОЗОВ ОТ ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В ЛЕСОАГРОНОМ ЛАНДШАФТЕ Chapter IV/47: Application of Bioecological Methods for Protection of Agroecosystems from the	

Pathogenic Microflora in a Forest-Agrolandscape Светлана В. Колмукиди; Елена А. Крюкова	228
Часть 13 Сельскохозяйственные полевые опыты Part 13 Agricultural Field Experiments.....	234
Основная глава 13.1 Длительные полевые опыты Main Chapter 13.1 Long-Term Field Experiments	234
Chapter IV/48: LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS AS AN ESSENTIAL BASIS FOR PRACTICALLY RELEVANT RESEARCH OF THE GLOBAL CARBON CYCLE Глава IV/48: Длительные полевые опыты как важная основа для практически значимых исследований глобального цикла углерода Martin Körschens.....	234
Chapter IV/49: NETWORK OF LONG-TERM AGRICULTURAL TRIALS WITH FERTILIZERS IN THE FRAMEWORK OF RUSSIAN AGROECOLOGICAL MONITORING Глава IV/49: Сеть длительных полевых опытов с удобрениями в системе агроэкологического мониторинга России Vladimir Romanenkov; Lyudmila Shevtsova; Maya Belichenko	239
Глава IV/50: РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТОВ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ Chapter IV/50: The Role of Fertilizers in Providing Sustainable Agricultural Production: Results of the Long-Term Trials of the Geographical Network Майя Беличенко; Виктор Сычев; Владимир Романенков.....	244
Глава IV/51: МЕТОДОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ Chapter IV/51: Methodology of a Modern System of Field Experiments Алексей И. Иванов; Жанна А. Иванова	249
Глава IV/52: ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В УСЛОВИЯХ СТАЦИОНАРНЫХ ОПЫТОВ Chapter IV/52: Productivity of Maize under Long-Term Use of Various Agrotechnical Methods in Stationary Experiments Александр Ф. Стулин.....	254
Глава IV/53: КАЧЕСТВО ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В ЗОНАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ СИБИРИ Chapter IV/53: Quality of Soils and Crop Productivity at Long-Term Application of Fertilizers in Zonal Landscapes of Siberia Геннадий П. Гамзиков	258
Глава IV/54: О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО (50 ЛЕТ) ДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ Chapter IV/54: About the Laws of a Long-Term (50 years) Application of Fertilizers in a Field Experiment on a Derno-Podzol Soil Николай Кирпичников; Виктор Сычев; Майя Беличенко; Ольга Рухович.....	263
ГЛАВА IV/55: ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА РОССИИ Chapter IV/55: Effect of Long-Term Fertilizers Application on the Productivity of Crop Rotation on Sod-Podzolic Sandy Loam Soil in the Central Region of Russia Сергей М. Лукин; Елена В. Марчук; Екатерина И. Золкина; Юлия М. Теплова	268
Глава IV/56: ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ЗЕРНОСВЕКЛОВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ: ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ Chapter IV/56: Dynamics of Agro-Chemical Characteristics of Soil in a Grain-Beet Crop Rotation with Long-Term Fertilizer Application: Field Experiments Ольга А. Минакова; Людмила В. Александрова; Дмитрий А. Куницын; Татьяна Н. Подвигина	273
Глава IV/57: ПРОДУКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПО РОТАЦИЯМ ШЕСТИПОЛЬНОГО СЕВООБОРОТА В АГРОЛАНДШАФТАХ СТЕПНОГО ПОВОЛЖЬЯ: СТАЦИОНАРНЫЕ ОПЫТЫ Chapter IV/57: Productivity of Fertilization Systems and Balance of Nutrition Elements of a Six-Field Crop Rotation in Agrolandscapes of the Volga Steppe Region: Stationary Experiments Виктор В. Пронько; Майя П. Чуб; Дмитрий Ю. Журавлев; Татьяна М. Ярошенко; Надежда Ф. Климова	278

Глава IV/58: МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО В АГРОЛАНДШАФТАХ ПОВОЛЖЬЯ: СТАЦИОНАРНЫЕ ОПЫТЫ Chapter IV/58: Mineral Fertilization as a Soil Fertility Regulating Factor of Southern Chernozems in Agrolandscapes of the Volga Region: Stationary Experiments Виктор В. Пронько; Майя П. Чуб; Дмитрий Ю. Журавлев; Татьяна М. Ярошенко; Надежда Ф. Климова	283
Глава IV/59: ПЛОДОРОДИЕ ОРОШАЕМЫХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ РАВНИННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Chapter IV/59: Fertility of Irrigated Chernozem Soils in Plain Forest-Steppe Landscapes of Western Siberia Василий Бойко; Артем Тимохин	287
Глава IV/60: ХИМИЗАЦИЯ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ Chapter IV/60: Resource-Saving Application of Agrochemistry in Cropping Systems on Sod-Podzolic Loamy Soils of the Central Non-Chernozem Zone of Russia Галина И. Ваулина; Аллахверди М. Алиев.....	292
Глава IV/61: ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД В ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ Chapter IV/61: Influence of the Landscape on the Formation of Melt Water Surface Runoff in the Forest-Steppe of the Central Non-Chernozem Zone Анатолий И. Петелько.....	298
Основная глава 13.2 Другие стационарные эксперименты Main Chapter 13.2 Other Stationary Experiments	303
Глава IV/62: БИОЛОГИЗИРОВАННЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СКЛОНОВЫХ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ Chapter IV/62: Biologization Techniques to Increase the Fertility of Sloping Soils in Agricultural Landscapes of the Non-Chernozem Zone Татьяна Ю. Анисимова.....	303
Глава IV/63: УДОБРЕНИЯ И ПЛОДОРОДИЕ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ: ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ Chapter IV/63: Fertilizers and Soil Fertility of Gray Forest Soils of the Upper Volga Region: Field Experiments Владимир В. Окорков; Оксана А. Фенова, Людмила А. Окоркова	307
Chapter IV/64: TILLAGE DEPTH AND CROP YIELDS: RE-EVALUATION OF LATE HOLOCENE SOIL TILLAGE TRIALS IN EASTERN AND CENTRAL EUROPE Глава IV/64: Глубина обработки почвы и урожайность сельскохозяйственных культур: переоценка опытов по обработке почвы в Восточной и Центральной Европе в условиях позднего голоцена Lothar Mueller; Frank Eulenstein; Blair M. McKenzie; Uwe Schindler; Wilfried Mirschel.....	312
Chapter IV/65: COMPARATIVE ECONOMIC ASSESSMENT BETWEEN CONVENTIONAL AND ORGANIC FARMING AT THE AGRICULTURAL TEST SITE WAGNA, AUSTRIA Глава IV/65: Сравнительная экономическая оценка традиционного и органического сельского хозяйства на сельскохозяйственном опытном поле Вагна, Австрия Gernot Klammler; Heinz Köstenbauer; Johann Robier; Dagobert Eberdorfer; Josef Pferscher; Georg Fastl; Johann Fank	320
Часть 14 Мелиорация и орошение Part 14 Land Improvement and Irrigation.....	325
Основная глава 14.1 Системы мелиорации и орошения земель Main Chapter 14.1 Land Reclamation and Irrigation Systems	325
Глава IV/66: ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ КИСЛЫХ ПОЧВ Chapter IV/66: Basics of Chemical Melioration of Acid Soils Владимир В. Окорков	325
Глава IV/67: МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДО-ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ НА АГРОЛАНДШАФТАХ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА Chapter IV/67: Management Methods of Water and Land Resources in Agro-Landscapes of South Kazakhstan Рахим К. Бекбаев; Еркемуль Д. Жапаркулова; Burghard C. Meyer; Раушан А. Жайсамбекова; Нурбол Р. Бекбаев; Кемелхан Курмашев.....	330

Глава IV/68: РОЛЬ КЯРИЗОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЛАНДШАФТА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ И В СРЕДНЕЙ АЗИИ Chapter IV/68: The Role of Antique Underground Aqueducts (Kyarizas) for the Formation of Landscapes in Azerbaijan and Central Asia Аловсет Г. Гулиев.....	334
Глава IV/69: РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В АГРОЛАНДШАФТАХ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА УКРАИНЫ Chapter IV/69: Rational Use of Water on Irrigated Lands in Agrolandscapes of the Southern Ukraine Анатолий М. Коваленко	337
CHAPTER IV/70: RECOMMENDATIONS FOR IRRIGATION IN AUSTRIA Глава IV/70: Рекомендации по орошению в Австрии Peter Cepuder; Reinhard Nolz	342
Глава IV/71: МОНИТОРИНГ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ КАЗАХСТАНА Chapter IV/71: Monitoring of the Meliorative State of Irrigated Land in Kazakhstan Tursun Ibrayev; Nurlan Bekmuhamedov; Mikhail Tskhai; Marina Li	346
Chapter IV/72: THE WUEMoCA TOOL FOR MONITORING IRRIGATED CROPLAND USE AND WATER USE EFFICIENCY AT THE LANDSCAPE LEVEL OF THE ARAL SEA BASIN Глава IV/72: Инструмент WUEMoCA для мониторинга эффективности использования орошаемых пахотных земель и воды на ландшафтном уровне бассейна Аральского моря Sarah Schönbrodt-Stitt; Christopher Conrad; Dima Dimov; Ikrom Ergashev; Fabian Löw; Lucia Morper-Busch; Sherzod Muminov; Islom Ruziev; Gunther Schorcht; Georgy Solodky; Anatoly Sorokin; Denis Sorokin; Galina Stulina; Rustam Toshpulatov; Sherzod Zaitov; Almas Kitapbayev; Katy Unger-Shayesteh.....	351
Глава IV/73: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДИСТАНЦИОННЫХ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ В БАСЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ Chapter IV/73: Comparative Assessment of RS- and Ground-based Monitoring over Land and Water Use in the Aral Sea Basin Виктор Духовный; Анатолий Сорокин; Галина Стулина; Икром Эргашев; Денис Сорокин; Шерзод Муминов; Георгий Солодкий; Рустам Тошпулатов; Гюнтер Шорхт; Димо Димов.....	357
Основная глава 14.2 Водопотребление и технологии орошения Main Chapter 14.2 Water Demand and Irrigation Technologies	361
Chapter IV/74: ZUWABE: A MODEL FOR ESTIMATION OF SPATIAL IRRIGATION WATER DEMAND FOR AGRICULTURAL CROPS Глава IV/74: ZUWABE: Модель для оценки региональных потребностей в воде для орошения сельскохозяйственных культур Wilfried Mirschel; Karl-Otto Wenkel; Michael Berg; Ralf Wieland; Vitaly V. Terleev; Karin Luzi	361
Глава IV/75: ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОЧВЫ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ Chapter IV/75: Soil Moisture Supply and Water Consumption of Winter Wheat in a Crop Rotation Андрей В. Алабушев; Галина В. Овсянникова ²	366
Глава IV/76: МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ Chapter IV/76: Monitoring of the Technical Conditions and Determining the Residual Functional Performance of Water Conveying Facilities Михаил Бандурин.....	370
Глава IV/77: ИРРИГАЦИОННО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УСЛОВИЯ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ И ЛАНДШАФТ ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН Chapter IV/77: Economic Conditions for Irrigation and their Influence on the Meliorative State and the Landscape of the Irrigated Territory in the Vakhsh Valley of the Republic of Tajikistan Ислонкул И. Икромов; Илхомжон И. Икромов; Мирасил М. Мирзоев; Ф. Икромии.....	376
Глава IV/78: АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛИВА ОБЕСПЕЧИВАЕТ БЛАГОПРИЯТНУЮ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ НА ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ Chapter IV/78: Automation of the Technological Process of Irrigation Provides Favourable Ecological Conditions in Irrigated Agrolandscapes Хасан А. Таттибаев; Павел А. Калашников; Нурлан Н. Бальгабаев.....	381

Глава IV/79: МЕТОД РАСЧЕТА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПЛОДОВОГО ДЕРЕВА ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО И ПОДКРОНОВОГО ОРОШЕНИЯ Chapter IV/79: A Calculation Method of the Root System of a Fruit Tree for Drip Irrigation Алексей Н. Рыжаков	386
Глава IV/80: ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ДЛЯ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ Chapter IV/80: Technology and Software for Surface Irrigation in the South of Central Siberia Олег А. Иванов; Татьяна Е. Иванова; Геннадий Л. Утенков	390
Глава IV/81: ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ДЛЯ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ Chapter IV/81: Technology and Technical Provision of Surface Irrigation in the South of Central Siberia Геннадий Л. Утенков; Олег А. Иванов; Татьяна Е. Иванова	395

Том IV Vol. IV	Оптимизация сельскохозяйственных ландшафтов Optimising Agricultural Landscapes

Часть 12 Управление почвами и культурами в сельском хозяйстве
Part 12 Agricultural Soil and Plant Management

Основная глава 12.1 Методики и общие направления
Main Chapter 12.1 Practices and Trends

Chapter IV/1: PRINCIPLES OF “GOOD AGRICULTURAL PRACTICE IN GERMANY”
PRECAUTIONARY MEASURES OF SITE SPECIFIC SOIL HUMUS CONTENT

Глава IV/1: Принципы «надлежащей сельскохозяйственной практики в Германии»:
Предупредительные меры по сохранению содержания почвенного гумуса, соответствующего
местоположению

Thomas Vorderbrügge

DOI 10.25680/1412.2018.78.64.266

Email: thomas.vorderbruegge@hlnug.hessen.de

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden, Germany

ABSTRACT. With the passing of the Federal Soil Protection Act in 1998 the cornerstone for a federal-unique soil protection in Germany was laid. The scope of the Federal Soil Protection Act is to maintain soil functions in a sustainable way or to restore them. Thus, precaution must be taken to avoid the occurrence of harmful changes to the soil. The law outlines the requirements to be met in precautionary soil protection - “any person who is by his action affecting the soil shall act in such a manner that harmful soil changes do not occur”. In cases of agricultural soil use, the obligation to take precautions pursuant shall be fulfilled by good agricultural practice. The principles of good practice in agricultural soil use are the permanent protection of the soil’s fertility and of the soil’s functional capacity as a natural resource. The principles of good agricultural practice include f. e. that the soil structure shall be conserved or improved or that the soil’s humus content, as is typical for the site in question, shall be conserved, especially by means of adequate input of organic substances or of reduction of the intensity with which the soil is worked. The article reports about the function of humus, reasons for loss of organic matter in German soils and about measures for humus conservation.

Резюме. С принятием Федерального закона об охране почв в 1998 г. был заложен краеугольный камень охраны почв в Германии на федеральном уровне. Сфера регулирования Федерального закона об охране почв — устойчивое поддержание функций почвы или их восстановление. В этих целях необходимы предупредительные меры, исключающие неблагоприятные изменения в почве. В законе описаны требования, которым должны соответствовать предупредительные меры охраны почв: «Любое лицо, которое оказывает влияние на почву своими действиями, должно действовать таким образом, чтобы в почве не происходили неблагоприятные изменения». При использовании сельскохозяйственных земель обязательство принимать установленные предупредительные меры должно выполняться посредством надлежащей сельскохозяйственной практики. Принципами надлежащей практики использования сельскохозяйственных земель являются долговременная защита плодородия почвы и функциональных возможностей почвы как природного ресурса. К принципам надлежащей сельскохозяйственной практики относится, в частности, необходимость сохранения или улучшения структуры почвы, а также необходимость сохранения содержания почвенного гумуса, которое соответствует условиям рассматриваемого участка, в первую очередь с помощью адекватного внесения органических материалов или снижения интенсивности обработки почвы. В статье рассматриваются функции гумуса, причины потерь органического вещества в почвах Германии и меры по сохранению гумуса.

KEYWORDS: agriculture, soil organic carbon stocks, measures, good agricultural practice

Ключевые слова: Сельское хозяйство, запасы органического углерода в почве, меры, хорошая сельскохозяйственная практика

INTRODUCTION

Soil organic carbon stocks are very dynamic and change by different types of land use, land management and climate condition. The decline of soil organic carbon in Germany and in many areas around the world is an urgent environmental risk that undermines not only soil fertility and productivity but also food security [1].

The preservation of organic matter is therefore one of the main objective of good agricultural practice pursuant to the principles of the Federal Soil Protection Act in Germany. In addition to its great importance for soil properties and functions, humus / soil organic matter (SOM) is becoming increasingly important in soil as part of the discussion on climate change or the consequences of the cultivation of energy crops. Losses of humus by erosion, increased cultivation of humus-exhausting crops, increased discharge of harvested fruits and straw for energy use and landuse

In order to preserve and preserve soil functions and biodiversity, humus in the soil must be maintained.

HUMUS – ORGANIC MATTER – DEFINITION, FUNCTION AND EFFECTS

The German term "humus" refers to the totality of all dead plant and animal substances contained in and on mineral soil and their transformation products, as well as synthetic organic substances, e.g. pesticides or organic wastes [2, 3]. Humus is therefore an inanimate organic substance. Humus also includes groups of substances that no longer have any tissue structures [4] Living plant roots, soil organisms (edaphon) and coal are not considered part of humus [3]. However, there is no still precise international definition of what soil organic matter is and what its various fractions are [5], they found in their review nearly 20 definitions of soil organic matter and its components and defined soil organic matter (SOM) as “the sum of all natural and thermally altered biological derived organic material found in the soil or on the surface irrespective of its source, whether it is living or dead, or stage of decomposition, but excluding the aboveground portion of living plants”. Her own definition of Humus is “Organic materials remaining in the soil after removal of macroorganic matter and dissolved organic matter”. In the following, we use the German term of humus [3].

The humus influences several critical soil functions [2, 5, 6, 7, 8 – 12]. It has great significance as:

- Ø a nutrient and an energy source for microorganisms, soil fauna and plants
- Ø a habitat for microorganisms and the soil fauna
- Ø an essential part of the filter and buffer function
- Ø a parameter of the yield potential of a soil and
- Ø in groundwater protection.

It is involved in a multitude of chemical and physical exchange and storage processes in the soil, such as:

- Gas exchange
- Water retention (especially in sandy and clayey substrates)
- Stabilization of soil structure
- Heat storage, reduction of temperature variation in the topsoil
- Increasing aggregate stability by the formation of clay-humus complexes due to biological activity
- Reducing the risk of sludge
- Reduction of surface discharge and soil erosion
- Nutrient binding, release or loss, depending on the other site conditions, provided that the crops do not incorporate the nutrients
- Pollutant binding as well as fixing, conversion and degradation of pollutants
- Buffering of soil acidification
- Short-term sink and source for trace gases and carbon from the atmosphere
- Preservation of plant protection products against the displacement to the groundwater
- Reduction of the disease susceptibility of crops (ant phytogenic potential)
- ...[This list is not exhaustive].

Due to its outstanding ecological importance in soil functions, the preservation of humus is of particular importance.

HUMUS CONTENT IN SOILS IN GERMANY

In recent years, a large number of evaluations have been carried out in Germany to determine humus contents in topsoil of agriculturally used sites. These evaluations were carried out nationwide through the federal government and singular states. Within their nationwide evaluation of approximately 22.000 data, [13] found, that most of the humus content range from 1% to 4%. A cross-country analysis of more than 40.000 topsoil samples from Südzucker AG in the southern German sugar beet cultivation areas showed median humus content of 2.04%, although the contents varied significantly depending on landscape, altitude and management (livestock, without any livestock).

According to the evaluation, the soil texture was found to be a significant factor influencing the humus content of the mineral soils. The humus content was on average higher in heavy soils, clays and loams, (2.42%) than in light soils, sand, (1.83%). At elevations up to 400 m, the influence of the elevation on the soil humus content was fairly low (mean values between 2.08 and 2.11%). At elevations between 440 and 500 m, however, the influence of the elevation on the soil humus content increased and the humus content averaged 2.28%. The highest humus content of 2.39% was found above 500 m [14].

But not only the humus content in the top soil is important for agricultural or reducing the effects of climate change. Even the humus content in subsoil is very important for all soil functions.

Figure 1 gives an impression of humus content in the subsoil of different soil types



Figure 1: Profiles from loess - left: Tschernosem with humus to the subsoil (60 cm), colluvial covered; middle: Pararendzina (loss of the topsoil and thus the humus by erosion); right: Kolluvisol, humus rich into the deep subsoil (> 130 cm), at the foot of the slope. © HLNUG Wiesbaden

REASONS FOR LOSS OF ORGANIC MATTER IN SOILS

The causes of loss of humus are manifold. On a small scale, the loss of humus takes place due to the displacement of humus soil material within a field by soil processing and / or erosion and happens on agricultural land that is slightly hilly with low and high humus contents. Particularly in spring, when topsoil becomes increasingly dry, agricultural land often shows areas with different colors due to varied humus content. Slopy areas show a light color, which are called pararendzina (Leptosol) in the loess landscapes, whereas lows and areas of contour depth lines show a dark soil color (colluvia) in which the humus material of the topsoil was deposited .

Actual humus or soil losses from the field are caused by wind or water erosion. Wind erosion, in particular, can lead to high losses of humus, especially on sandy soils, since the humus particles are so light that they can be displaced over long distances with the wind. In addition, wind separates humus and mineral soil particles. This often leaves the pure sand particles behind and leads to a reduction in water storage capacity of sandy soils. Water erosion is another cause of irretrievable humus losses.

In the case of interventions in the water balance of a site such as drainage or ground water reduction, in melioration measures such as deepening of the depth or melioration by calcification often causes an intensification of the aeration in the subsoil. This is often associated with an increase in biological activity and thus an intensification of the alteration of the organic substance. The latter then leads to loss of humus and nutrients, in particular when humus content was degraded in the subsoil [15]. Such losses can be counteracted by the cultivation of deep-rooting crops, which absorb nutrients from the subsoil.

A conversion in land use, e.g. as a result of cessation of dairy cattle farming and the resulting conversion to agriculture, led to the conversion of existing permanent grassland. Frequently, an intervention in the water balance (groundwater lowering, drainage) and a melioration (liming) are necessary for the future use of pure grassland areas as arable land. In addition, the organic fertilization is increasingly disproportionate, because livestock farming has been abandoned. A change of use is therefore associated with significant humus losses. Also the regular change between perennial grassland and arable land leads to loss of humus due to the previous grassland plowing.

The cultivation of crops for energy production, e. g. maize, on former grassland areas or the removal of straw for energy production, can also be associated with humus losses [16]. The demand for biomass for very large biogas plants leads to the transport of biomass from an increasingly large area. An even return of fermentation residues to the delivery areas is not always guaranteed due to the high transport costs. The complete removal of the growth without adequate recycling of organic fertilizers leads to lower humus contents in the long term, especially if the sites only serve the production of biomass for energy production [16].

In principle, it can be assumed that any change in the management of "less organic matter in and on the soil" will lead to a certain loss in the previously available humus content in the long term.

However, the most significant losses of humus in Germany are not attributable to the altered cultivation methods in the field, but rather to the forced drainage of organic soils [15]. Table 1 shows the main causes of humus losses and countermeasures.

MEASURES FOR HUMUS CONSERVATION AS PART OF "GOOD AGRICULTURAL PRACTICE"

There are some basic agricultural measures that promote humus content and humus quality (Capriel 2010) which can be seen as a contribution to good agricultural practice:

- Ø Proper crop diversity with a well-adjusted balance between humus undermining crops (e. g. sugar beet, potato, maize, rape, sunflower, grain and straw) and humus increasing crops (e.g. clover grass, alfalfa, grain legumes, intercrops).
- Ø Sufficient supply of the soil with organic substance. The supply of organic matter is carried out by means of the crop residues (roots, stubble, straw, sprout) remaining during harvesting, the targeted cultivation of intermediate crops to fertilization and by organic fertilizers (manure, manure, compost).
- Ø Uniform distribution and incorporation of plant residues and organic fertilizers.
- Ø Site and needs-oriented soil tillage. An intensive tillage intensifies the humus decomposition.
- Ø Avoiding harmful soil compaction. A good soil structure is the precondition for sufficient oxygen and water supply and thus for an optimal microbial activity.
- Ø Observe the principles of good professional practice in fertilizing.
- Ø Location-appropriate lime supply. The activity of soil bacteria is limited with increasing acidification. The liming increases the pH value and thus promotes microbial activity.

It appears that there is a multitude of possibilities to contribute to the maintenance of the humus content of soils - measures that have positive effects on the humus content.

Table 1: Reasons for loss on organic matter on agriculturally used sites and measures for reduction of organic matter loss

Cause	Indicator	Measures
Erosion	Displacement within a field (erosion) - (suspended particles and eutrophication in creeks)	Preventive: Increase soil coverage / roughness, reduce soil tillage
	Winderosion	Plant of hedges
	Soil crusts	Promotion of biological activity, esp. of earthworm
	Fluvisols: displacement in case of flooding	Ensure soil coverage, avoid grassland plowing
Drainage	Air supply to formerly with water saturated soil depths thus increased turnover of soil organic matter and increased biological activity	Renouncement of drainage; in project areas re-watering, if necessary cultivation of Paludiku Ituren; Abandonment of grassland eruption; Converting of arable land to grassland
Ploughing of grassland	Loss of grassland in the landscape, especially in river landscapes	Promotion of land use systems on the basis of using grasslands e.g. water buffalos
Change in agriculture f. e. from mixed farming to cropping farming	Diminution the supply of organic matter	Crop rotation with sufficient supply of organic matter, intertillage, minimum tillage, cultivation of clover
	Crop rotation with high portion of root crops	Change in crop rotation to less portion of root crops, no straw burning or removal from the field, intertillage
Cultivation of energy crops	Removal of straw or other leftovers during the harvest	Supply of another organic rest of plants e.g. compost
	e.g. > 40% corn in the crop rotation, deficit in the balance of supply and removal of organic matter	

CONCLUSIONS

1. Humus is one of the most important components of soils.
2. Humus controls and affects most of the soil functions.
3. The actual widespread divers impairing systems of using the soils can lead to an enormous loss of soils and soil functions.
4. There are many proven measures to promote and secure the humus content in soils so too soil functions.

REFERENCES

- [1]Gobin, A., Campling, P., Janssen, L., Desmet, N., van Delden, H., Hurkens, J., Lavelle, P., Berman, S. 2011. Soil organic matter management across the EU – best practices, constraints and trade-offs, Final Report for the European Commission's DG Environment, September 2011. http://ec.europa.eu/environment/soil/som_en.htm
- [2]Blume, H-P.,G. W. Brümmer, G. W., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.-M. 2016. *Soil Science*. Springer, Dordrecht. 2016. 618 pp. ISBN 978-3-642-30942-7
- [3]Ad-hoc-AG BODEN 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Auflage; Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.
- [4]Lieberoth, I. 1982. Bodenkunde. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 3. Auflage 1982. 432 S.
- [5]Baldock, J. A., Nelson, P. N. 2000. Soil organic matter. In: Handbook of Soil Science. M. E. Summer, Ed. in Chief; CRC Press, Boca Raton, Chapter B Soil Chemistry, pp B27 – B84
- [6]Hange, J., Führ, F. 1992. Rolle der organischen Substanz bei der Festlegung und Entgiftung von Xenobiotika. In: Berichte über Landwirtschaft, 206. Sonderheft, Band 4 der Reihe Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Humushaushalt, S. 82 – 96.
- [7]Hüttl, F., Prechtel, A., Bens, O. 2007. Humusversorgung von Böden in Deutschland. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 360 13 008. Erschienen in der Reihe „Publikationen des Umweltbundesamtes“ 203 S.
- [8]Sauerbeck, D. 1984. Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht. Stuttgart: Kohlhammer.-Materialien zur Umweltforschung, 10, Hrsg.: Sachverständigenrat für Umweltfragen, 257 S.
- [9]Sauerbeck, D. 1992. Funktionen und Bedeutung der organischen Substanzen für die Bodenfruchtbarkeit – ein Überblick. In: Berichte über Landwirtschaft, 206. Sonderheft, Band 4 der Reihe Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Humushaushalt, S. 13 – 29.
- [10]Sauerbeck, D., 2001. CO₂ emissions and C sequestration by agriculture – perspectives and limitations. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60, 253 – 266.
- [11]Wessolek, G., Kaupenjohann, M., Dominik, P., Ilg, K., Schmitt, A., Zeitz, J., Gahre, F., Schulz, E., Ellerbrock, R., Utermann, J., Düwel, O., Siebner, C. 2008. Ermittlung von Optimalgehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) Nr. 7 BBodSchG Boden-Grundwasser. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 202 71 264. Erschienen in der Reihe „Publikationen des Umweltbundesamtes“ 162 S. + XXXVII S. Anhang.
- [12]Whalen, J. K., Sampedro, L. 2010. Soil Ecology and Management. CAB International, Wallingford, 296 S.
- [13]Düwel, O., Siebner, C., Utermann, J, Krone, F. 2007. Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands - Bericht über länderübergreifende Auswertungen von Punktinformationen im FISBo BGR. 61 S. http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/Humusgehalte_Bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- [14]Ebertseder, Th., Munzer, M., Horn, D., Maier, H. 2010. Ableitung von Einflussfaktoren auf die Humusgehalte von Böden durch flächenbezogene Auswertung von Bodenuntersuchungsdaten. Bericht zur Teilaufgabe 6 für den VDLUFA-F&E-Bericht „Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – Einflussfaktoren und deren Auswirkungen“, 28 S.
- [15]Gensior, A., Roth, G., Well, R. 2012. Landwirtschaftliche Bodennutzung - Eine Bestandsaufnahme aus Sicht der Klimaberichterstattung. Bodenschutz 3/12, 81-89
- [16]KBU – Kommission Bodenschutz beim UBA, 2006. Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe - „Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim UBA“. Hrsg.: Umweltbundesamt, 84 S. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3472.pdf>

[17]Capriel P. 2010. Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 05/2010, 46 S. http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_38740.pdf

Глава IV/2: ПУТИ УСТОЙЧИВОГО ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ В РОССИИ Chapter IV/2: Ways for Sustainable Forage Production in Russia

Владимир М. Косолапов*; Илья А. Трофимов; Людмила С. Трофимова; Елена П. Яковлева
DOI 10.25680/2429.2018.78.76.267

*Эл. Почта: vniikormov@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса», ул. Научный городок, 1, 141055, г. Лобня, Московская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. В статье показаны особенности кормопроизводства, которое является самой масштабной, экономически значимой и многофункциональной отраслью сельского хозяйства России. Важнейшей задачей нашего государства является обеспечение продовольственной и экологической безопасности России. В ее решении важнейшее место занимает кормопроизводство. Оно тесно связано с сельским хозяйством, экологией, рациональным природопользованием и охраной природы, устойчивостью и продуктивным долголетием агроландшафтов, биоразнообразием, продуктивностью растениеводства, сохранением ценных сельскохозяйственных угодий, воспроизводством плодородия почв, поголовьем и продуктивностью скота, сбалансированным развитием сельского хозяйства и сельских территорий, здоровьем нации. Основные пути устойчивого производства кормов в России: 1) луговое кормопроизводство; 2) полевое кормопроизводство; 3) технологии заготовки, хранения и использования кормов; 4) селекция и семеноводство кормовых культур. Представленные пути устойчивого производства кормов были апробированы в разных регионах России и могут применяться по всей Евразии.

Abstract. The article shows the features of fodder production, which is the most ambitious, economically significant and multifunctional branch of Russian agriculture. The most important task of our state is to ensure Russia's food and environmental security. In its solution the most important place is taken by fodder production. It is closely connected with agriculture, ecology, rational nature management and nature protection, sustainability and productive longevity of agrolandscapes, biodiversity, productivity of crop production, preservation of valuable agricultural lands, reproduction of soil fertility, livestock and livestock productivity, balanced development of agriculture and rural areas, nation's health. The main ways of sustainable forage production in Russia: 1) meadow fodder production; 2) field fodder production; 3) technology of harvesting, storage and use of fodder; 4) selection and seed farming of fodder crops. The presented ways of sustainable fodder production have been tested in different regions of Russia and can be applied throughout Eurasia.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кормопроизводство, сельское хозяйство, экология, рациональное природопользование, охрана природы, агроэкосистемы, агроландшафты, луговое хозяйство, заготовка, использование кормов, селекция, семеноводство.

Keywords: Forage production, agriculture, ecology, rational nature management, nature protection, agroecosystems, agrolandscapes, meadow growing, harvesting, use of forage, selection, seed production.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей нашего государства является обеспечение продовольственной и экологической безопасности России. Обеспечение населения страны качественными продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем отечественного производства в достаточном объеме было и остается важнейшей задачей агропромышленного комплекса. В ее решении важнейшее место занимает кормопроизводство. Кормопроизводство является самой масштабной,

экономически значимой, многофункциональной отраслью сельского хозяйства России. Оно тесно связано с устойчивостью и продуктивным долголетием агроландшафтов, продуктивностью растениеводства, поголовьем скота, плодородием почв, развитием сельских территорий [1–7]. Кормопроизводство определяет состояние животноводства и оказывает существенное влияние на решение ключевых проблем дальнейшего развития всей отрасли растениеводства, земледелия, рационального природопользования, повышения устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов к воздействию климата и негативных процессов, сохранения ценных сельскохозяйственных угодий и воспроизводства плодородия почв, улучшения экологического состояния территории и охраны окружающей среды (Таблица 1).

Таблица 1 – Системные услуги кормопроизводства в сельском хозяйстве, экологии, рациональном природопользовании и охране природы

Отрасли сельского хозяйства, экология и рациональное природопользование	Системные услуги кормопроизводства
Сельское хозяйство	Продовольственная безопасность страны, сохранение сельскохозяйственных угодий, сбалансированное развитие сельского хозяйства и сельских территорий, устойчивость и экономическая эффективность сельскохозяйственного производства
Животноводство	Кормовая база, достаточное количество кормов необходимого качества; здоровье и продуктивное долголетие животных
Растениеводство	Продуктивность всех сельскохозяйственных культур в севооборотах; устойчивость растениеводства
Земледелие	Сохранения ценных сельскохозяйственных угодий, воспроизводство плодородия почв
Агроландшафты, агроэкосистемы	Продуктивное долголетие для настоящих и будущих поколений
Экология, рациональное природопользование и охрана природы	Экологическая безопасность страны, устойчивость геоэкосистем, сохранение биоразнообразия, здоровье нации

В целях кормопроизводства используется более половины из 78 млн. га посевных площадей и 70 млн. га кормовых угодий. В себестоимости молока корма занимают 54 %, в себестоимости производства свинины – 60 %, мяса птицы – свыше 70 %.

Объекты изучения кормопроизводства: кормовые агроэкосистемы, природные кормовые угодья, сеяные пастбища и сенокосы, многолетние травы и однолетние кормовые культуры на пашне играют продукционную, а также не менее значимую почвоулучшающую, средообразующую роль.

Основные функции кормовых агроэкосистем, природных кормовых угодий, сеяных пастбищ и сенокосов, многолетних трав и однолетних кормовых культур на пашне следующие:

- производят разнообразные корма для животных;
- повышают устойчивость агроэкосистем к непредсказуемым изменениям климата и воздействию негативных процессов;
- повышают плодородие почв, обогащая их биологическим азотом, повышая содержание гумуса, улучшая структуру;
- снижают кислотность, предотвращают эрозию почв;
- нормализуют водный, пищевой и воздушный режимы агроэкосистем;
- улучшают фитосанитарную обстановку, оздоравливают окружающую среду;
- играют эстетическую и экологическую роли.

Вся история развития научной и производственной сфер кормопроизводства России тесно связана с деятельностью научных школ, сформированных и развивающихся на базе Всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В. Р. Вильямса, первоначально созданного по

инициативе В. Р. Вильямса в 1922 г. как Государственный луговой институт [1]. Всероссийский (бывший Всесоюзный) научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса является главным, консолидирующим, координирующим научно-методическим и исследовательским учреждением по кормопроизводству в России.

Наша главная цель – разработка теоретических и методологических основ кормопроизводства, концепций, программ, методологий, методик, сортов, технологий, стандартов. Наше главное богатство – выдающиеся ученые, продолжатели научных школ селекции и семеноводства кормовых культур, геоботаники и луговедения, полевого кормопроизводства, заготовки, хранения и использования кормов. Они основаны на фундаментальных работах наших великих предшественников. Принципиальными особенностями школы кормопроизводства института является изучение многолетних трав и растительности во взаимосвязи со средой и оценка их в кормовом отношении.

Научные исследования по кормопроизводству во ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса сосредоточены на **основных путях устойчивого производства кормов в России**: 1) луговое кормопроизводство; 2) полевое кормопроизводство; 3) технологии заготовки, хранения и использования кормов; 4) селекция и семеноводство кормовых культур. На каждом из этих направлений в структуре института сформировались и активно работают научные школы отечественного кормопроизводства. Для них характерны наличие научных лидеров и высококвалифицированных научных кадров, надежных методологий и методик исследований, целостные системы научных знаний и организованные системы подготовки научных кадров.

Именно во ВНИИ кормов был заложен фундамент отечественной науки по кормопроизводству, положено начало теоретическим, технологическим и методическим разработкам по всем разделам кормопроизводства в различных зонах страны.

На протяжении всей своей истории Институт осуществляет научно-методическое руководство и координацию работ по геоботаническому изучению и оценке природных кормовых угодий страны, луговому и полевому кормопроизводству, селекции и семеноводству кормовых культур, технологии заготовки, хранения и использования кормов, которые являются важнейшими государственными задачами обеспечения продовольственной, экологической, социальной и экономической безопасности страны.

За заслуги перед страной Институт награжден орденом Трудового Красного Знамени. Научные и практические достижения института 7 раз были отмечены Государственными премиями СССР и Российской Федерации в области науки и техники, а также Премиями Правительства РФ, Минсельхоза РФ, дипломами ВДНХ, ВВЦ и другими наградами. 12 раз Институт награждался переходящим Красным Знаменем. В 1974 г. в Институте проведен Международный конгресс по луговодству с участием 1100 ученых из 40 стран.

В институте работали такие известные ученые как В. Р. Вильямс, А. М. Дмитриев, Л. Г. Раменский, И. В. Ларин, С. П. Смелов, Т. А. Работнов, А. А. Зубрилин, П. И. Лисицын и многие другие.

Исследования института направлены на раскрытие законов Природы, использования воспроизводимых ресурсов – энергии Солнца, плодородия почв, фотосинтеза трав, атмосферной фиксации биологического азота клубеньковыми бактериями бобовых растений и др.

Исследования по научному обеспечению луговодства направлены на изучение и практическую реализацию следующих факторов: использования долголетия фитоценозов, благодаря прогрессивным положительным сукцессиям; создания и использования долголетних культурных пастбищ; конструирования сеяных самовозобновляющихся фитоценозов на основе целевых травосмесей; накопления и использования биологического азота путем создания бобово-злаковых травостоев на сенокосах и пастбищах [1, 5].

Исследования по научному обеспечению полевого и лугового кормопроизводства основаны на правилах рационального природопользования, обеспечения устойчивости, биоразнообразия и продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов, сохранения ценных сельскохозяйственных угодий, воспроизводства плодородия почв, в соответствии с заветами основоположников отечественной агрономии («Узнавание, к чему какая земля наиспособнее» – А.Т. Болотов, 1747; «Не сеять того, что противно климату и почве» – У. Карпович, 1837; «порайонное сельское хозяйство»; «участковая агрономия» – И.А. Стебут, 1896; «Соотношение пашни, луга, леса, водоемов должно быть до мельчайших подробностей приспособлено к местным условиям» – В.В. Докучаев, 1900; «Каждому участку – своя агротехника» – В.П. Мосолов, 1946;

Агроэкологическое размещение культур – основа отечественной агрономии – А.А. Жученко, 2008) [1, 2; 8–12].

Исследования по научному обеспечению технологий заготовки, приготовления и использования кормов направлены на создание ферментных, биологических, химических, комплексных препаратов для сохранения и повышения переваримости питательных веществ корма, в первую очередь целлюлозы [1, 5]. Учеными-кормовиками определены основные питательные и антипитательные вещества кормов, определены и стандартизированы методы их определения и оценки.

Генеральная цель современной селекционной стратегии кормовых культур – создание системы разнообразных сортов, симбионтов, фитоценозов климатически и экологически дифференцированных; адаптированных к конкретным условиям окружающей среды; хозяйственно специализированных; высокопродуктивных; устойчивых к патогенам и вредителям, экологическим стрессам; с повышенной симбиотической активностью, фитоценотической виолентностью [1, 13].

Эта работа проводится на основе широкого использования генофонда культурной и природной флоры, биотехнологии, иммунитета и биогеоценологии. Краеугольным камнем любой селекционной программы является исходный материал. Ученые Всероссийского института кормов ежегодно выезжают в экспедиции в разные регионы страны и, на сегодняшний момент, у нас собрана богатая коллекция генофонда, более 6,5 тысяч образцов 235 видов кормовых растений. На основе этой коллекции создано 150 сортов кормовых культур. Их них наиболее широкое распространение получили 85 сортов нового поколения.

Создана мозаика сортов бобовых, злаковых, капустных культур. В линейке сортов клевера лугового выделяются раннеспелые Ранний-2, Трио, благодаря которым удалось продвинуть клеверосеяние на 300 км на север и на 600 км на северо-восток нашей страны. В гильдии сортов люцерны каждый имеет свое предназначение, свою экологическую нишу. Например, сорт Лада создан для приготовления сена. Он характеризуется значительной облиственностью, содержание сырого протеина – 22-24 %. Сорта Пастбищный-88 и Луговой-67 предназначены для залужения долгодетных культурных пастбищ. Они характеризуются высокой отавностью и устойчивостью к вытаптыванию. Сорта Селена и Солеустойчивая предназначены для кислых почв. Они толерантны к алюминезасоленности.

Учеными института развиваются принципы биогеоценотического подхода к селекции кормовых культур, которые ориентируют на максимально полное использование ресурсов и резервов заложенных в следующих факторах (фитоценотических взаимоотношениях между растениями различной природы, позволяющих повысить порог преуспеваемости вида; симбиотических взаимодействиях между бобовыми травами и клубеньковыми бактериями, между небобовыми растениями и ризосферными азотфиксирующими организмами, а также между многолетними травами, как бобовой, так и небобовой принадлежности с микоризообразующими грибами) [1, 13]. Значительной симбиотической активностью обладает сорт люцерны Агния, обеспечивающий накопление биологического азота 270–300 кг/га.

В Институте издается энциклопедическая, методологическая, справочная литература, стандарты на разные виды кормов, 2 научных журнала.

Устойчивое развитие АПК базируется на ресурсо- и энергосбережении сортов и технологий растениеводства, которые должны быть регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированы для реализации их потенциала, ресурсо- и энергосбережения, обеспечения продуктивности и устойчивости.

Использование новых сортов и технологий растениеводства в агроландшафтах обеспечит повышение продуктивности, устойчивости сельскохозяйственных угодий и плодородия почвы за счет симбиотической азотфиксации бобовых культур, производства высококачественных кормов для сельскохозяйственных животных, получения в хозяйствах дополнительной прибыли. Комплексная устойчивость сортов к болезням и вредителям позволит значительно снизить или исключить применение пестицидов, получать экологически безопасную продукцию, а также сохранить экологическую чистоту окружающей среды и устойчивость агроландшафтов.

Оптимальное соотношение однолетних культур и многолетних трав, севообороты – важнейший, основополагающий инструмент для получения высококачественной продукции, сохранения плодородия почв, а также борьбы с засухой, водной и ветровой эрозией, защитой от биотических и абиотических стрессов.

В целях обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны научное обеспечение кормопроизводства должно стать стратегическим направлением в развитии сельского хозяйства и обеспечить корма – животным, плодородие – почвам, устойчивость и продуктивное долголетие – агроландшафтам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены основные пути устойчивого производства кормов в России, на которых сосредоточены научные исследования по кормопроизводству во ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса: 1) луговое кормопроизводство; 2) полевое кормопроизводство; 3) технологии заготовки, хранения и использования кормов; 4) селекция и семеноводство кормовых культур.
2. Кормопроизводство тесно связано с сельским хозяйством, экологией, рациональным природопользованием и охраной природы, устойчивостью и продуктивным долголетием агроландшафтов, биоразнообразием, продуктивностью растениеводства, сохранением ценных сельскохозяйственных угодий, воспроизводством плодородия почв, поголовьем и продуктивностью скота, сбалансированным развитием сельского хозяйства и сельских территорий, здоровьем нации.
3. Представленные пути устойчивого производства кормов в России апробированы в разных регионах России и могут применяться для обеспечения продовольственной и экологической безопасности, продуктивного долголетия агроландшафтов, устойчивости и природоохранности сельскохозяйственных земель по всей Евразии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В. Р. Вильямса на службе российской науке и практике / Под редакцией В. М. Косолапова, И. А. Трофимова. М.: Россельхозакадемия, 2014. 1031 с.
- [2]Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика) / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова. – М.: Типография Россельхозакадемии, 2014. – 135 с.
- [3]Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводству – сбалансированное развитие // АПК: Экономика, управление. 2013. № 7. С. 15-23.
- [4]Словарь терминов по кормопроизводству / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова. Москва, 2010. 530 с.
- [5]Справочник по кормопроизводству. 5-е изд., перераб. и дополн. / Под ред. В. М. Косолапова, чл.-корр. Россельхозакадемии, доктора с-х наук, И. А. Трофимова, доктора географ. наук – М.: Россельхозакадемия, 2014. – 717 с.
- [6]Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство в развитии сельского хозяйства России // Адаптивное кормопроизводство. 2011. № 1. С. 4-8.
- [7]Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П.Травяные экосистемы в сельском хозяйстве России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2010. № 4. С. 37-40.
- [8]Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В 3 т. – ООО Изд. Агрорус, 2008. Т. 1 – 813 с., 2009. Т. 2 – 1104 с.Т. 3. – 960 с.
- [9]Жученко А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 148 с.
- [10]Жученко А. А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В 2-х томах. – М.: Изд-во Агрорус, 2009–2011. – Т. I. – 816 с., Т. II. – 624 с.
- [11]Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Многофункциональное кормопроизводство России // Кормопроизводство. 2011. № 10. С. 3-5.
- [12]Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Кормопроизводство – важный фактор роста продуктивности и устойчивости земледелия // Земледелие. – 2012. – № 4. – С. 20–22.
- [13]Шамсутдинов З.Ш. Достижения и стратегия развития селекции кормовых культур // Кормопроизводство. 2010. № 8. С. 25-27.

**Глава IV/3: УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СЕВООБОРОТОВ В
АГРОЛАНДШАФТАХ ХОЗЯЙСТВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**
**Chapter IV/3: An Improved Data Base and a Computer Program for Automated Designing Crop
Rotation System in Farms of Different Specialization, Located in Agricultural Landscapes of the
Central Chernozem Region**

Григорий Н. Черкасов*, Александр С. Акименко

DOI 10.25680/9928.2018.13.96.268

*Эл. Почта: vniizem@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии, ул. К. Маркса, 70 б, г. Курск, 305021, Россия.

РЕЗЮМЕ. Разработка выполнена с использованием авторских методик на основе анализа данных многолетних стационарных опытов по севооборотам и фактического состояния проблемы как результат: 1) отбора условий для учета при проектировании и установления параметров их оценки (из агроландшафтных – доля пашни в землепользовании больше или меньше 70%, из неё на склонах меньше 3° до и свыше 70%; из организационно-экономических - размер землепользования (до и больше 500 га пашни), расстояния к местам сбыта (ближе и дальше 40 км), возможность для кооперирования («есть» и «нет»); 2) адекватной однозначности выбора специализации путем сопоставления конкретных условий с зафиксированной в прикладной программе последовательностью их учета; 3) определения примерной структуры посевных площадей с ограничениями по составу ведущих культур и набором схем севооборотов для ее формирования применительно к производственным типам хозяйств, допустимых при сложившемся сочетании условий (всего 27 ситуаций).

Abstract. The work is carried out using the authors' methods based on the analysis of the data of long-term stationary experiments on crop rotations and actual state of the problem as a result of the following: 1) selection of conditions for their consideration when designing the system and establishing the parameters of their evaluation (of agrolandscape conditions these are a cropland share in land use more or less than 70 %, of it on the slopes with the inclination less than 3° before and over 70 %; of organizational-economical conditions these are the size of land use (less and more than 500 ha of cropland), the distance to the places of sale (nearer or farther than 40 km), the possibility of cooperating ("yes" or "no"); 2) adequate unequivocal selection of specialization by comparing specific conditions with the succession of their consideration fixed in the applied program; 3) determination of approximate structure of crop areas with the limitations in the composition of leading crops and with a set of crop rotation layouts for its formation with reference to farm production types permissible under the developed combination of conditions (altogether 27 situations).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафт, севооборот, система севооборотов, структура посевных площадей, база данных, специализация сельхозпредприятий.

Keywords: agricultural landscape, crop rotation, cropland system, cropland structure, data base, farm specialization.

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в базе данных (БД) обусловлена тем, что проектирование органически взаимосвязанной со структурой посевных площадей (С.П.П.) системы севооборотов осложнено необходимостью учета большого количества условий, неодинаковых в конкретных хозяйствах. Это предопределяет многовариантность возможных решений. Поэтому необходима автоматизация выбора целесообразного варианта посредством использования БД и программы ее реализации, что и являлось целью настоящей работы. Исследования проведены с использованием авторских методик [1,2], данных многолетних стационарных опытов, методического пособия [3] и руководства [4] по проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ).

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ

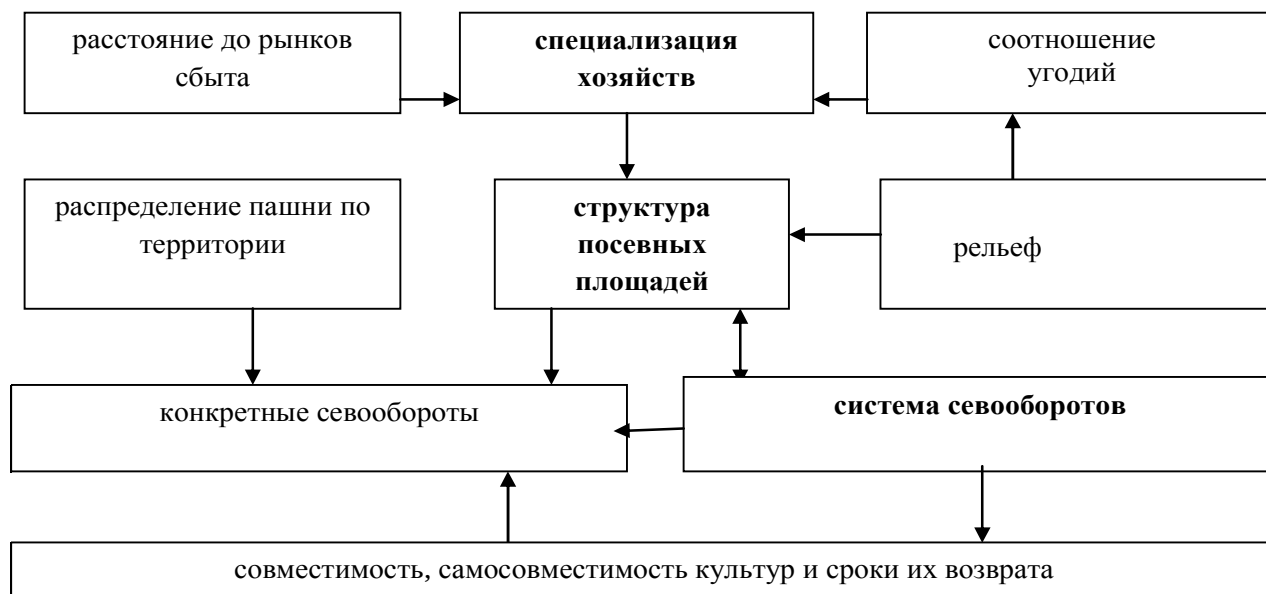


Рисунок 1 – Факторы формирования системы севооборотов

Она определена в результате анализа связей, степени подчиненности и независимости главных факторов, влияющих на взаимосвязь «система севооборотов – структура посевных площадей», которая должна соответствовать специализации сельхозпредприятий (рисунок 1). Первоочередное установление последней в процессе проектирования обеспечивает: 1) предотвращение деградации почв, развития и распространения эрозии; 2) условия для производства необходимого количества и качества растениеводческой продукции; 3) высокоэффективное использование природно-ресурсного потенциала и материально технических средств

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Основан на сопоставлении фактических условий с той зафиксированной в БД их последовательностью, которая соответствует конкретному производственному типу сельскохозяйственных предприятий. Однозначность выбора обеспечена организованной по типу «деревьев поиска» структурой БД. В «корневой вершине» принимаются во внимание размеры землепользования - ≤ 500 и > 500 га пашни, являющиеся началом левому и правому поддеревьям корневой вершины. Далее (в указанной последовательности) учитываются: 1) в правой подвершине – доля пашни в структуре землепользования ($< 70\%$ и $> 70\%$), доля пашни на склонах до 3° ($\leq 70\%$ и $> 70\%$ к пахотным землям), расположение относительно рынков сбыта (≤ 40 км, > 40 км); в левой подвершине – расстояние до места сбыта, доля пашни на склонах до 3° , возможность для кооперирования (имеется, не имеется). Обоснование учитываемых факторов и их параметров следующее:

1) Размер землепользования на уровне 500 га (в фермерских хозяйствах это исключительно пахотные земли) установлен с позиций согласования структуры посевных площадей с наличием техники, так как использование отдельных ее видов экономически убыточно, если не обеспечивается сезонная норма выработки (например, из-за соблюдения необходимых сроков возврата культур).

2) Развитие скотоводческой и (или) молочной отраслей предопределено наличием (вследствие особенностей агроландшафта) в структуре землепользования более 30% природных кормовых угодий, продуктивность которых при проведении мероприятий по улучшению и рациональном их использовании соизмерима с продуктивностью многолетних трав на пашне [5].

3) Для пашни на склонах до 3° , где допустимость возделывания культур не ограничена их почвозащитной способностью (принимаются во внимание только причины, обуславливающие необходимость чередования культур), решающим образом отражается на возможности

формировать желательную структуру посевных площадей, а следовательно на свободе выбора (наряду с соотношением угодий) специализации.

4) Необходимость учета местоположения хозяйств связана с транспортными издержками и продолжительностью допустимых сроков «производство продукции – ее переработка».

5) Учет возможностей кооперирования важен для малоземельных хозяйств в плане использования дорогостоящей техники; транспортировки, хранения и сбыта продукции.

ОПИСАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ

БД снабжена «ключами» последовательного и прямого доступа. Первые соответствуют последовательности учета главных условий отбора, вторые – нумерации «листов» (концевых вершин дерева поиска) и показаны в отдельной таблице БД вместе с перечнем производственных типов сельхозпредприятий. Для 16-ти практикуемых (перспективных) в Центральном Черноземье производственных типов хозяйств данные по примерной структуре посевных площадей и набору конкретных схем севооборотов для ее формирования содержатся в 27 «листах», поскольку в некоторых случаях специализация мало зависит от особенностей агроландшафта при неодинаковой структуре посевных площадей с соответствующей системой севооборотов[6]. Например, структура кормового клина в спецхозах по производству молока и говядины; доля и состав масличных и яровых зерновых культур, а также многолетних трав в хозяйствах зерномаслично-скотоводческого типа.

При отсутствии агроландшафтных и внешних организационно-экономических ограничений возможна любая специализация, но в БД помещена информация (8 «листов» со структурой посевных площадей и набором схем севооборотов) только для интенсивных производственных типов сельхозпредприятий.

Апробация БД в целях её совершенствования показала: 1) программа, её реализующая, обеспечивает оперативный и полный доступ к содержанию, благодаря чему сокращается время на подготовку проектов; 2) наличие большого количества упорядоченной информации способствует повышению качества работы [выявлена реальная возможность увеличения продуктивности пашни минимум на 9-17% сравнительно с разработанными ранее (без использования в БД) системами севооборотов]. Однако, использование БД ещё не гарантирует оптимальности решений без тщательного анализа результатов обследования агроландшафта как основы разработки системы земледелия в целом и формирования севооборотов на основе возможных вариантов организации территории пашни; 3) операции обновления выполняются сравнительно легко, что принципиально важно ввиду необходимости совершенствования схем севооборотов.

Таким образом, БД соответствует её предназначению – позволяет автоматизировать процесс проектирования структуры посевных площадей и системы севооборотов в конкретных хозяйствах различной специализации. В плане совершенствования следует периодически корректировать её содержание с учетом научно-технических достижений и потребностей производства.

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕВООБОРОТОВ

Принципиальная укрупненная схема порядка проектирования представлена на рисунке 2. Первые два этапа (определение специализации и территориальная организация) в наименьшей степени зависят от остальных, так как исходными данными для принятия решений непосредственно являются результаты анализа агроландшафтных условий. Разработка же схем конкретных севооборотов и их системы определяется как организацией территории пашни, так и ориентировочной структурой посевных площадей. Обязательное определение специализации именно полеводства (не специализации хозяйства) обусловлено тем фактом, что структура посевных площадей и севообороты разрабатываются для пахотных земель, а на специализацию хозяйства существенно влияет соотношение между пашней и кормовыми угодьями. Обычно специализация хозяйства и специализация полеводства совпадают, но вполне реальны и различия между ними. Так, в крупнотоварных спецхозах по производству свинины и продукции птицеводства полеводство специализировано на получение фуражного зерна при большой площади землепользования, а при малой – на выращивании трав для витаминной подкормки; в хозяйствах с углубленной мясомолочной специализацией соотношение между пашней интенсивного, ограниченного и умеренного использования существенно влияет на структуру кормового клина, а размеры последнего на пашне могут быть незначительными при большой доле кормовых угодий.



Рисунок 2 – Алгоритм проектирования севооборотов

Из результатов агроландшафтных обследований принимаются во внимание: 1) соотношение пашни и кормовых угодий в землепользовании; 2) доля пашни на склонах разной крутизны: 0 – 2°...3°, 2°...3° – 4°...5°, больше 4°...5°; 3) особенности организационно-экономических условий: размеры землепользования, расположение относительно городов и перерабатывающих предприятий, соседство с крупными птицефабриками и свинопредприятиями.

Схемы севооборотов разрабатываются на 4-м этапе, вводными для которого являются данные блока «землеустройство» по территориальной организации системы севооборотов и ориентировочная структура посевных площадей (результат этапа 3). Качественное (одновременно быстрое) выполнение данного этапа обеспечивается при наличии в базе данных «банка» схем севооборотов, содержащем примерные схемы разной продолжительности ротации применительно к основным видам специализации. При разработке схем конкретных севооборотов (фактическом выборе из «банка» схем) следует стремиться к максимальному приближению к ориентировочной структуре посевных площадей, а для этого начинать ее с севооборотов с большой общей площадью. Вполне реально несовпадение количества полей согласно землеустройству с таковым в примерных схемах. Последние в таких случаях следует корректировать с учетом схем типичных звеньев севооборота, сведения о которых также должны быть в базе данных.

Результаты 4-го этапа, как и предыдущего, остаются предварительными и вводными для этапа взаимоувязки системы севооборотов и структуры посевных площадей. Первая задача 5-го этапа – сопоставить площади под культурами в системе севооборотов с ориентировочной структурой посевных площадей включает следующие шаги: Шаг 1. Подсчитать структуру посевных площадей согласно системе севооборотов. Шаг 2. Составить ведомость расхождений между структурами посевных площадей (в системе севооборотов и ориентировочной). [Форма ведомости: 1) перечень культур (начинается с ведущих согласно специализации, завершается итоговой строкой); 2-3) площади, га (ориентировочная и согласно севооборотам); 4-5) отклонения («+», «-» к ориентировочной) в гектарах и процентах]. Шаг 3. Выявить культуры, расхождение площадей под которыми превышает (по модулю) 10%, если расхождения < 10% или превышение указанного ранее предела для ведущих культур со знаком «+», то разработанная система севооборотов и соответствующая ей структура посевных площадей – конечный результат, иначе решить задачу 2.

Задача 2. Найти компромиссное решение по структуре посевных площадей и системе севооборотов. Шаг 1. Оценить влияние расхождений (отклонений) на эффективность полеводства с позиций специализации хозяйства. Если недобор продукции из-за уменьшения площади под ведущ(ей)ими культурами компенсируется другими культурами того же хозяйственного назначения то – разработанная система севооборотов – конечный результат, иначе выполнить шаг 2. Шаг 2. Пересмотреть схемы севооборотов в направлении приближения к ориентировочной структуре посевных площадей. Если цель шага удастся, то измененная система севооборотов с соответствующей им структурой посевных площадей – конечный результат, иначе – решить задачу 3. Задача 3. Повторить проектирование с пересмотром отдельных решений на предыдущих этапах. Шаг 1. Пересмотреть организацию территории отдельных севооборотов [В первую очередь короткоротационных на пашне интенсивного использования (по размеру и количеству полей)]. Шаг 2. Разработать схемы для севооборотов с измененным количеством (соответственно размерами) полей в направлении минимализации расхождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Усовершенствованная БД, благодаря большому количеству упорядоченной информации, обеспечивает адекватный выбор специализации хозяйств, способствует повышению качества разработки проектов севооборотов, их систем и структуры посевных площадей.
2. Установление направлений углубления специализации сельскохозяйственных предприятий не может быть произвольным в силу неодинаковой почвозащитной способности культур и возрастания степени эрозионной опасности по мере увеличения крутизны склонов.
3. Использование БД ещё не гарантирует оптимальности решений без тщательного анализа результатов обследования агроландшафта как основы разработки системы земледелия в целом и формирования севооборотов на основе возможных вариантов организации территории пашни.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Методика оптимизации севооборотов и структуры использования пашни /Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко и др. – М., Изд. Россельхозакадемии. – 2004. – 76 с.
- [2]Методика проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия /Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко и др. – М., Россельхозакадемия. -2010. - 85 с.
- [3]Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия /А.Н. Каштанов, Г.Н. Черкасов и др. – Курск. – 2001. – 259 с.
- [4]Агроэкологическая оценка земель, проектирование АЛСЗ и агротехнологий (методическое руководство по редакции В.И. Кирюшина и А.Л.Иванова). – М.,ФГНУ «Росинформагртех». – 2005. – 783 с.
- [5]Черкасов, Г.Н. Улучшение и использование природных кормовых угодий на склонах Центрального Черноземья. – Курск. – 2004. – 128 с.
- [6]База данных структуры посевных площадей и системы севооборотов для автоматизированного проектирования адаптивно-Ландшафтных систем земледелия в Центральном Черноземье./ Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко и др. – Курск. ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ РАСХН. – 2013. – 54 с.

Глава IV/4: ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Chapter IV/4: Features of the Transformation of Agrarian Landscapes under Conditions of North-West Russia

Александр Л. Ильвес*; Людмила П. Смолина; Нина В. Ильвес

DOI 10.25680/1370.2018.42.68.269

*Эл. Почта: lenniish@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка»

РЕЗЮМЕ. Типичная структура сельскохозяйственного землепользования на Северо-Западе Российской Федерации включает пашню, луга, пастбища. Это определило практически повсеместное сочетание отраслей растениеводства и животноводства. В силу факторов социально-экономического характера произошло существенное сокращение площадей сельскохозяйственных угодий. Аграрные ландшафты стали утрачивать свое функциональное значение и трансформироваться в лесные угодья. Для расширения сельскохозяйственного производства и эффективного использования земель необходимо регулировать эти процессы. В настоящее время принимаются меры по стабилизации и расширению сельскохозяйственного землепользования. Однако, эти процессы носят, в определенной мере, стихийный характер и обусловлены усилиями отдельных сельхозпроизводителей. Очевидно, в региональных программах устойчивого развития сельских территорий необходимо предусматривать комплексные мероприятия по регулированию развития аграрных ландшафтов. Одним из механизмов такого регулирования является оптимизация интенсивности и характера землепользования.

Abstract. A typical structure of agricultural land use in the North-West of the Russian Federation includes arable land, meadows, pastures. This determined the almost ubiquitous combination of crop and livestock sectors. Due to socio-economic factors, there was a significant reduction in the areas of agricultural land. The agrarian landscapes began to lose their functional significance and to transform into forest lands. To expand agricultural production and efficient land use, it is necessary to regulate these processes. Currently, measures are being taken to stabilize and expand agricultural land use. However, these processes are, to a certain extent, spontaneous in nature and are caused by the efforts of individual agricultural producers. Obviously, regional programs for the sustainable development of rural areas need to provide for comprehensive measures to regulate the development of agrarian landscapes. One of the mechanisms for such regulation is the optimization of intensity and nature of land use.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственные ландшафты, структура землепользования, сокращение площадей сельскохозяйственных угодий.

Keywords: agricultural landscapes, land use structure, reduction of agricultural land areas.

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственные ландшафты развиваются при взаимодействии комплекса природных и техногенных факторов. Очевидно, для эффективного аграрного производства необходимо постоянно соизмерять технические возможности сельскохозяйственных производителей и природные особенности ландшафтов.

На Северо-Западе России условия рельефа и неоднородность подстилающих пород обусловили сложные комбинации водораздельных территорий с типичными дерново-подзолистыми почвами, а также различного рода понижений с переувлажненными почвами. В состав землепользования наряду с сельскохозяйственными угодьями входили кустарники, мелколесье, болота, земли поселений. В период 60-80 гг. прошлого столетия в значительных масштабах были развернуты мелиоративные и культуртехнические работы. Особенно активно они проводились в Ленинградской области, где в значительных масштабах формировались антропогенные ландшафты для ведения интенсивного производства.

В пореформенный период масштабная ликвидация аграрных предприятий привела к тому, что значительные площади земель стали выбывать из сельскохозяйственного оборота. В регионах Северо-Запада формируются значительные территории, на которых практически отсутствуют

сельскохозяйственные организации и самодеятельное население. В определенной мере это явление характерно и для других регионов страны.

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ АГРАРНОЙ РЕФОРМЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Из областей Северо-Западного Федерального округа наиболее успешным производителем сельскохозяйственной продукции является Ленинградская область.

Это обусловлено тем, что в некоторых районах области были сформированы высокопродуктивные антропогенные ландшафты, которые практически полностью занимают пахотные земли. Это стало возможным вследствие крупных капитальных вложений в мелиорацию земель, а также геоморфологических особенностей Приневской низменности и Силурийского плато. Кроме этого, область смогла сохранить производственную структуру большинства крупных сельскохозяйственных предприятий в условиях реформирования, которые в настоящее время и определяют производственные успехи региона.

На фоне очевидных успехов аграрного производства в области имеются определенные проблемы в сфере использования сельскохозяйственных угодий.

По сравнению с дореформенным периодом произошли существенные изменения в структуре сельскохозяйственного землепользования. Особенно резко сократились площади посевов (таблица 1) [1]. При этом по статистическим данным площадь пашни формально не изменяется. Порядка 200 тысяч гектаров пахотных угодий не используется в сельскохозяйственном обороте. Это свидетельствует о наличии значительных земельных ресурсов, которые могут быть использованы для расширения сельскохозяйственного производства.

Таблица 1 - Структура землепользования сельскохозяйственных предприятий Ленинградской области

Виды сельскохозяйственных угодий	1990 г.		2014 г.		2014 г. в % к 1990 г.
	тыс.га	% к итогу	тыс.га	% к итогу	
Пашня	416	58	360	62	87
в т.ч. посевы	397	55	201	35	51
Сенокосы	163	22,7	120	20,6	74
Пастбища	139	19,3	102	17,4	73
Всего	718	100	582	100	

По уровню развития сельскохозяйственных предприятий наблюдаются резкие различия. Наиболее удаленные от областного центра предприятия северо-восточных и, частично, восточных районов отличаются низкой эффективностью. Более эффективны предприятия в пригородной зоне и некоторых прилегающих к этой зоне административных районах. Однако и в развитии этих предприятий также возникают специфические сложности, обусловленные местоположением.

Наиболее значительные потери земель сельскохозяйственного назначения приходятся на северо-восточные районы области, где в некоторых практически нет товарного производства сельскохозяйственной продукции. Однако, не используемые или пассивно используемые сельскохозяйственные угодья имеются и в других природно-экономических районах области, включая пригородную зону.

Высокий уровень достигнутых показателей в регионе по продуктивности молочного скота, урожайности некоторых сельскохозяйственных культур в соответствии с законом убывающей отдачи ресурсов не позволяет прогнозировать высокие темпы прироста объемов производства сельскохозяйственной продукции в среднесрочной перспективе. Это усложняет достижение целей, намеченных в Доктрине продовольственной безопасности.

Необходимо увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции не только за счет интенсивного развития отдельных хозяйств, но и разумного использования экстенсивных факторов, в частности, расширения посевных площадей, увеличения поголовья животных. Резервы интенсификации производства на базе относительно небольшой группы экономически устойчивых сельскохозяйственных предприятий практически исчерпаны.

Для увеличения производства сельскохозяйственной продукции необходимо расширить круг эффективных сельскохозяйственных производителей, в том числе за счет возвращения в сельскохозяйственный оборот пассивно используемых земель сельскохозяйственного назначения. Для этого необходимо решить комплекс экономических и организационных проблем [3]. Дальнейшее развитие агропромышленного комплекса региона сдерживается не только наличием производственных и экономических проблем, но и отсутствием эффективных механизмов устойчивого развития сельской местности.

Для кардинального решения проблемы выбывших из оборота земель необходим научно-обоснованный прогноз изменения спроса на продукцию сельского хозяйства на среднесрочный и долгосрочный периоды. В рамках этого прогноза будет дана оценка возможного роста платежеспособного спроса населения на продовольственные товары и перспектив экспортного потенциала отрасли.

В тоже время анализ сложившейся ситуации показывает, что во многих регионах лесной зоны, выбывшие из сельскохозяйственного оборота земли, в обозримой перспективе, окажутся, в силу различных причин, не востребованы для сельскохозяйственного производства.

Очевидно, природные факторы не являются основной причиной деградации сельскохозяйственных ландшафтов. Это явление, главным образом, обусловлено социально-экономическими факторами. В тоже время анализ особенностей почвенного покрова позволит более рационально использовать земли, разрабатывать мероприятия по их улучшению и более эффективному использованию.

Одна из задач оптимизации ландшафтов состоит в исключении из активного сельскохозяйственного использования низкокачественных убыточных для земледелия земельных участков. Одновременно возможна, переориентация их на более эффективное в экономическом, экологическом и социальном отношении использование по другим направлениям.

Создание древесных насаждений, ориентированное на выращивание хозяйственно ценных пород востребованных рынком, является наиболее целесообразным путём использования таких земель.

Например, создание и выращивание древесных плантаций на постагrogenных почвах не требует значительных дополнительных затрат и обеспечивает многократное повышение экономической эффективности воспроизводства лесных ресурсов [2].

В результате дефицитные ресурсы, которые неэффективно расходовались и могли расходоваться на низкокачественных землях, могут быть перемещены на лучшие земли для технологической нормализации возделывания сельскохозяйственных культур и повышение благодаря этому эффективности производства. В эту часть работы входит также улучшение технологических характеристик обрабатываемых участков путем устранения изломанности границ, улучшения конфигурации [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По характеру землепользования условно можно выделить традиционные сельскохозяйственные ландшафты с включением пашни, долгодетных кормовых угодий и земель, не входящих в состав сельскохозяйственных угодий. Такой вид ландшафтов устойчив и позволяет относительно полно использовать продукционный потенциал территории без капитальных затрат на мелиорацию. В тоже время, для повышения продуктивности земель необходима мелиорация.
2. Второй вид, это высокопродуктивные земли с высокой степенью мелиоративного обустройства. Характер землепользования определяется специализацией и коммерческими целями сельскохозяйственных производителей. Состав отраслей ограничивается климатическим потенциалом зоны и рыночной конъюнктурой.
3. Третий вид, это территории с нарушенным или деградирующим сельскохозяйственным производством. В силу зональных особенностей эти ландшафты трансформируют из сельскохозяйственных в лесные. В этом случае необходимы крупные финансовые вложения для восстановления сельскохозяйственной деятельности, либо меры по повышению продуктивности формирующихся лесных угодий.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Агропромышленный и рыбохозяйственный комплекс Ленинградской области. Информационно-статистический бюллетень. –С-Пб.,-2014.-76с.

[2]Данилов Д.А. и др. Практические рекомендации по созданию древесных насаждений на землях, вышедших из активного сельскохозяйственного оборота: Временное руководство. –СПб., -2014. – 20с.

[3]Ильвес Н.В., Ильвес А.Л. Особенности развития сельского хозяйства и перспективы импортозамещения в регионе// Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии. Коллективная монография.- г.Суздаль. ФГБНУ «Владимирский НИИСХ».-Иваново: ПресСто, 2015.-С.203-206.



Фото 1 - Часть агроландшафта на северо-западе России: картофельное поле, граничащее с сосновым лесом.

Глава IV/5: МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ СЕВООБОРОТОВ НА ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

Chapter IV/5: Methodology of the Formation of Adaptive Crop Rotations in Drained Agrolandscapes

Лидия И. Петрова*, Юрий И. Митрофанов

DOI 10.25680/5303.2018.56.69.270

*Эл. Почта: yniimz@list.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), п.Эммаусс, д.27, 170530, Тверская область, Россия

РЕЗЮМЕ. Устойчивость функционирования агроландшафта в значительной степени определяется оптимальным составом и соотношением угодий, набором культур, структурой их посевов, системами севооборотов. Севооборот является основой грамотного и эффективного использования с.-х. угодий, важнейшим средством биологизации и экологизации интенсификационных процессов адаптивно-ландшафтной системы земледелия. В статье изложен подход к организации территории севооборотов на осушаемых агроландшафтах с учетом их агроэкологического состояния и степени дренируемости. Использование изложенных принципов формирования адаптивных севооборотов для различных агроэкологических условий позволит научно обоснованно проводить корректировку существующих или освоение новых севооборотов, устранить при этом бессистемное использование пашни, повысить эффективность земледелия.

Abstract. The stability of the functioning of the agrolandscape is largely determined by the optimal composition and ratio of land, a set of crops, the structure of their cropping land, crop rotation systems. Crop rotation is the basis for the competent and effective use of agricultural land, the most important means of biologization and ecologization of the intensification processes of the adaptive landscape system of agriculture. The article describes the approach to the organization of the crop rotation area on drained agrolandscapes, taking into account their agroecological state and degree of drainability. The use of the stated principles for the formation of adaptive crop rotations for various agroecological conditions will make it possible to scientifically justify the correction of existing or development of new crop rotations, eliminate the unsystematic use of arable land, and improve the efficiency of farming.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: осушаемые агроландшафты, агроэкологические условия, водный режим, подход, формирование севооборотов.

Keywords: drained agrolandscapes, agroecological conditions, water regime, approach, formation of crop rotations.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях ведения сельского хозяйства на осушаемых землях все большее значение приобретает проблема рационального природопользования. В настоящее время система землепользования далеко не полностью учитывает специфику земельных угодий и выращиваемых культур, во многих случаях нарушены севообороты, что приводит ежегодно к потере почвенного плодородия и другим негативным последствиям. В статье представлен подход к формированию севооборотов на осушаемых землях.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ СЕВООБОРОТОВ НА ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

Система эксплуатации осушаемых агроландшафтов эффективна только при оптимальном использовании почвенно-климатических ресурсов и учете особенностей возделываемых культур. Урожайность отдельных культур и продуктивность севооборотов в целом находятся в тесной связи с почвенно-гидрологическими условиями, складывающимися на объекте после его осушения под влиянием рельефа, литологического строения почвенного профиля и других факторов. Поэтому дифференцированное использование осушаемых земель, осуществляемое с учетом их агроэкологического состояния и степени дренируемости, следует считать важным фактором повышения их эффективности. Данные опытов и практика показывают, что основным фактором, определяющим продуктивность и характер агропроизводственной дифференциации осушаемых земель, является их водный режим [1] (Рисунок 1). Сохраняющееся после осушения гидроморфных почв в остаточной форме избыточное увлажнение, особенно на глеевых почвах, продолжает в той или иной степени оказывать негативное влияние не только на их водно-воздушный, но и тепловой и питательный режимы, сроки наступления физической спелости в весенний период, развитие сельскохозяйственных культур, урожайность и качество продукции. Особенно важно учитывать показатели, характеризующие водно-воздушный режим почвы. К таким относится оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы, диапазон которой зависит от структурного состояния почв, их гранулометрического состава. Нижний оптимальный предел влажности почвы для озимой и яровой пшениц, кукурузы, картофеля, зернобобовых культур составляет на тяжелых, средних и легких почвах соответственно 75, 70 и 60% ППВ, для овощных культур – 80, 75 и 70%, для многолетних трав – 75, 70 и 60% [2].

Не менее важным показателем является уровень грунтовых вод. Их влияние может быть положительным, когда речь идет о «грунтовом питании» растений пресными водами, особенно проточными, при оптимальной глубине их залегания, и наоборот, растения могут угнетаться в результате заболачивания при близком расположении грунтовых вод или страдать от избытка солей при повышенной минерализации. Уровень грунтовых вод, при котором растения начинают угнетаться и погибать, называется критическим. В гумидных условия их негативное влияние связано только с заболачиванием. Данные оптимальной глубины залегания слабоминерализованных грунтовых вод для различных растений представлены в таблице 1.

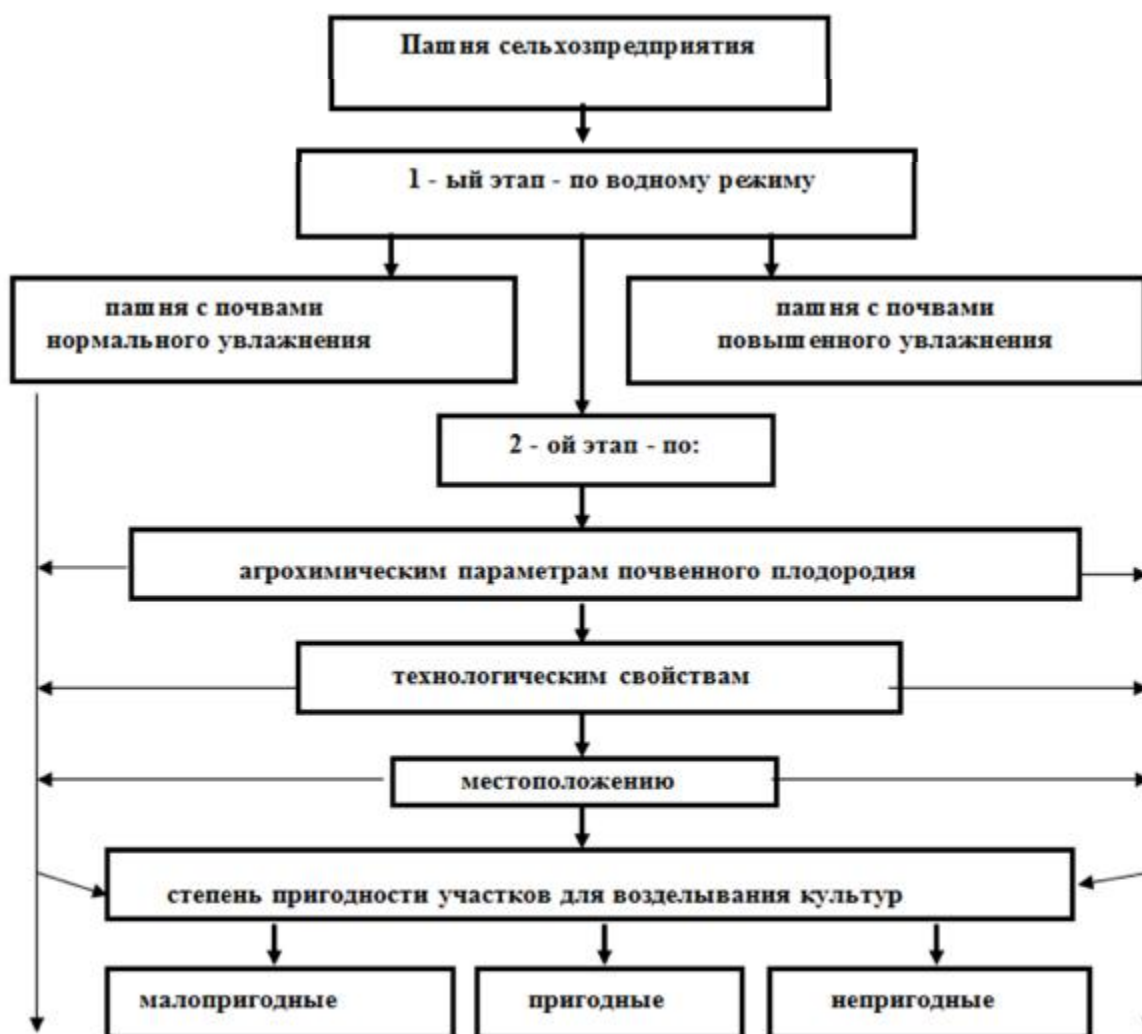


Рисунок 1 - Принципиальная схема выделения агроэкологически однотипных технологических участков на осушаемых землях

Таблица 1 – Оптимальная глубина залегания грунтовых вод для различных растений [2]

Растение	Глубина залегания воды, см	Растение	Глубина залегания воды, см
Пшеница	90-110	Кострец безостый	70
Ячмень	90-110	Люцерна	70
Овес	80	Райграс пастбищный	80-100
Лен	80-100	Овсяница луговая	80-100
Кукуруза	100-120	Мятлик обыкновенный	80-100
Картофель	100-120	Клевер луговой	80-100
Рожь	80-120	Люпин	100-120
Горох	70-80		

При переувлажнении почв нарушается воздушный режим, накапливаются токсичные продукты анаэробизиса. Устойчивость различных растений к переувлажнению или затоплению неодинакова:

- неустойчивые – люцерна, ячмень, клевер ползучий, донник белый, овес, картофель;
- слабоустойчивые – кострец, овсяница луговая, ежа сборная, рожь, райграс многолетний, тимopheевка, лядвенец рогатый, лядвенец узколистый, пшеница;
- устойчивые – канареечник тростниковидный, овсяница высокая, лядвенец большой.

Длительность выживания растений в условиях затопления сильно зависит от температуры воды. В весенний период допустимая продолжительность затопления различных видов многолетних трав колеблется в пределах 5-25 суток (для некоторых видов больше), а в летний период не более 20-26 часов. Для зерновых культур летнее затопление не должно превышать 5-12 часов, для овощных – 5-7. При использовании осушаемых земель необходимо также учитывать требования культур к агрофизическим свойствам почвы. Требования растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию в значительной мере зависят от гумусового состояния почв, гранулометрического и минералогического составов, мощности пахотного слоя, степени окультуренности.

Особенности освоения севооборотов на осушаемых минеральных землях заключаются в размещении сельскохозяйственных культур с учетом их требований и эколого-гидрологических особенностей гидроморфных почв. В севооборотах на осушаемых землях особая роль принадлежит многолетним травам, которые не только хорошо адаптированы к условиям гидроморфных почв, но и играют важную роль в повышении плодородия почв. Однолетние и особенно многолетние травы обеспечивают высокую и устойчивую по годам урожайность на полях с различными эколого-гидрологическими условиями.

Особенно важно учитывать степень дренированности почв при подборе зерновых культур. При урегулированном поверхностном стоке озимая рожь и овес превосходят по урожайности ячмень и яровую пшеницу. На землях, где осушительная сеть не успевает вовремя отвести поверхностные воды, формируют севообороты без озимых культур. Ячмень, имея малоразвитую корневую систему с меньшей поглотительной способностью, наиболее продуктивен на плодородной почве, отличается скороспелостью и пластичностью к условиям возделывания. Овес, обладая высокой адаптивной способностью, менее требователен к условиям произрастания, чем другие зерновые культуры, но требователен к влаге.

Возделывание картофеля эффективно на самых разнообразных почвах, благодаря его высокой экологической пластичности, но выше формирует урожай на участках с легкими супесчаными почвами с более высоким содержанием калия. Лен-долгунец требователен к плодородию почвы и ее влажности.

В севооборотах на осушаемых землях целесообразно вводить мелиоративно-паровое (ремонтное) поле, на котором осуществляются приемы окультуривания почв. Для этого оно должно быть свободно от сельскохозяйственных культур в течение 1-2 месяцев. Этим требованиям лучше всего отвечают занятые пары, агротехническая эффективность которых может быть повышена за счет правильного подбора парозанимающих культур. Наиболее эффективными являются клевер луговой с одноукосным использованием, однолетние бобово-злаковые смеси и быстро вегетирующие крестоцветные культуры. Почвенно-мелиоративные условия естественного плодородия осушаемых агроландшафтов определяют ряд лимитирующих факторов, ограничивающих возделывание различных культур. Применение приемов комплексной мелиорации позволяет расширить набор культур и повысить эффективность их сельскохозяйственного использования. Они осуществляются один раз за ротацию севооборота. Работы проводятся в полях однолетних трав и озимых зерновых после уборки урожая.

В зависимости от этих условий, с учетом осуществления комплекса адаптационных мелиоративных мероприятий по каждому выделенному разнокачественному севооборотному массиву система севооборотов в хозяйстве может быть представлена различными типами и видами севооборотов. На крупных массивах осушенных минеральных земель вводят разные типы севооборотов с учетом механического состава почв. Массивы с суглинистыми почвами выделяют под полевые, кормовые или специальные севообороты с учетом хозяйственной потребности, с супесчаными и песчаными - под сидеральные полевые севообороты с ограниченным составом культур (озимая рожь, люпин и др.).

После осушения гидроморфные почвы наследуют определенные черты своих неосушенных аналогов, и даже в пределах одного мелиорированного массива степень гидроморфизма почв остается наиболее сильнодействующим фактором. В зависимости от степени отрегулированности водно-воздушного режима рекомендуется вводить следующие виды севооборотов:

- зернопропашные, плодосменные, травянопропашные – на осушаемых слабооглеенных, осушаемых глееватых почвах при мелиоративном рыхлении;
- зернотравяные – на осушаемых слабооглеенных, осушаемых глееватых с рыхлением и без него, осушаемых глеевых с применением рыхления;

- травопольные – на осушаемых слабооглеенных, глееватых и глеевых как на фоне рыхления и без него.

Рекомендуемый в ФГБНУ ВНИИМЗ подход к организации территории севооборотов на осушаемых землях, адаптированных к местным условиям со сложным почвенным покровом, предполагает проводить его в 2 этапа [3] (таблица 2):

- на первом этапе определяются количество севооборотов, контуры севооборотных массивов, количество полей, их размеры и границы по принципу равновеликости, компактности, удобства проведения полевых работ, расположения мелиоративных систем и т.д.
- затем при сложном почвенном покрове, решается вопрос о выделении внутри полевых технологических участков, однородных в агроэкологическом отношении и с их оценкой на пригодность для возделывания сельскохозяйственных культур.

При этом основной территориальной единицей для многолетних трав и паровых полей является севооборотное поле, а для зерновых, льна и картофеля – технологические участки. По своим функциональным задачам севооборотные поля подразделяются на две группы.

В первую группу входят многолетние травы и мелиоративно-паровое поле, первоочередной задачей которых является воспроизводство почвенного плодородия, улучшение фитосанитарного состояния пахотного слоя, обеспечение условий для проведения работ по уходу за мелиоративными системами, создание хорошего агрофона для последующих культур.

Вторая часть севооборота представляет собой группу так называемых «рыночных» полей. Здесь все решения, связанные с размещением культур в севообороте при отсутствии экологических ограничений, должны приниматься строго на экономической основе. Главная задача, которая должна решаться в этих полях – производить больше качественной и конкурентоспособной продукции по основному направлению специализации хозяйства. Основные критерии подбора «рыночных» культур – доходность и устойчивость рынка сбыта производимой продукции. Под наиболее доходные культуры должны выделяться лучшие рабочие участки и лучшие предшественники. В условиях сложного почвенного покрова севооборотные поля второй группы по своей структуре становятся, как правило, сборными. При этом на плохо дренированных участках многолетние травы в 2-летнем возрасте не распаиваются, а срок их жизни продлевается до 4-6 лет.

Таблица 2 – Схема адаптивно организованного севооборота на осушаемых агроландшафтах

№ поля	Чередование и размещение культур в севообороте	
	на хорошо дренированных технологических участках	на недостаточно дренированных (проблемных) по водному режиму технологических участках
1	Покровная культура многолетних трав: подсев трав проводится на всей площади севооборотного поля; выбор травосмеси и покровной культуры может осуществляться в разрезе технологических участков	
2	Многолетние травы 1 г.п.	
3	Многолетние травы 2 г.п.	
4	Лен, озимые, картофель	Многолетние травы
5	Яровые зерновые	Многолетние травы
6	Мелиоративно-паровое поле	Многолетние травы
7	Озимые, яровые зерновые	Овес, однолетние травы

В конечном итоге, мы на каждом рабочем участке имеем практически те же «динамические» севообороты, но при строго организованном чередовании во времени и пространстве многолетних трав и парового поля, призванных обеспечивать расширенное воспроизводство плодородия почв на всем севооборотном массиве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Дифференцированное использование осушаемых земель, осуществляемое с учетом их агроэкологического состояния и степени дренируемости, следует считать важным фактором повышения их эффективности.
2. Рекомендуемый подход к организации территории севооборотов позволяет:

- сохранить севооборот как организационно-технологическую основу для решения общих сельскохозяйственных проблем и системного управления процессом воспроизводства почвенного плодородия;
 - обеспечить при этом индивидуальный подход к использованию выделенных рабочих участков, сформированных на принципах агроэкологической однородности;
 - придать севооборотам высокую гибкость и приспособляемость к рыночным условиям производства без нарушения принципиальных основ их построения.
3. Использование изложенных принципов формирования адаптивных севооборотов для различных агроэкологических условий позволит научно обоснованно провести корректировку существующих или освоение новых севооборотов, устранить при этом бессистемное использование пашни, повысить эффективность земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Митрофанов Ю.И., Митрофанова Г.Н., Фаринюк Ю.Т., Милорадов И.Я., Зимина Л.А., Мигулев П.И., Азаренков А.В. Методические рекомендации по освоению экологически сбалансированных севооборотов в хозяйствах Тверской области. – М.: ФГОУ РосАКО АПК, 2003. – 39 с.
- [2] Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- [3] Митрофанов Ю.И. Особенности организации адаптивных севооборотов на осушаемых землях. /Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции «Информационно-технологическое обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия». - Курск, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. - 301 с.

Глава IV/6: ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТОВ, ВЫЗОВЫ ИХ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В РОССИИ

Chapter IV/6: Evaluation of Agro-Landscapes, Challenges of their Monitoring and Management in Russia

Илья А. Трофимов*; Людмила С. Трофимова; Елена П. Яковлева

DOI 10.25680/1629.2018.89.25.271

*Эл. Почта: yuiikormov@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса», ул. Научный городок, 1, 141055, г. Лобня, Московская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Разработана система оценки состояния и управления агроэкосистемами и агроландшафтами в России, которая обеспечивает надежную и быструю реакцию на вызовы их мониторинга. Системы мер по управлению агроэкосистемами и агроландшафтами включают в себя совершенствование структуры земельных угодий, оптимизацию структуры посевных площадей и совершенствование севооборотов сельскохозяйственных культур, совершенствование систем земледелия, выработка, реализация и оптимизация норм антропогенных нагрузок на агроландшафты в целом и на отдельные элементы их пространственной структуры (пашни, пастбища, сенокосы, леса), рациональное размещение сельскохозяйственных культур на территории землепользования и др. Представленные системы мер по управлению агроэкосистемами и агроландшафтами были апробированы в разных регионах России. Меры по управлению агроэкосистемами и агроландшафтами могут применяться для обеспечения их продуктивности, устойчивости и природоохранности по всей Евразии.

Abstract. A system for assessing the status and management of agroecosystems and agrolandscapes in Russia has been developed, which provides a reliable and rapid response to the challenges of their monitoring. Systems of measures for managing agroecosystems and agro landscapes include improving the structure of land areas, optimizing the structure of crop areas and improving crop rotation, improving farming systems, developing, implementing and optimizing norms for anthropogenic loads on agrolandscapes in general and for individual elements of their spatial structure (arable land, pastures, hayfields, forests), rational allocation of agricultural crops in the land use area, etc.. These systems of measures for the management of agroecosystems and agrolandscapes have been tested in various regions of Russia. Measures to manage agroecosystems and agrolandscapes can be used to ensure their productivity, sustainability and conservation throughout Eurasia.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроэкосистемы, агроландшафты, Россия, оценка состояния, управление, структура земельных угодий, посевные площади, севообороты, системы земледелия, нагрузки.

Keywords: agroecosystems, agrolandscapes, Russia, state assessment, management, structure of land, crop areas, crop rotation, farming systems, loads.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегией устойчивого развития АПК в современных условиях является рациональное сельскохозяйственное природопользование, целенаправленная оптимальная пространственно-временная организация современных агроландшафтов, которая должна быть наиболее адекватной их природной структуре и динамике. Управление продукционным, средообразующим и природоохранным процессами в растениеводстве и земледелии обеспечивается не только хорошим сортом, качественными семенами, современными технологиями, удобрениями и агротехникой. Продуктивность и устойчивость – это производное всей системы агроландшафта, т. е. его инфраструктуры – соотношения пашни, луга, леса, а также оптимальной структуры посевных площадей, севооборотов, достаточной доли многолетних трав (Рисунок 1).

Управление продукционным, средообразующим и природоохранным процессами в растениеводстве и земледелии обеспечивается не только хорошим сортом, качественными семенами, современными технологиями, удобрениями и агротехникой. Продуктивность и устойчивость – это производное всей системы агроландшафта, т. е. его инфраструктуры – соотношения пашни, луга, леса, а также оптимальной структуры посевных площадей, севооборотов, достаточной доли многолетних трав.

Стратегией устойчивого развития АПК в современных условиях является рациональное сельскохозяйственное природопользование, целенаправленная оптимальная пространственно-временная организация современных агроландшафтов, которая должна быть наиболее адекватной их природной структуре и динамике.

Управление агроландшафтами направлено на создание их экологически устойчивой структуры и обеспечение нормального функционирования, увеличение доли природных и сеяных кормовых угодий в структуре агроландшафтов, разработку и реализацию комплекса биомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий по предотвращению эрозии, дефляции и восстановлению плодородия почв, залужение или залесение эродированных и дефлированных земель, возделывание многолетних трав на эрозионноопасных и дефляционноопасных пахотных землях и др.

Функционирование агроландшафтов проявляется в продуктивности земельных угодий, ее устойчивости, стабильности по годам и развитии негативных процессов. Если функционирование агроландшафтов нарушено и продолжает ухудшаться, необходимо принять соответствующие меры. Прежде всего, необходимо нормализовать структуру агроландшафта, укрепить его экологический каркас (создать элементы прочности), оптимизировать антропогенные нагрузки.

Система оптимизации агроландшафтов должна включать управление его инфраструктурой и управление антропогенными нагрузками на отдельные его элементы (земельные угодья). Создание оптимальной пространственно-временной структуры агроландшафта обеспечивают оптимизация видового состава сельскохозяйственных культур и структуры посевных площадей, размещения сельскохозяйственных культур (пропашные, зерновые, однолетние и многолетние

травы) по элементам агроландшафта, применение современных технологий и системы севооборотов. Повышение плодородия почв обеспечивается за счет оптимального насыщения посевных площадей бобовыми и бобово-злаковыми многолетними травами. Увеличение на пахотных землях доли многолетних трав осуществляется при сокращении доли пропашных, зерновых культур и однолетних трав [1, 2, 7, 8].

Управление луговыми агроэкосистемами включает создание и рациональное использование высокопродуктивных сенокосов и пастбищ. Средообразующий потенциал луговых агрофитоценозов в агроландшафтах формируется благодаря дерновому процессу, проходящему в условиях сохранения дернины без перепашки в течение длительного времени, результатом которого является увеличение в почве органического вещества, гумуса, азота, ряда минеральных элементов [9, 10].

В современных условиях актуальное значение имеет рациональное использование всех сельскохозяйственных угодий, в том числе выбывшей из активного оборота пашни. В результате исследований ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса в 1999–2014 годах на залежных землях по освоению их в пастбища. Определен средообразующий эффект пастбищ при возврате в пашню. Установлено большое накопление подземной массы (14,6–46,9 т/га сухого вещества), содержащей 283–648 кг/га азота, выявлены закономерности повышения содержания органического вещества в почве при существенном снижении обеспеченности фосфором и калием [11, 12, 13]. Продуктивность и устойчивость агроэкосистем и агроландшафтов во многом зависят от многолетних трав. Их доля в севооборотах сегодня недостаточна для того, чтобы обеспечить эффективную защиту сельскохозяйственных земель от воздействия эрозии, дефляции и дегумификации. 1/3 наших сельскохозяйственных земель уже деградирует под влиянием эрозии, дефляции, дегумификации, а пашня теряет 1–2,5 т/га гумуса ежегодно. Управление агроландшафтами России в современных условиях предполагает, прежде всего, разработку и реализацию следующей системы мер [1, 2, 3, 15] (Таблица 1).

Адаптивная интенсификация агроэкосистем и агроландшафтов предполагает управление продукционным процессом посредством интенсификации биологических и экологических факторов [1, 5–8, 14] (Таблица 2).

При обосновании структуры посевных площадей необходимо учитывать следующие требования [4, 5, 6, 10, 14] (Таблица 3).

Таблица 1 - Система мер по управлению агроландшафтами России

Система мер по управлению агроландшафтами	Направленность на достижение целей
Совершенствование структуры земельных угодий	Укрепление экологического каркаса агроландшафта (увеличение доли протективных элементов, повышающих прочность и устойчивость агроландшафтов к негативным факторам – природных кормовых угодий, лесов, охраняемых участков экосистем)
Оптимизация структуры посевных площадей и совершенствование севооборотов сельскохозяйственных культур	Повышение экологической устойчивости пашни (увеличение доли посевов многолетних трав в севооборотах)
Совершенствование систем земледелия, разработка и освоение адаптированных ресурсосберегающих экологически безопасных приемов, технологий и технических средств обработки почвы и выращивания сельскохозяйственных культур	Повышение экологической устойчивости пашни
Выработка, реализация и оптимизация норм антропогенных нагрузок на агроландшафты в целом и на отдельные элементы их пространственной структуры (пашни, пастбища, сенокосы, леса)	Повышение экологической устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов

Таблица 2 - Система мер по управлению продукционным процессом агроэкосистем и агроландшафтов

Система мер по управлению продукционным процессом агроэкосистем и агроландшафтов	Направленность на достижение целей
Рациональное размещение сельскохозяйственных культур на территории землепользования	Реализация адаптивного потенциала видов и сортов сельскохозяйственных культур
Создание и использование сортов сельскохозяйственных культур, адаптированных к зональным почвенно-климатическим условиям	Сокращение затрат на выращивание сельскохозяйственных культур
Оптимальное насыщение посевной площади и севооборотов сельскохозяйственными культурами, функционирующими на основе биологического азота, обладающие почвозащитными и почвоулучшающими свойствами	Высокая продуктивность, экономическая эффективность, производство качественной продукции, повышение экологической устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов
Применение в земледелии безотходных технологий по использованию производимого органического вещества	Воспроизводство бездефицитного баланса вещества и энергии почвы
Рациональное применение материально-технических ресурсов	Интенсификация биологических процессов (биостимуляторы, биопрепараты, мелиоранты, минеральные удобрения, средства защиты растений и т.д.)

Таблица 3 - Система мер по управлению структурой посевных площадей

Система мер по управлению структурой посевных площадей	Направленность на достижение целей
Рациональное размещение культур в системе адаптивных севооборотов по оптимальным предшественникам	Повышение продуктивности, устойчивости и экономической эффективности агроэкосистем и агроландшафтов
Оптимизация в структуре посевных площадей доли многолетних трав, как основного источника воспроизводства гумуса в почве и улучшения ее физических свойств	При наличии в севообороте 45-50% многолетних трав воспроизводство гумуса в почве обеспечивается без внесения органических удобрений. При использовании для воспроизводства гумуса растительных остатков сельскохозяйственных культур, соломы, органических удобрений и сидеральных культур в севообороте необходимо и достаточно наличие 25-30% многолетних трав.

Устойчивое развитие АПК базируется на ресурсо- и энергосбережении сортов и технологий растениеводства, которые должны быть регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированы для реализации их потенциала, ресурсо- и энергосбережения, обеспечения продуктивности и устойчивости.

Использование новых сортов и технологий растениеводства в агроландшафтах обеспечит повышение продуктивности, устойчивости сельскохозяйственных угодий и плодородия почвы за счет симбиотической азотфиксации бобовых культур, производства высококачественных кормов для сельскохозяйственных животных, получения в хозяйствах дополнительной прибыли. Комплексная устойчивость сортов к болезням и вредителям позволит значительно снизить или исключить применение пестицидов, получать экологически безопасную продукцию, а также сохранить экологическую чистоту окружающей среды и устойчивость агроландшафтов.



Рисунок 1. Поле с кормовыми травами в аграрном ландшафте нечерноземной зоны. Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса разрабатывает методы обеспечения продуктивности, устойчивости и природоохранности для всех ландшафтных зон России. Фото: <http://www.vniikormov.ru/>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана система оценки состояния и управления агроэкосистемами и агроландшафтами в России, которая обеспечивает надежную и быструю реакцию на вызовы их мониторинга.
2. Представленные системы мер по управлению агроэкосистемами и агроландшафтами были апробированы в разных регионах России.
3. Меры по управлению агроэкосистемами и агроландшафтами могут применяться для обеспечения их продуктивности, устойчивости и природоохранности по всей Евразии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 198 с.
- [2] Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство – важный фактор роста продуктивности и устойчивости земледелия // Земледелие. 2012. № 4. С. 20–22.
- [3] Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Современное развитие системного подхода к конструированию агроландшафтов (К 150-летию со дня рождения выдающихся ученых) // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 5. С. 11–14.
- [4] Переправо Н.И., Трухан О.В., Рябова В.Э. Научные основы семеноводства низовых злаковых трав // Кормопроизводство. 2013. № 12. С. 19–22.
- [5] Повышение продуктивности и устойчивости агроландшафтов Центрального экономического района Российской Федерации (рекомендации) / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов, А. А. Кутузова, Т. М. Лебедева, Е. П. Яковлева, Л. С. Трофимова Д. М. Тебердиев, А. А. Зотов, К. Н. Привалова, В. А. Кулаков, А. В. Родионова, Е. Е. Проворная, Н. В. Жезмер, А. В. Седов, Д. Н. Лебедев, Е. В. Клименко, Н. И. Георгиади О. А. Гетьман. – М.: ФГНУ "Росинформагротех" 2005. – 63 с.
- [6] Повышение устойчивости агроландшафтов (Рекомендации) / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов, А. А. Кутузова, А. А. Зотов, Г. Д. Харьков, Д. М. Тебердиев, Т. В. Прологова, Л. С. Трофимова, Т. М. Лебедева, Е. П. Яковлева. – М.: ФГНУ "Росинформагротех" 2003. – 44 с.
- [7] Создание и использование продуктивных и устойчивых кормовых угодий Северо-Кавказского природно-экономического района Российской Федерации (рекомендации) / А. А. Зотов, И. А. Трофимов, З. Ш. Шамсутдинов, И. В. Савченко, А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, К. Н. Привалова, В. А. Кулаков, Н. А. Семенов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева, Т. М. Лебедева, Н. С. Магомедов, Г. У. Гасанов, К.А. Ерижев, С. И. Осецкий, И. С. Пициков, В. В. Абонеев. – М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2008. – 63 с.
- [8] Справочник по кормопроизводству. 5-е изд., перераб. и дополн. / Под ред. В. М. Косолапова, чл.-корр. Россельхозакадемии, доктора с-х наук, И. А. Трофимова, доктора географ. наук – М.: Россельхозакадемия, 2014. – 717 с.
- [9] Ресурсосберегающие технологии улучшения сенокосов и пастбищ в Центральном-Черноземном районе (руководство) / А. А. Зотов, А. А. Кутузова, В. М. Косолапов (ВНИИ кормов), И. В. Савченко (РАСХН), К. Н. Привалова, Д. М. Тебердиев, И. А. Трофимов, З. Ш. Шамсутдинов, В.

А. Кулаков, Р. Р. Каримов, Е. Г. Седова, Л. С. Трофимова (ВНИИ кормов). – М.: ФГУ РЦСК, 2012. – 54 с.

[10]Трофимов И. А., Косолапов В. М., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Глобальные экологические процессы, стратегия природопользования и управления агроландшафтами // Глобальные экологические процессы: Материалы Международной научной конференции (Москва, 2–4 октября 2012 г.) / Отв. ред. В. В. Снакин. – М: Academia, 2012. – С.107–114.

[11]Трофимова Л. С., Трофимов И. А., Яковлева Е. П. Агроландшафтно-экологическое районирование кормовых угодий Северного Кавказа // Степной бюллетень. 2013. – № 37. – С. 21–24.

[12]Трухан О.В., Переправо Н.И. Влияние азотных удобрений на семенную продуктивность овсяницы красной нового сорта Сигма // Кормопроизводство. 2010. № 7. С. 31-35.

[13]Шамсутдинов З.Ш. Достижения и стратегия развития селекции кормовых культур // Кормопроизводство. 2010. № 8. С. 25-27.

[14]Шпаков А.С., Бычков Г.Н. Полевое кормопроизводство: состояние и задачи научного обеспечения // Кормопроизводство. 2010. № 10. С. 3-8.

[15]Трофимов И.А., Косолапов В.М., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Пути повышения эффективности возделывания отечественных сортов и технологий в агроландшафтах юга России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. Вып. 3(54). С. 305–309.

Глава IV/7: АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОХРАНЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ

Chapter IV/7: Ecological Bases of Agrolandscapes for Conservation and Reproduction of Soil Fertility of Russian Agricultural Lands

Илья А. Трофимов*; Людмила С. Трофимова; Елена П. Яковлева

DOI 10.25680/9527.2018.32.42.272

*Эл. Почта: yniikormov@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса», ул. Научный городок, 1, 141055, г. Лобня, Московская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Проанализирован экологический статус агроландшафтов в России. Мы обнаружили, что в результате прежнего традиционного экологического районирования агроландшафтов, производственных и защитных экосистем были несбалансированы, инфраструктура сельскохозяйственных ландшафтов, структура посевных площадей и севооборота были повреждены. Это привело к кризису агроландшафтов, деградации сельскохозяйственных угодий, развитию негативных эрозионных процессов, дегумации почв и нестабильности сельскохозяйственного производства. Для сохранения, воспроизводства и обеспечения продуктивной долговечности земель и плодородия почв, производственной базы сельского хозяйства, необходимо принять меры для обеспечения сбалансированного соотношения производительных и защитных экосистем в агроландшафтах, структуры посевных площадей и севооборотов. Мы разработали новую экологическую основу для сохранения и воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных земель которая может применяться на всей территории Евразии. Она обеспечивает надежный и быстрый ответ на вызовы мониторинга состояния почв.

Abstract. The ecological status of agrolandscapes in Russia has been analysed. We found that as a result of former traditional ecological zoning of agrolandscapes, productive and protective ecosystems had been imbalanced, the infrastructure of agricultural landscapes, and the structure of cropped areas and crop rotations had been damaged. This had led to a crisis of agrolandscapes, degradation of agricultural land, development of negative erosion processes, dehumification of soils, and instability of agricultural production. In order to preserve, reproduce and ensure a long-term productive use of lands and soil fertility, the production basis of agriculture, it is necessary to take measures to ensure a balanced ratio of productive and protective ecosystems in agrolandscapes, to improve the structure of cropping lands and crop rotations. We developed a new ecological basis for the conservation and reproduction of soil fertility of agricultural lands that can be applied throughout Eurasia. It provides a reliable and quick response to the challenges of monitoring the state of soils.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: плодородие почв, оценка состояния, продуктивные и протективные экосистемы, структура агроландшафтов, посевные площади, севообороты.

Keywords: soils fertility, assessment of the state, productive and protective ecosystems, agrolandscape structure, crop areas, crop rotation.

ВВЕДЕНИЕ

Значение земельных ресурсов для сельского хозяйства, обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны чрезвычайно велико. Традиционная экономика сельского хозяйства, ориентированная на близкие выгоды, нередко противопоставляет себя рациональному природопользованию, сохранению плодородия почв и постепенно подрывает основы Жизни на Земле. Нещадная эксплуатация пашни ведет к деградации почв. Модернизация земледелия России предполагает развитие теории создания экологически устойчивых сбалансированных агроландшафтов.

С целью разработки агроландшафтно-экологических основ сохранения и воспроизводства почвенного плодородия сельскохозяйственных земель России, оценки состояния экосистем, адаптивной интенсификации сельского хозяйства, точной адресной экстраполяции технологий создания и использования пастбищ и сенокосов, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия сельскохозяйственных земель, рационального природопользования, оптимизации и охраны агроландшафтов России выполнено агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий по природно-экономическим районам Российской Федерации (Центрального Черноземья, Северного Кавказа, Поволжья). Природные кормовые угодья занимают здесь значительные площади и играют важную роль не только в кормопроизводстве, но и в рациональном природопользовании. Выполняя важнейшие производственные и средостабилизирующие функции в агроландшафтах, они способствуют сохранению и накоплению органического вещества в биосфере. Кроме того, кормовые экосистемы выполняют природоохранные функции и оказывают значительное влияние на экологическое состояние земельных угодий регионов.

Значение земельных ресурсов для сельского хозяйства, обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны чрезвычайно велико. Традиционная экономика сельского хозяйства, ориентированная на близкие выгоды, нередко противопоставляет себя рациональному природопользованию и постепенно подрывает основы Жизни на Земле. Противоречия между сбалансированным, устойчивым сельским хозяйством, рациональным природопользованием и характером их современного экономического развития нарастают и носят глобальный характер [1–6].

Обладая половиной мировых запасов черноземов и пятой частью запасов пресной воды, Россия так и не вошла в число передовых аграрных стран, не достигла среднемирового уровня урожайности и продолжает нещадно эксплуатировать природно-экологические ресурсы, не сохраняя леса и почвенный покров от деградации [3].

Сегодня отечественное земледелие существенно видоизменяется, адаптируясь к агроландшафтам и климатическим изменениям. Модернизация земледелия России предполагает развитие теории создания сбалансированных, экологически устойчивых агроландшафтов, нормирования антропогенной нагрузки, и др. [1, 4–6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий природно-экономических районов России выполнено на основе разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения сельскохозяйственных земель [7–9], которые опираются на концепцию сохранения и воспроизводства используемых в сельскохозяйственном производстве земельных и других природных ресурсов, плодородия почв, продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов (Всероссийского НИИ кормов имени В.Р. Вильямса), концепции экологического каркаса агроландшафтов и эколого-хозяйственного баланса (МГУ имени М. В. Ломоносова и Института географии РАН) [10–12], природно-сельскохозяйственное, ландшафтно-экологическое и почвенно-экологическое районирования территории [13–17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате районирования, агроландшафтно-экологического анализа и оценки состояния изучаемых территорий выявлено следующее:

1. Кризисное состояние агроландшафтов, деградация сельскохозяйственных земель, развитие негативных процессов эрозии, дегумификации, опустынивания и др.
2. Неустойчивость сельскохозяйственного производства, колебания урожайности экосистем
3. Несбалансированность продуктивных и защитных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов, структуре посевных площадей и севооборотов.
4. В результате агроландшафтно-экологического анализа выявлены приоритеты земледелия в управлении агроландшафтами.

Из всех видов сельскохозяйственных угодий на изучаемой территории наибольшую эрозионную опасность представляет пашня. На пашне полностью уничтожен защищающий почву от водной и ветровой эрозии естественный растительный покров, разрушена почва, изменены ее структура, водно-физические свойства. Из общей площади пашни, несмотря на то, что под нее везде отведены лучшие земли, 35–40 % являются эрозионно-опасными и 20–25 % дефляционно-опасными. Из них около 20 % площади пашни уже эродировано, дефлировано, подвержено совместному воздействию водной и ветровой эрозии.

Установлено, что необходимо увеличение доли средостабилизирующих компонентов агроландшафтов (пастбищ, сенокосов, лесов) до 15–20 %. Целесообразно не распахать эрозионно-опасные склоны, а использовать их как природные кормовые угодья, протективные степные травяные экосистемы агроландшафта.

За последние 20–25 лет в структуре посевных площадей резко (в 3–5 раз, или до 20–23 %) увеличились площади занятые подсолнечником. Это в 2–3 раза превышает фитосанитарную норму биологического земледелия и приводит к резкому ухудшению фитосанитарной обстановки. Доля многолетних бобовых и злаковых трав сократилась в 7–8 раз, с 17–19 до 2–2,5 %. Это в 10–12 раз ниже нормы биологического земледелия, и в таких условиях темпы снижения содержания гумуса и разрушения комковатой и зернистой структуры черноземов на пахотных землях многократно возрастают. Значительную долю (до 18–20 % от площади пашни) занимают чистые пары.

Во многих регионах юга России условия благоприятные для почвообразования создаются всего на 2–3 % посевных площадей, на 97–98 % создаются условия для минерализации гумуса и происходит систематическое существенное снижение плодородия почв. Полевые культуры весьма существенно различаются по их влиянию на процессы минерализации гумуса и почвообразования. Наибольшие среднегодовые потери гумуса наблюдаются под чистым паром и пропашными (1.5–2.5 т/га), средние — под зерновыми и однолетними травами (0.4–1 т/га). Под основными почвообразователями – многолетними травами сокращения запасов гумуса не происходит или отмечается его увеличение на 0.3–0.6 т/га.

Особую ценность степных агроландшафтов России составляют почвы. Лучшие почвы мира – черноземы образовались под многолетней степной растительностью. По запасам питательных веществ черноземы не имеют себе равных в Европе. Под степями толщина гумусового слоя достигает 1 м и даже более. Почвенные разрезы на черноземе в Центрально-Черноземном природно-экономическом районе (ЦЧР) расположены в 100 метрах друг от друга в степи под многолетней степной растительностью и на пашне, на которой возделывается преимущественно пшеница. За период около 100 лет толщина гумусового слоя чернозема под пашней сократилась в 2 раза, а содержание гумуса уменьшилось в 2 раза (Рисунок 1).



Рисунок 1 - Почвенные разрезы на черноземе в Центрально-Черноземном природно-экономическом районе (Ямская степь Белгородской области 18.08.2016)

Агроландшафтно-экологический анализ состояния территорий позволяет адресно, с учетом комплекса условий подходить к улучшению и использованию угодий, повышению адаптивности, устойчивости, средообразующей и природоохранной роли кормопроизводства, агроландшафтно-экологическому обоснованию расширения площадей ПКУ и посевов многолетних трав на пашне.

В результате несбалансированной структуры агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов общая потеря гумуса почв многократно превышает его накопление. Угнетение почвообразования на значительных площадях неизбежно ведет к снижению плодородия почв и продуктивности агроэкосистем, ухудшению фитосанитарной обстановки. Соответственно возрастают затраты на производство сельскохозяйственной продукции.

Установлено, что важнейшим фактором в управлении сельскохозяйственными землями и агроландшафтами, влияющим на плодородие пахотных земель, являются видовой состав культур, их соотношение в структуре посевных площадей и уровень продуктивности. В основных черноземных районах России для сохранения плодородия почв, прежде всего, необходимо совершенствовать видовой состав культур и структуру использования пашни, в первую очередь за счет сокращения площадей чистых паров и пропашных культур, увеличения доли многолетних трав.

В научно обоснованных системах земледелия кормовые культуры, в первую очередь многолетние травы, являются основным источником углерода и азота для пополнения запасов гумуса, а также основным фактором защиты почв от эрозии. В рациональной структуре посевных площадей должно быть максимальное количество многолетних трав и бобовых культур (не менее 20–25%) и минимальное – чистых паров и пропашных культур. Площади последних должны определяться наличием ресурсов для воспроизводства гумуса и вынесенных из почвы питательных веществ.

Можно снизить потери гумуса, используя для его воспроизводства растительные остатки сельскохозяйственных культур, солому, органические удобрения и сидеральные культуры. Однако, одним из важнейших факторов в управлении сельскохозяйственными землями и агроландшафтами, влияющим на плодородие пахотных земель, являются видовой состав культур, их соотношение в структуре посевных площадей и уровень продуктивности.

В сельском хозяйстве человек как нигде тесно взаимодействует и сотрудничает с Природой. Вклад природных факторов в формирование продуктивности агроэкосистем составляет до 60–95 %. Засухи, заморозки, наводнения и другие негативные природные процессы могут привести к значительным колебаниям продуктивности сельскохозяйственных культур и полной потере урожая. Поэтому сельское хозяйство должно быть основано на органическом взаимодействии, гармонии с природой, на знании и использовании законов Природы в практической деятельности.

Эффективность сельского хозяйства – результат взаимодействия Человека и Природы. Однолетние зерновые культуры составляют основу питания человека, но они ослабляют агроландшафты и разрушают почву. Многолетние травы – основа восстановления плодородия Земли и защита ее от воздействия негативных процессов. Они обеспечивают продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных земель и агроландшафтов, повышение плодородия почв, эффективность всего сельского хозяйства. Лучшие почвы мира – черноземы образовались под многолетней степной растительностью. Непременным условием создания эффективного и устойчивого сельского хозяйства, в целях сохранения, воспроизводства и обеспечения продуктивного долголетия земель и плодородия почв, самой основы, производственного базиса сельского хозяйства, является сбалансированное соотношение продуктивных и протективных экосистем (зерновых, пропашных культур и многолетних трав) в агроландшафтах, структуре посевных площадей и севооборотах [18–20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате агроландшафтно-экологического районирования установлены несбалансированность продуктивных и протективных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов, структуре посевных площадей и севооборотов, что привело к кризисному состоянию агроландшафтов, деградации сельскохозяйственных земель, развитию негативных процессов эрозии, дегумификации почв, неустойчивости сельскохозяйственного производства.
2. Разработаны агроландшафтно-экологические основы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия сельскохозяйственных земель России, которые обеспечивают надежную и быструю реакцию на вызовы мониторинга состояния почв.
3. В целях сохранения, воспроизводства и обеспечения продуктивного долголетия земель и плодородия почв, самой основы, производственного базиса сельского хозяйства, необходимо принятие мер по обеспечению сбалансированного соотношения продуктивных и протективных экосистем в агроландшафтах, структуре посевных площадей и севооборотах, которые могут применяться по всей Евразии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий (под ред. Кирюшина В.И. и Иванова А.Л.) М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.
- [2] Добровольский Г. В. Деградация почв – угроза глобального экологического кризиса // Век глобализации. 2008. № 2. С. 54–65.
- [3] Иванов А. Л. Научное земледелие России: итоги и перспективы // Земледелие, 2014, № 3: 25–29.
- [4] Каштанов А. Н. Земледелие. Избранные труды. М.: Россельхозакадемия, 2008. 685 с.
- [5] Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- [6] Трофимов И. А., Косолапов В. М., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Глобальные экологические процессы, стратегия природопользования и управления агроландшафтами // Глобальные экологические процессы: Материалы Международной научной конференции (Москва, 2–4 октября 2012 г.) / Отв. ред. В. В. Снакин. М.: Academia, 2012. С.107–114.
- [7] Трофимов И. А. Методологические основы аэрокосмического картографирования и мониторинга природных кормовых угодий. М.: Россельхозакадемия, 2001. 74 с.
- [8] Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 198 с.
- [9] Агроландшафты Поволжья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. Москва–Киров: "Дом печати ВЯТКА", 2010. 335 с.
- [10] Концепция сохранения и повышения плодородия почвы на основе биологизации полевого кормопроизводства по природно-экономическим районам России. М., 1999. 107 с.
- [11] Николаев В. А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1992. С. 4–57.
- [12] Кочуров Б. И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М.: ИГ РАН, 1997. 132 с.
- [13] Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А.Н. Каштанова. М.: Колос, 1983. 336с.
- [14] Ландшафтно-экологическое районирование территории (Основы методики и схема районирования). М.: Россельхозакадемия, 1993. 42 с.

- [15] Почвенно-экологическое районирование, м 1 : 15 000 000 // Почвенная карта РСФСР, м 1 : 2 500 000 / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, ВАСХНИЛ. М.: ГУГК, 1988. 1 л.
- [16] Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины, М 1 : 2 500 000. М.: МГУ, ф-т почвоведения, 1997. 4 л.
- [17] Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ, 2011. 632 с.
- [18] Трофимов И.А., Косолапов В.М., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Пути повышения эффективности возделывания отечественных сортов и технологий в агроландшафтах юга России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. Вып. 3(54). С. 305–309.
- [19] Повышение устойчивости агроландшафтов (Рекомендации) / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов, А. А. Кутузова, А. А. Зотов, Г. Д. Харьков, Д. М. Тебердиев, Т. В. Прологова, Л. С. Трофимова, Т. М. Лебедева, Е. П. Яковлева. – М.: ФГНУ "Росинформагротех" 2003. – 44 с.
- [20] Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель России // Зерновое хозяйство России. 2011. № 4. С. 46–56.

Глава IV/8: АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Chapter IV/8: Agrolandscape-Ecological Bases of Plant Growing in the Krasnodar Region

Людмила С. Трофимова*; Илья А. Трофимов; Елена П. Яковлева

DOI 10.25680/5193.2018.84.44.273

*Эл. Почта: ynikormov@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса», ул. Научный городок, 1, 141055, г. Лобня, Московская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Устойчивое развитие растениеводства Краснодарского края базируется на ресурсо- и энергосбережении сортов и технологий растениеводства, которые должны быть регионально-, ландшафтно- и экологически дифференцированы для реализации их потенциала, обеспечения продуктивности и устойчивости. Продуктивность и устойчивость – это производное всей системы агроландшафта, оптимальной структуры посевных площадей, севооборотов, достаточной доли многолетних трав. Стратегией устойчивого развития растениеводства в современных условиях является рациональное сельскохозяйственное природопользование, целенаправленная оптимальная пространственно-временная организация современных агроландшафтов. Такой подход обеспечивают оптимизация видового состава сельскохозяйственных культур и структуры посевных площадей, размещения сельскохозяйственных культур (пропашные, зерновые, однолетние и многолетние травы) по элементам агроландшафта, применение современных технологий и системы севооборотов. Повышение плодородия почв обеспечивается за счет оптимального насыщения посевных площадей бобовыми и бобово-злаковыми многолетними травами.

Abstract. Sustainable development of plant growing in the Krasnodar region is based on resource and energy conservation of crop varieties and technologies, which should be regional, landscape and ecologically differentiated to realize their potential, ensure productivity and sustainability. Productivity and sustainability of the entire agrolandscape system include an optimal structure of crop areas, crop rotations, and a sufficient percentage of perennial grasses. The strategy of sustainable development of the crop production means rational agricultural nature management, purposeful optimal spatio-temporal organization of contemporary agrolandscapes. This approach provides optimization of the species composition of crops and the structure of cropping areas, the type of crops (row crops, grains, annual and perennial grasses) by elements of the agrolandscape, the use of modern technologies and crop rotation systems. Increase in soil fertility is ensured by an optimal saturation of cropping lands with leguminous and legume-cereal perennial grasses.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафтно-экологические основы, рациональное природопользование, растениеводство, продуктивность, устойчивость, Краснодарский край.

Keywords: agrolandscape-ecological basis, rational nature management, crop production, productivity, sustainability, the Krasnodar region.

ВВЕДЕНИЕ

Оптимальное использование сельскохозяйственных земель для растениеводства Краснодарского края должны осуществляться с учетом ландшафтно-экологических условий разных территорий и базироваться на результатах изучения и оценки всех природных ресурсов этих территорий. Во Всероссийском институте кормов им. В.Р. Вильямса выполнено агроландшафтно-экологическое районирование и анализ состояния земель Северо-Кавказского природно-экономического района, в состав которого входит Краснодарский край.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Агроландшафтно-экологическое районирование выполнено на основе разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения сельскохозяйственных земель [1–3], которые опираются на концепцию сохранения и воспроизводства используемых в сельскохозяйственном производстве земельных и других природных ресурсов, плодородия почв, продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов [4], Всероссийского НИИ кормов имени В.Р. Вильямса, концепции экологического каркаса агроландшафтов и эколого-хозяйственного баланса МГУ имени М. В. Ломоносова и Института географии РАН [5, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Краснодарский край расположен в Степной зоне Предкавказской провинции, на территории 3-х равнинных округов и 2-х горных провинций (Рисунок 1). Общая площадь края составляет 7548,5 тыс. га. Основная его часть расположена в Кубано-Приазовской низменности. Южная окраина приурочена к горам Кавказа. Ведущей отраслью сельского хозяйства здесь является растениеводство. По производству пшеницы, кукурузы, подсолнечника, риса, сахарной свеклы край занимает 1-е место в Российской Федерации (РФ). Удерживает передовые позиции и животноводство края. Так, по производству мяса край на 3-м, молока – на 4-м, яиц – на 5-м месте в РФ. Ниже приводится краткое описание округов и горных провинций.

Азово-Кубанский округ приморских равнин характеризуется плоским, пологоволнистым, реже волнистым рельефом, с балками, в придолинных частях с оврагами. В почвенном покрове преобладают черноземы южные и обыкновенные мицелярно-карбонатные, в южной части округа – черноземы типичные мицелярно-карбонатные. В структуре земельных угодий более $\frac{3}{4}$ (76,5 %) всей площади округа занимает пашня, 3,7 % – пастбища, 0,4 % – сенокосы (Таблица 1).

Среди возделываемых земель преобладают неорошаемые пашни. Сильно и средне сбитые типчаковые, полынковые, реже ромашниковые, мятликовые пастбища расположены по балкам и прибалочным склонам. Оценка экологического состояния пашни признана кризисной, пастбищ – напряженно-кризисной.

Нижне-Кубанский округ древнеаллювиальных, озерно-аллювиальных и озерных равнин. Рельеф плоский, с многочисленными озерами, участками болот; на западе (вдоль побережья) с обширными лиманами. Почвенный покров довольно пестрый: на западе преобладают лугово-болотные, в т. ч. солончаковатые и солонцеватые, встречаются торфяные болотные солончаковатые почвы. В центральной части (дельта Кубани) – пойменные карбонатные; восточную и юго-восточную части занимают лугово-черноземные выщелоченные почвы. Распаханность в округе составляет 52,3 %: в юго-западной половине округа преобладают орошаемые пашни, в северо-восточной – неорошаемые. Пастбища занимают 6,4 % площади округа и представлены средне и сильно сбитыми пырейными, вейниковыми, осочковыми травостоями, группировками однолетников. Вдоль побережья распространены галофитнозлаковые и солянковые сообщества. Экологическое состояние пахотных земель – кризисное, пастбищ – напряженное.

Майкопский округ характеризуется разнообразием ландшафтов. преобладают наклонные подгорные аллювиальные, пролювиальные, делювиальные ландшафты возвышенных и высоких предгорий. Русло Кубани и ее притоков сопровождают древнеаллювиальные ландшафты. Полуостров Таманский представлен аккумулятивно-морскими, а самая северная часть округа – приморскими ландшафтами. Рельеф преимущественно плоский, иногда пологоволнистый, с балками, с неглубокими террасированными долинами. В южной части округа – предгорья, холмогорья, горы.



Рисунок 1. Агроландшафтно-экологическое районирование Краснодарского края
Условные обозначения: С – Степная зона, С₂ – Предкавказская провинция, С₂–II – Азово-Кубанский округ, С₂–III – Нижне-Кубанский округ, С₂–IV – Майкопский округ, Г – Горные провинции, Г₂ – Северо-Кавказская, Г₄ – Западно-Кавказская, *вдхр* – Краснодарское водохранилище

Таблица 1. Структура земельных угодий по округам и горным провинциям Краснодарского края, %

Название округов и горных провинций	Земельные угодья							
	пашня	сенокосы	пастбища	леса	кустарники	под водой	болота	другие угодья
С ₂ II Азово-Кубанский округ	76,5	0,4	3,7	0,5	3,0	4,9	3,2	7,8
С ₂ III Нижне-Кубанский округ	52,3	0,2	6,4	5,8	0,8	16,9	7,4	10,2
С ₂ IV Майкопский округ	49,4	1,4	12,4	18,2	2,3	4,5	1,2	10,6
Г ₂ Северо-Кавказская провинция	13,7	1,7	8,1	64,8	0,7	1,5	0,2	9,3
Г ₄ Западно-Кавказская провинция	1,2	-	4,1	83,0	0,4	0,6	-	10,7
Итого по Краснодарскому краю	52,8	0,8	7,1	20,5	2,1	5,1	2,4	9,2

Почвенный покров отличается разнообразием: основные площади занимают буровато-темно-серые, буровато-светло-серые лесные и серые лесные, а также лугово-черноземные выщелоченные почвы; в восточной и северо-восточной частях округа – черноземы южные, обыкновенные и типичные; в юго-восточной – черноземы выщелоченные мицелярно-карбонатные. Почти половина площади округа (49,4 %) распахана. Преобладают неорошаемые пашни, фрагментами распространены орошаемые пашни. На Таманском полуострове основные сельскохозяйственные угодья заняты виноградниками. Пастбища занимают 12,4 % площади округа. В их типологическом составе доминируют сильно и средне сбитые типчаковые, мятликовые, полынковые травостои, часто с большим участием сорняков. В поймах Кубани и

Лабы на нераспаханных участках встречаются сенокосные луга (1,4 %) с лисохвостом, пыреем, свинороем, бескильницами, тростником, а также галофитно-злаковые и солянковые пастбища. Экологическое состояние пашни в округе – кризисное, пастбищ и сенокосов – напряженное.

Северо-Кавказская горная провинция лесостепных низкогорий, лесных среднегорий и луговых высокогорий, с увалистым рельефом, с широкими плоскими водоразделами, крутыми и обрывистыми склонами. В почвенном покрове в основном дерново-карбонатные почвы и буроземы кислые оподзоленные; в северной части (предгорья) – буровато-темно-серые лесные почвы. Наибольшие площади в провинции заняты лесами (64,8 %) большей частью дубовыми и грабово-дубовыми. Более менее выположенные места распаханы (13,7 %). Пастбища занимают 8,1 % площади провинции, сенокосы – 1,7 %. Среди ПКУ преобладают разнотравные, разнотравно-дерновиннозлаковые, сорнотравно-типчаковые, сорнотравно-мятликовые лугово-степные травостои. Пастбища сбиты в разной степени. Экологическое состояние пашни – тяжелое, ПКУ – напряженное, лесов – удовлетворительное.

Западно-Кавказская горная провинция субтропических лесных среднегорий и низкогорий. Рельеф представлен грядовыми горами и плоскогрядовыми низкогорьями. К черноморскому побережью приурочены плоские и волнистые, местами слабо террасированные равнины. Почвы представлены буроземами кислыми оподзоленными, на равнинном побережье – подзолисто-желтоземными почвами. Большую часть провинции (83 %) занимают смешанные широколиственные и буковые леса. На равнинных территориях наибольшие площади сельскохозяйственных земель занимают плантации чая, цитрусовых и других плодовых насаждений. Пашнями занято лишь 1,2 % площади округа, пастбищами – 4,1 %. Здесь по плоским понижениям развиты гречковые, свиноройные, в разной степени деградированные травостои. Экологическое состояние пашни оценивается как напряженное, пастбищ – удовлетворительное, лесов – удовлетворительное.

Агроландшафтно-экологический анализ изучаемой территории [7] показывает, насколько богатыми землями обладает Краснодарский край, однако экологическая оценка этих земель свидетельствует о нещадной их эксплуатации. В последние десятилетия в крае происходит замена растениеводческо-животноводческой специализации на преимущественно растениеводческую. Так, с 2010 по 2015 годы поголовье крупного рогатого скота уменьшилось с 649,1 до 538,0 тыс. голов, в том числе коров с 258,8 до 217,9 тыс. голов. В эти же годы посевные площади под пшеницей увеличились с 1316,0 до 1473,7 тыс. га, под кукурузой с 412,5 до 621,5 тыс. га. Самые плодородные почвы – черноземы – работают здесь на износ. Объемы внесения минеральных удобрений ежегодно снижаются, органических, судя по сокращению поголовья скота, тоже. Повышение рентабельности производства зерна привело к реструктуризации посевных площадей в пользу зерновых культур. Так, в 2015 г. доля посевов пшеницы составила 40,1 %, кукурузы на зерно – 16,9 %, подсолнечника (семена) 11,9 %, других зерновых – 5,3 %, прочие культуры от 0,2 до 4,5 %, многолетние травы в севооборотах практически отсутствуют. Основное богатство края – пахотные земли, а их экологическое состояние оценивается как кризисное.

То же самое происходит и с природными кормовыми угодьями. Пастбища расположены только на тех землях, которые по разным причинам невозможно распахать. Занимая всего 7 % от общей площади края (сенокосы – 0,8 %), они испытывают мощный прессинг бессистемного и чрезмерного выпаса, приведшего к постоянному депрессивному состоянию: сбитость, низкая урожайность, засоренность непоедаемыми травами.

Антропогенные нагрузки, наряду с климатическими факторами снижают качество сельскохозяйственных земель (Таблица 2).

Наибольшую угрозу для сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае представляют процессы эрозии и дефляции почв. Наличие эрозионно- и дефляционноопасных, эродированных и дефлированных земель значительно превышает критические значения и этому в большей степени, чем климатические факторы, способствуют чрезмерные антропогенные нагрузки. Увеличение в севооборотах доли зерновых и технических культур приводит к истощению почвы, которое прогрессирует при недостаточном внесении удобрений. Малая доля в севооборотах посевов многолетних трав не дает почве передышки от многократных проходов сельхозтехники, разрушающих структуру верхнего слоя, ведущих к слитизации, делающих почву более уязвимой перед эрозией, как водной, так и ветровой.

Таблица 2. Качество сельскохозяйственных угодий Краснодарского края (в % к общей площади угодий)

Показатели	Сельскохозяйственные угодья		
	пашня	сенокосы	пастбища
Общая площадь, тыс. га	3988,2	62,2	531,0
Эрозионноопасные, всего	37,6	59,8	48,1
из них эродировано	28,9	53,8	39,6
Дефляционноопасные, всего	73,4	27,7	20,7
из них дефлировано	48,2	13,9	9,5
Подверженные совместной эрозии	12,0	19,6	16,4
Переувлажненные	10,8	35,6	34,7
Заболоченные	2,4	4,9	16,8
Засоленные	3,2	3,3	17,1
Солонцеватые и солонцовые комплексы	0,7	5,2	12,9
Каменистые	0,4	6,3	9,0

Отмечается рост переувлажненных и заболоченных земель. Это связано с созданием Краснодарского водохранилища и рисовых систем, которые спровоцировали подтопление и переувлажнение прилегающих территорий. Имеют место процессы засоления и солонцеватости. Особенно им подвержены пастбища. Каменистость, как негативный фактор, развит в предгорьях и горных провинциях, главным образом на пастбищах и сенокосах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработано агроландшафтно-экологическое районирование и выполнен анализ состояния земель Северо-Кавказского природно-экономического района, в состав которого входит Краснодарский край.
2. Наибольшую угрозу для сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае представляют процессы эрозии и дефляции почв. Наличие эрозионно- и дефляционноопасных, эродированных и дефлированных земель значительно превышает критические значения и этому в большей степени, чем климатические факторы, способствуют чрезмерные антропогенные нагрузки. Увеличение в севооборотах доли зерновых и технических культур, снижение доли посевов многолетних трав приводит к деградации и снижению плодородия почвы.
3. Основой устойчивого развития растениеводства изучаемой территории является рациональное сельскохозяйственное природопользование, целенаправленная оптимальная пространственно-временная организация современных агроландшафтов, оптимизация видового состава сельскохозяйственных культур и структуры посевных площадей, размещения сельскохозяйственных культур (пропашные, зерновые, однолетние и многолетние травы) по элементам агроландшафта, применение современных технологий и системы севооборотов. Повышение плодородия почв обеспечивается за счет оптимального насыщения посевных площадей бобовыми и бобово-злаковыми многолетними травами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трофимов И. А. Методологические основы аэрокосмического картографирования и мониторинга природных кормовых угодий. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 74 с.
- [2] Агроландшафты Поволжья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. Москва–Киров: "Дом печати ВЯТКА", 2010. 335 с.
- [3] Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. – М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 198 с.
- [4] Концепция сохранения и повышения плодородия почвы на основе биологизации полевого кормопроизводства по природно-экономическим районам России. М., 1999. 107 с.
- [5] Николаев В. А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1992. С. 4–57.

[6]Кочуров Б. И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М.: ИГ РАН, 1997. 132 с.

[7]Трофимова Л. С., Трофимов И. А., Яковлева Е. П. Агроландшафтно-экологическое районирование кормовых угодий Северного Кавказа // Степной бюллетень. 2013. – № 37. – С. 21–24.

Глава IV/9: АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Chapter IV/9: Agrolandscape-Ecological Zoning of Natural Grasslands in the European Part of Russia

Людмила С. Трофимова*; Елена П. Яковлева

DOI 10.25680/8056.2018.91.82.274

*Эл. Почта: ynikormov@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса», ул. Научный городок, 1, 141055, г. Лобня, Московская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Разработано агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий, созданы карты районирования (масштаб 1 : 2 500 000), выполнен анализ состояния земель 8 природно-экономических районов Европейской части территории России: Волго-Вятского, Поволжского, Северо-Западного, Северо-Кавказского, Северного, Центрально-Черноземного, Центрального, Уральского. В результате проведенного районирования на территории Европейской части РФ выделено на равнинной территории 9 зон, 32 провинции, 148 округов, в горных территориях – 9 горных провинций. Общая площадь изучаемой территории составляет 431979,1 тыс. га. На долю сельскохозяйственных угодий приходится 35%, в том числе природные кормовые угодья – более 12%, леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, занимают 43%, под водой 4%, под дорогами и застройками находится более 2%, болота занимают 7%, нарушенные и прочие земли – 8%. Около 62% площади сельскохозяйственных угодий приходится на пашню, 36% – на сенокосы и пастбища. Земельные угодья значительно нарушены водной и ветровой эрозией, переувлажнены и заболочены, с кислыми, каменистыми почвами и др.

Abstract. The agro-landscape ecological zoning of natural fodder lands has been developed (maps scale 1: 2 500 000), analysis of the state lands 8 regions of the European part of Russia: Volga-Vyatka, Volga, North-Western, North-Caucasian, Northern , Central Black Earth, Central, Urals. As a result of the zoning in the territory of the European part of the Russian Federation, 9 zones, 32 provinces, 148 districts are allocated on a flat territory, in mountainous areas - 9 mountain provinces. The total area of the study area is 431979.1 thousand hectares. Agricultural land accounts for 35%, including more than 12% of natural forage land, forests and forest plantations that are not part of the forest fund, occupy 43%, under water 4%, under roads and buildings there are more than 2%, swamps occupy 7%, disturbed and other lands - 8%. About 62% of the agricultural land area falls on arable land, 36% - on hayfields and pastures. Land is significantly damaged by water and wind erosion, waterlogged and swamped, with acidic, stony soils, etc.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафтно-экологическое районирование, природные кормовые угодья, Европейская часть России.

Keywords: agrolandscape-ecological zoning, natural fodder lands, European part of Russia.

ВВЕДЕНИЕ

Современная стратегия развития сельского хозяйства предполагает разработку и освоение дифференцированных систем земледелия и растениеводства, максимально адаптированных к конкретным агроклиматическим, ландшафтным, экологическим, почвенным, растительным, социальным и экономическим условиям агроэкосистем территорий разных уровней (от

экономических районов и субъектов Российской Федерации (РФ) до административных районов и хозяйств). Районирование является одним из основных путей биологизации и экологизации сельского хозяйства, поскольку оно отражает пространственное размещение биологических закономерностей агрогеоэкосистем, позволяет дифференцированно использовать агроэкологические свойства земель, природных и хозяйственных особенностей агроландшафтов, адресно применять системы ведения сельского хозяйства, приемы и технологии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Агроландшафтно-экологическое районирование выполнено на основе разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения сельскохозяйственных земель [1–3], которые опираются на концепцию сохранения и воспроизводства используемых в сельскохозяйственном производстве земельных и других природных ресурсов, плодородия почв, продуктивного долголетия агроэкосистем и агроландшафтов [4], Всероссийского НИИ кормов имени В.Р. Вильямса, концепции экологического каркаса агроландшафтов и эколого-хозяйственного баланса МГУ имени М. В. Ломоносова и Института географии РАН [5, 6].

В основу агроландшафтно-экологического районирования природных кормовых угодий (ПКУ) положены природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда страны [7], агроклиматическое, ландшафтно-экологическое и почвенно-экологическое районирования [8–11]. Характеристика содержания единиц районирования выполнена также с использованием современных геоботанических и эколого-географических карт, районирований природных кормовых угодий страны и фондовых данных ВНИИ кормов, данных Федеральной службы земельного кадастра России [12, 13], литературных источников.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2001–2014 гг. в лаборатории геоботаники ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование ПКУ 8 природно-экономических районов (ПЭР) Европейской части территории России: Волго-Вятского, Поволжского, Северо-Западного, Северо-Кавказского, Северного, Центрально-Черноземного, Центрального, Уральского. Для каждого природно-экономического района создана карта районирования ПКУ (масштаб 1 : 2 500 000) с подробной легендой, в которой дана характеристика всех выделенных единиц районирования.

Общая площадь восьми природно-экономических районов составляет 431979,1 тыс. га. На долю сельскохозяйственных угодий приходится 35%, в том числе ПКУ – более 12%, леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, занимают 43%, под водой 4%, под дорогами и застройками находится более 2%, болота занимают 7%, нарушенные и прочие земли – 8%, по данным на 01.01.2014 г. [13]. Около 62% площади сельскохозяйственных угодий приходится на пашню, 36% – на сенокосы и пастбища, причем площадь пастбищ почти в 4 раза превышает площадь сенокосов (Таблица 1).

Таблица 1. Наличие сельскохозяйственных угодий в границах природно-экономических районов Европейской части РФ, тыс. га

Природно-экономический район	Общая площадь	Сельскохозяйственные угодья			
		всего	в том числе		
			пашня	сенокосы	пастбища
Волго-Вятский	26484,4	9898,9	6878,3	760,5	1739,1
Поволжский	53981,7	40578,0	23325,1	1134,2	15500,1
Северо-Западный	21033,6	3975,2	2100,4	802,3	794,9
Северо-Кавказский	35468,3	25679,3	15761,4	715,5	8824,2
Северный	147663,6	2860,2	1330,9	995,9	450,0
Центрально-Черноземный	16785,6	13334,3	10314,6	565,2	2209,8
Центральный	48234,9	19977,7	13548,2	2013,4	3680,2
Уральский	82327,0	34978,8	20058,9	4245,0	9769,7
Итого	431979,1	151282,4	93317,8	11232,0	42968,0

Наибольшими площадями ПКУ располагают Поволжский (16,6 млн га) и Уральский (14,0 млн га) ПЭР. Наименьшие площади ПКУ находятся в Северном (1,4 млн га) и Северо-Западном (1,6 млн га) районах. Если в Северном ПЭР преобладают сенокосы, площадь которых в 2,2 раза превышает площадь пастбищ, в Северо-Западном – сенокосы и пастбища представлены в равной степени, то в других природно-экономических районах преобладают пастбища, площадь которых в 1,8–13,7 раза больше площади сенокосов.

При движении с севера на юг, юго-восток Европейской части РФ можно проследить тренд увеличения доли ПКУ в структуре земель природно-экономических районов. Если в Северном ПЭР сенокосы и пастбища занимают 1% от общей площади, то в Северо-Кавказском и Поволжском на их долю приходится 27 и 31% соответственно (Рисунок 1). В то же время доля ПКУ в структуре сельскохозяйственных угодий выглядит иначе: наибольшая в Северном районе – 50%, тогда как в Центральном снижается до 29%, в Волго-Вятском – до 25, в Центрально-Черноземном – до 21% от площади сельскохозяйственных угодий.

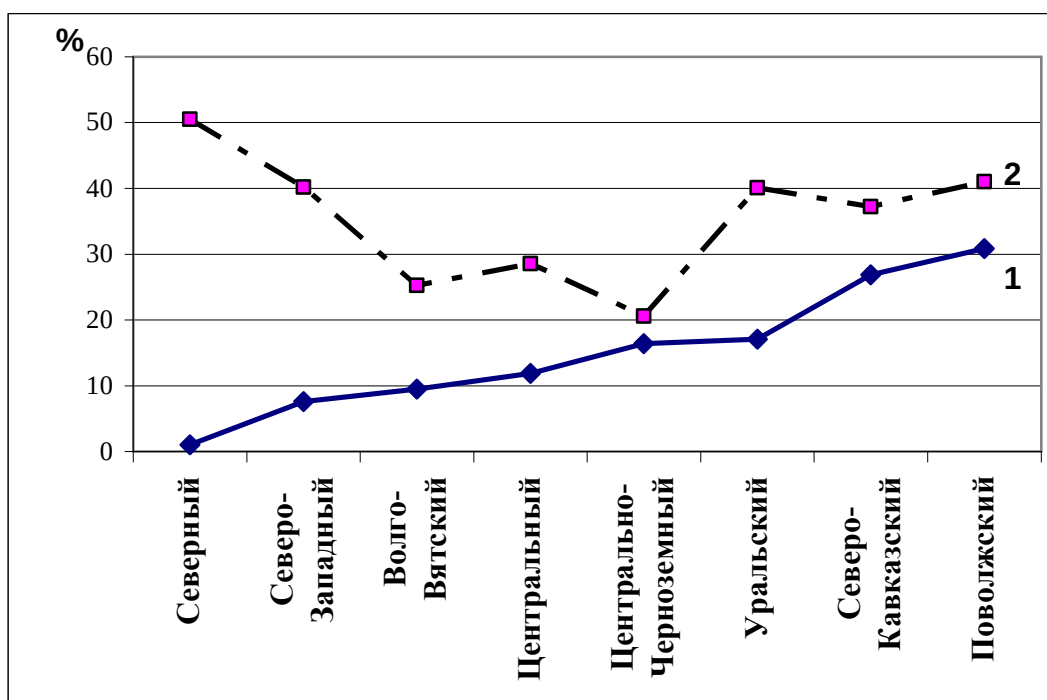


Рисунок 1. Доля природных кормовых угодий: 1 – от общей площади природно-экономических районов; 2 – от площади сельскохозяйственных угодий

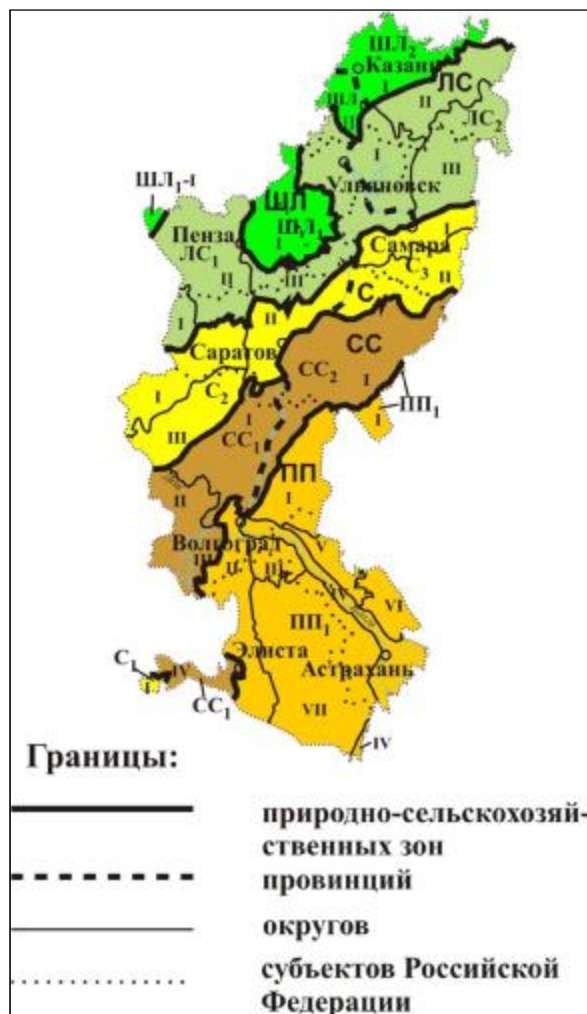
В результате проведенного районирования на территории Европейской части РФ выделено на равнинной территории 9 зон, 32 провинции, 148 округов, в горных территориях – 9 горных провинций. Наибольшее количество зон выделено в Поволжском (5) и Уральском (6) ПЭР, вытянутых в меридиональном направлении более чем на 1000 км. В качестве примера представлена схема районирования ПКУ Поволжского ПЭР (Рисунок 2).

Значительное развитие негативных процессов на сельскохозяйственных угодьях ухудшает их качество в результате нарушенности земель водной и ветровой эрозией, переувлажненности и заболоченности угодий, наличия угодий с кислыми и каменистыми почвами, неудовлетворительного культуртехнического состояния природных пастбищ и сенокосов.

Негативные процессы на сенокосах Европейской части РФ – это, в первую очередь, повышенная кислотность почв (27% площади сенокосов), переувлажнение (22%), заболоченность (21%), а также эрозионная (21%) и дефляционная (10%) опасность, около 15% сенокосов расположены на засоленных почвах и солонцовых комплексах, более 12% заросли кустарником и лесом.

На пастбищах Европейской части РФ, оттесненных на наиболее неудобные, часто склоновые земли, нередко с песчаными почвами, основные негативные процессы связаны с эрозионной (36% площади пастбищ) и дефляционной (40%) опасностью, а также со значительным распространением засоленных почв и солонцовых комплексов (44%). Более 25% площади

пастбищ уже эродированы и около 12% дефлированы. Уменьшение влияния негативных процессов на сенокосах и пастбищах Европейской части РФ может быть обеспечено проведением мелиоративных мероприятий по уменьшению переувлажнения, заболоченности, снижения кислотности почв. На засоленных почвах целесообразно проведение фитомелиорации, химической мелиорации, комплекса агротехнических мероприятий. Рациональное использование сенокосов и пастбищ позволит снизить риск развития эрозии, дефляции, зарастания ПКУ кустарником и лесом.



Условные обозначения:

ШЛ – Широколиственно-лесная зона:

ШЛ₁ – Среднерусская провинция

ШЛ₂ – Прикамская провинция

ЛС – Лесостепная зона:

ЛС₁ – Среднерусская провинция

ЛС₂ – Заволжская провинция

С – Степная зона:

С₁ – Предкавказская провинция

С₂ – Южнорусская провинция

С₃ – Заволжская провинция

СС – Сухостепная зона:

СС₁ – Донская провинция

СС₂ – Заволжская провинция

ПП – Полупустынная зона:

ПП₁ – Прикаспийская провинция

I – VII – Номера округов

Рисунок 2. Схема агроландшафтно-экологического районирования природных кормовых угодий Поволжского природно-экономического района

Результаты агроландшафтно-экологического районирования природных кормовых угодий опубликованы в монографиях, рекомендациях и статьях [14–20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В лаборатории геоботаники ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий, созданы карты районирования (масштаб 1 : 2 500 000) и выполнен анализ состояния земель 8 природно-экономических районов Европейской части территории России: Волго-Вятского, Поволжского, Северо-Западного, Северо-Кавказского, Северного, Центрально-Черноземного, Центрального, Уральского.
2. В результате проведенного районирования на территории Европейской части РФ выделено на равнинной территории 9 зон, 32 провинции, 148 округов, в горных территориях – 9 горных провинций. Общая площадь изучаемой территории составляет 431979,1 тыс. га. На долю сельскохозяйственных угодий приходится 35%, в том числе природные кормовые угодья – более 12%, леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, занимают 43%, под водой 4%, под дорогами и застройками находится более 2%, болота занимают 7%, нарушенные и

прочие земли – 8%. Около 62% площади сельскохозяйственных угодий приходится на пашню, 36% – на сенокосы и пастбища.

3. Значительное развитие негативных процессов на сельскохозяйственных угодьях ухудшает их качество в результате нарушенности земель водной и ветровой эрозией, переувлажненности и заболоченности угодий, наличия угодий с кислыми и каменистыми почвами, неудовлетворительного культуртехнического состояния природных пастбищ и сенокосов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трофимов И. А. Методологические основы аэрокосмического картографирования и мониторинга природных кормовых угодий. М.: Россельхозакадемия, 2001. 74 с.
- [2] Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. М.: Издательский Дом «Наука», 2015. 198 с.
- [3] Агроландшафты Поволжья. Районирование и управление / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. Москва–Киров: "Дом печати ВЯТКА", 2010. 335 с.
- [4] Концепция сохранения и повышения плодородия почвы на основе биологизации полевого кормопроизводства по природно-экономическим районам России. М., 1999. 107 с.
- [5] Николаев В. А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1992. С. 4–57.
- [6] Кочуров Б. И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М.: ИГ РАН, 1997. 132 с.
- [7] Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А.Н. Каштанова. М.: Колос, 1983. 336 с.
- [8] Ландшафтно-экологическое районирование территории (Основы методики и схема районирования). М.: Россельхозакадемия, 1993. 42 с.
- [9] Почвенно-экологическое районирование, м 1 : 15 000 000 // Почвенная карта РСФСР, м 1 : 2 500 000 / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, ВАСХНИЛ. М.: ГУГК, 1988. 1 л.
- [10] Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины, М 1 : 2 500 000. М.: МГУ, ф-т почвоведения, 1997. 4 л.
- [11] Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ, 2011. 632 с.
- [12] Земельный фонд Российской Федерации на 1 января 2001 года / Росземкадастр, ФКЦ "Земля". М.: АО "Экос", 2001. 230 с.
- [13] Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2013 году. М.: Росреестр, 2014. 196 с.
- [14] Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Оптимизация степных сельскохозяйственных ландшафтов и агроэкосистем // Поволжский экологический журнал. 2002. № 1. С. 46–52.
- [15] Рекомендации по созданию продуктивных и устойчивых агроландшафтов / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов, А. А. Кутузова, А. А. Зотов, Г. Д. Харьков, Т. В. Прологова, Д. М. Тебердиев, Л. С. Трофимова, Т. М. Лебедева, Е. П. Яковлева, Г. В. Благовещенский, В. Д. Штырхунов. М.: Россельхозакадемия, 2003. 44 с.
- [16] Программа и методика проведения научных исследований по луговодству / А.А. Кутузова, К.Н. Привалова, А.А. Зотов, Д.М. Тебердиев, И.А. Трофимов, Е.Е. Проворная, А.В. Родионова, В.А. Кулаков, Н.В. Жезмер, Л.С. Трофимова, Е.Г. Седова, Р.Р. Каримов, Д.Н. Лебедев, Е.П. Яковлева (по Межведомственной координационной программе НИР Россельхозакадемии на 2011-2015 гг.) / Москва, 2011. 192 с.
- [17] Проблема опустынивания земель в России / Трофимов И.А., Шамсутдинов З.Ш., Трофимова Л.С., Шамсутдинова Э.З., Яковлева Е.П., Орловский Н.С. // Земледелие. 2010. № 7. С. 7-9.
- [18] Трофимова Л.С., Кулаков В.А. Современное экспериментальное обоснование развития дернового процесса на лугах // Кормопроизводство. 2003. № 11. С. 11-14.
- [19] Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Лебедева Т.М. Управление агроландшафтами // Кормопроизводство. 2008. № 9. С. 4-5.
- [20] Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Агроландшафтно-экологическое районирование кормовых угодий Волго-Вятского природно-экономического района России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013. № 2 (33). С. 39-42.

Глава IV/10: МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТИПИЗАЦИИ ПАШНИ И ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ ЗЕРНОВОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ В АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Chapter IV/10: Methodology of Assessing Croplands and Cereal-Dominated Rotations in Agrolandscapes of the Lower Volga Region

Валентина А. Федорова*, Тамара В. Мухортова

DOI 10.25680/1281.2018.97.46.275

*Эл. Почта: Pniiiaz@mail.ru

ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», кв. Северный 8, 416251 с. Солёное Займище, Астраханская область, Черноярский район, Россия

РЕЗЮМЕ. На основе геоинформационного анализа представлена комплексная оценка природно-ресурсной территории Астраханской и Волгоградской областей, проведена внутрихозяйственная оценка пашни, на основе которой составлен план введения и освоения полевых севооборотов. По интенсивности хозяйственного использования и формирования агроландшафтных систем земледелия разработаны методики оценки биологизации севооборотов зерновой специализации с учётом ресурсосберегающих обработок почвы. Агроэкологическая оценка типизации пахотных почв и использование критериев трансформации малопродуктивных земель позволяют более эффективно поднять кормоемкость земель Нижнего Поволжья на 20-25 %. Насыщение севооборотов ресурсовосстанавливающими культурами (горох, эспарцет, донник) обеспечивает минимальный расход энергии на производство одной кормовой единицы (4,2-4,5 МДж) и положительный баланс органического вещества в пахотном слое почвы. Озимая пшеница по чистому пару и яровой ячмень являются наиболее адаптированными культурами к сухостепным светло-каштановым агроландшафтам Нижнего Поволжья.

Abstract. On the basis of a geoinformation analysis, a comprehensive assessment of the natural resources of the Astrakhan and Volgograd regions is presented, an on-farm assessment of the arable land is carried out, on the basis of which a plan for the introduction and development of field crop rotations was compiled. By the intensity of economic use and the formation of agro-landscape plowing systems, methods for assessing the biologization of crop rotation of grain specialization, taking into account resource-saving soil treatments, have been developed. The agroecological assessment of the typification of arable soils and the use of the criteria for the transformation of low-yielding lands make it possible to increase the livelihoods of the Lower Volga region by 20-25% more efficiently. Saturation of crop rotations with resource-restoring cultures (peas, sainfoin, sweet clover) ensures minimum energy consumption for production of one feed unit (4.2-4.5 MJ) and a positive balance of organic matter in the plow layer of the soil. Winter wheat for pure steam and spring barley are the most adapted crops for dry-steppe light chestnut agrolandscapes of the Lower Volga region.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственные земли, эколого-экономическая оценка, экологические показатели, агроландшафты, агроэкологическая оценка, типизация земель, биологизация севооборотов.

Keywords: agroecological assessment, classification of land, the biologization of crop rotation. agricultural land, ecological and economic assessment, environmental indicators, agricultural landscapes

ВВЕДЕНИЕ

Укрепление и совершенствование систем оценки земельных ресурсов с учетом эколого-экономических условий хозяйствования – задача комплексного подхода к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов. Цель комплексного подхода - достижение устойчивого землепользования, призванного распределять земельный фонд по видам использования, которые позволяют получать наиболее устойчивые выгоды с учетом экономических, экологических и социальных аспектов [1].



Рисунок 1 – Автор В. А. Федорова в соответствии с методикой проводит определение глубистости отвальной вспашки

В России исследования в области эколого-экономической оценки сельскохозяйственных земель получили развитие с 1990-х гг. и являются относительно новым направлением. Ситуация усложняется отсутствием или ограниченностью данных экологического мониторинга земельных ресурсов. Поэтому разработка и реализация систем эколого-экономических оценок не достигли уровня зарубежных стран с развитой экономикой. В аграрном секторе экономики земельные ресурсы выступают главным средством производства, и их устойчивое использование является естественной необходимостью. Поэтому в нашей стране и за рубежом в последнее время выделение экологических факторов землепользования в самостоятельные показатели экономической оценки сельскохозяйственных земель является активно развивающейся областью исследований и актуализируется в связи с возрастающей ролью земельных ресурсов в мировой экономике при решении задач достижения продовольственной безопасности стран и отдельных регионов мира [2]. Для решения этой проблемы необходимо применять новые методы, новые подходы в исследованиях агроландшафтных систем – ландшафтно-экологический метод.

ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

В Нижнем Поволжье практически не сохранились естественные саморегулирующиеся ландшафты с исходным биологическим разнообразием, высокой продуктивностью травянистых фитоценозов, отсутствием разрушительного поверхностного стока и стабильным почвенным плодородием. Солонцовые почвы и солонцы занимают до 36% пашни. Это обстоятельство отрицательно влияет на уровень урожая сельскохозяйственных культур, особенно в засушливые годы [3].



Рисунок 2 – Небиологизированный зерновой севооборот:
1 поле – чистый пар;
2 поле – озимая рожь;
3 поле – яровая пшеница;
4 поле – яровой ячмень.

В регионе имеется: - 6819,6 тыс. га деградированных и малопродуктивных сельхозугодий, в том числе деградированных вследствие эрозии - 2249,0, дефляции - 88,8, совместного проявления эрозии и дефляции - 4,7; малопродуктивных засоленных - 1459,3; с солонцовыми комплексами - 2517,6; переувлажненных - 222,6; заболоченных - 12,4; каменистых - 265,2 тыс. га [9]. Преобладающим деградационным процессом является эрозия почв (таблица 1).

БИОЛОГИЗИРОВАННЫЕ СЕВООБОРОТЫ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

В адаптивно-ландшафтных системах земледелия введение различных видов севооборотов основано на реализации принципа дифференцированного использования пашни [4]. В результате проведенных исследований на светло-каштановой почве получены следующие результаты: установлена эффективность насыщения севооборотов чистыми парами; определено влияние использования в качестве восстановителей плодородия почвы (нута, гороха, донника, многолетних трав) на агрофизические свойства почвы, противозерозионную устойчивость почвенного покрова,

Таблица 1 - Наличие эродированных земель в зоне Нижнего Поволжья

Административные территории	Эродированные земли с.-х. угодий		Пашня, подверженная эрозии и дефляции			
	тыс. га	%	водной		ветровой	
			тыс. га	%	тыс. га	%
Волгоградская обл.	5000	57,1	1372	23,0	2042	35,0
Астраханская обл.	1600	51,9	-	-	70	20,5
Республика Калмыкия	2700	44,2	182	18,9	564	58,5
Нижнее Поволжье	9300	50,5	1554	21,8	2676	37,6

Таблица 2 - Влияние степени биологизации на продуктивность и биоэнергетическую эффективность севооборотов на светло-каштановой почве (среднее за 2001-2014 гг.)

Чередование культур	% чистого пара	Выход с 1 га севооборотной площади, ц			Энергия фитомассы с 1 га, ГДж	Затраты энергии, ГДж/га	Коэфф. биоэнергетической эффективности	Удельные затраты энергии на 1 кг, МДж		Произ-во зерна на 1 мм осадков, кг
		зерна	к.ед.	зерно-единиц				зерна	к.ед.	
Бессменные посевы и небиологизированные зерновые севообороты										
Бессменные посевы ячменя (контроль)	0,0	11,9	17,7	13,1	29,7	7,1	4,2	5,9	4,0	3,6
1)Чистый пар; 2)озимая рожь; 3)посо; 4) ячмень	25,0	13,3	18,5	14,6	44,8	8,4	5,3	6,3	4,5	5,5
1) Чистый пар; 2)озимая рожь; 3)яровая пшеница; 4) ячмень	25,0	12,3	17,6	13,6	41,4	8,3	5,0	6,7	4,7	4,9
1)Чистый пар; 2)озимая рожь; 3)ячмень	33,3	13,8	9,3	15,1	46,0	8,4	5,5	6,0	4,3	6,2
1)Чистый пар; 2)озимая рожь; 3)кукуруза на зерно	33,3	15,8	21,2	17,4	51,6	7,0	7,4	4,4	3,3	6,2
1)Чистый пар; 2)озимая рожь	50,0	11,1	15,0	12,2	48,0	6,4	7,5	5,7	4,2	6,8
Биологизированные зерновые севообороты										
1)Чистый пар; 2)озимая рожь; 3) просо; 4) ячмень (40 т навоза под чистый пар) – контроль	25,0	15,8	22,2	17,3	54,1	9,7	5,6	6,1	4,4	6,5
1)Чистый пар; 2)озимая рожь; 3) горох; 4)яровая пшеница; 5)кукуруза на зерно; 6)ячмень + эспарцет; 7)эспарцет 1 г.п.; 8)эспарцет 2 г.п.	12,5	11,0	17,2	16,8	43,6	7,3	6,0	6,9	4,2	5,2
1)Чистый пар; 2)озимая рожь; 3)горох; 4)кукуруза на зерно; 5)ячмень+донник; 6)донник на сидерат	16,6	12,4	17,9	17,9	46,6	7,9	5,9	6,4	4,4	5,7
1)Чистый пар; 2)озимая рожь; 3)посо; 4)донник; 5)донник на сидерат	20,0	11,1	16,4	17,8	46,6	7,4	6,3	6,7	4,5	5,7

обеспеченность элементами минерального питания растений, интенсивность выделения CO₂, гумусированность пахотного слоя; выявлена реакция зерновых культур в зависимости от продолжительности ротации и уровня биологизации севооборотов; установлена урожайность современных сортов зерновых культур, продуктивность севооборотов и их биоэнергетическая эффективность (таблица 2).

Таблица 3 - Урожайность зерновых культур при бессменном возделывании в системе различных видов полевых севооборотов, за 2001-2014 гг.

Чередование культур	Урожайность, т/га		
	Способы обработки почвы		
	Отвальная (к)	Безотвальная	Мелкая
Бессменные посевы			
Озимая пшеница	1,6	1,5	1,4
Яровая пшеница	0,9	0,8	0,8
Ячмень	1,6	1,6	1,6
Среднее по зерновым	1,4	1,3	1,3
Севообороты			
1)Черный пар;	-	-	-
2)Озимая пшеница;	2,7	2,6	2,7
3)Яровая пшеница;	0,9	0,7	0,7
4)Ячмень	1,9	1,8	2,0
Среднее по севооборотам	1,8	1,7	1,8
1)Черный пар;	-	-	-
2)Озимая пшеница;	2,6	2,7	2,7
3)Кукуруза н/з	1,6	1,4	1,6
4)Сорго зерновое	1,5	1,5	1,5
Среднее по севооборотам	1,9	1,9	1,9
1)Черный пар;	-	-	-
2)Озимая пшеница;	2,5	2,6	2,6
3)Нут;	0,8	0,7	0,7
4)Ячмень (яр.пшеница)	1,8	1,7	1,7
Среднее по севооборотам	1,7	1,7	1,7
1)Черный пар;	-	-	-
2)Озимая пшеница;	2,6	2,7	2,7
3)Сорго зерновое	1,8	1,6	1,7
Среднее по севооборотам	2,2	2,2	2,2
1)Черный пар;	-	-	-
2)Озимая пшеница;	2,6	2,6	2,6
Среднее по севооборотам	2,6	2,6	2,6

Наибольшую продуктивность пашни обеспечивает трехпольный небиологизированный севооборот с 33% чистого пара и четырехпольный севооборот с внесением 40 т/га перепревшего навоза и 25% чистый пар – 1,58 т/га. Насыщение севооборотов ресурсовосстанавливающими культурами (горох, эспарцет, донник) снижает продуктивность севооборотов, но обеспечивает минимальный расход энергии на производство одной кормовой единицы (4,2-4,5 МДж) и практически обеспечивает положительный баланс органического вещества в пахотном слое почвы.

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ

При бессменном возделывании наиболее высокую урожайность обеспечивает озимая пшеница по черному пару 2,6-2,7 т/га (таблица 3). Урожайность озимой пшеницы ниже на 1,0 т/га и составляет 1,4-1,6 т/га. Яровой ячмень несколько ниже по продуктивности в системе севооборота, чем озимая пшеница – 1,9 т/га, при НСР₀₅ 0,1 т/га. При бессменном возделывании этой культуры урожайность ниже на 0,3 т/га. По урожайности яровая пшеница после паровой озими уступает озимой пшенице в 3 раза и ячменю в 2 раза. Причем эта культура имеет практически одинаковую урожайность, как при бессменном возделывании, так и в системе зернопарового четырехпольного севооборота. Зерновое сорго и кукуруза

формируют урожайность на уровне ячменя, а зернобобовая культура нут формирует урожайность на уровне яровой пшеницы [5].



Рисунок 3 – Поле после уборки озимой ржи по чистому пару перед основной обработкой под просо посевное.

Биологизированный зерновой севооборот:

- 1 поле – чистый пар
- 2 поле – рожь озимая
- 3 поле – ячмень яровой
- 4 поле – просо посевное.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведение агроэкологической типизации земель позволяет адаптировать системы земледелия для конкретных почвенно-ландшафтных условий, дифференцированной обработки почвы и гибкой системы севооборотов, что обеспечит переход на более высокий уровень агротехнологий, сохранения плодородия почв и устойчивости агроландшафтов, и в целом экологической стабильности территории. Результаты агроэкологической оценки и типизации земель могут стать основой для проектирования внутрихозяйственного землеустройства.
2. Биологизированный парозернотравяной севооборот строится по следующей схеме: 1) чистый пар; 2) яровая пшеница + многолетние травы; 3) многолетние травы; 4) многолетние травы.
3. Для агроландшафтов Нижнего Поволжья наибольшую продуктивность пашни обеспечивает трехпольный небиологизированный севооборот с 33% чистого пара и четырехпольный севооборот с 25% чистого пара. Озимая пшеница по чистому пару и яровой ячмень являются наиболее адаптированными культурами к сухостепным светло-каштановым почвам.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Комплексный подход к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов. Глава 10. [Электронный ресурс] // Повестка дня на XXI век / Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21_ch10.shtml. - Загл. с экрана.
- [2] Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швебс Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. – М.: Колос, 1994.
- [3] Кирюшин, В.И. Классификация почв и агроэкологическая типология земель / В.И. Кирюшин – Санкт-Петербург, «Лань», 2011. – 288 с.
- [4] Зволинский, В.П. Почвы солонцовых комплексов Северного Прикаспия: Почвенно-мелиоративные условия развития земледелия в Нижнем Поволжье: Монография / В.П. Зволинский, В.Г. Ларешин.- М.: Изд-во РУДН, 1996. – 429 с.
- [5] Концепция развития систем «сухого» земледелия Волгоградской области на ландшафтно-экологической основе.- Волгоград: Комитет по печати, 1995.- С.5-22.

**Глава IV/11: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**
Chapter IV/11: Ecological and Economic Aspects of the Sustainability of Agricultural Land Use
Ольга А. Ткачева*, Елена Г. Мещанинова

DOI 10.25680/5177.2018.36.45.276

* Эл. Почта: allesgut75@mail.ru

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», ул. Пушкинская, 111, 346428 г. Новочеркасск, Россия.

РЕЗЮМЕ. Устойчивость сельскохозяйственного землепользования определяется совокупностью экономических и экологических показателей территории (агроландшафта). В данной работе предлагается методика оценки устойчивости сельскохозяйственного землепользования, состоящая из трех этапов. На первом этапе рассчитываются 8 показателей состояния агроландшафта: 5 экологических коэффициентов и 3 экономических показателя. На втором этапе осуществляется перевод рассчитанных показателей из абсолютных в относительные через оценочную шкалу и рассчитывается совокупный балл. Оценочная шкала является наиболее универсальным инструментом для работы с разнонаправленными величинами. Приведенная в статье оценочная шкала разработана авторами для условий Ростовской области, т.е. учитывает региональные особенности. На третьем этапе определяется тип эколого-экономического состояния сельскохозяйственного землепользования. Предлагаемая методика может быть использована на различных уровнях управления земельными ресурсами при формировании мероприятий, обеспечивающих устойчивое развитие территории.

Abstract. Sustainability of agricultural land use is determined by a combination of economic and environmental indicators (agro-landscape). This article proposes a methodology for assessing the sustainability of agricultural land use. The methodology consists of three phases. In the first stage, eight agro-landscape indicators are calculated: five environmental factors and three economic indicators. In the second phase the conversion of the calculated indicators from absolute to relative is done by evaluative scale and the cumulative number is calculated. The evaluative scale is the most versatile tool for working with contrasting values. In the article the evaluative scale was developed by the authors for the conditions of the Rostov region, i.e. it takes into account the regional characteristics. In the third phase the type of ecological-economic condition of agricultural land use is determined. The proposed method can be used at different levels of land resources management in forming agronomical practice to provide sustainable development of the territory.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафт, устойчивость, сельскохозяйственное землепользование, эколого-экономическая оценка, оценочная шкала, типология землепользования

Keywords: agrolandscape, sustainability, agricultural land use, ecological-economic assessment, evaluation scale, the typology of land use

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений реализации концепции устойчивого развития выступает оценка состояния ландшафтов. В процессе человеческой деятельности часть естественных ландшафтов была преобразована в антропогенные ландшафты, прежде всего, в агроландшафты. Агроландшафт составляет основу сельскохозяйственного землепользования, как территориальная единица для решения вопросов создания систем земледелия на экологической основе. Таким образом, агроландшафт может выступать как механизм формирования устойчивого сельскохозяйственного землепользования. В данной работе мы приводим оценку эколого-экономического состояния агроландшафта и типологию устойчивости сельскохозяйственного землепользования.

ИННОВАЦИЯ ПРЕДЛАГАЕМОЙ МЕТОДИКИ

Отличие разработанной методики эколого-экономической оценки агроландшафтов от существующих состоит в комплексном применении выбранных показателей, путем использования единой системы сопоставимости результатов (оценочной шкалы). Все отобранные коэффициенты, переводятся в неименованную шкалу по причине разной размерности и разнонаправленного действия на эколого-экономическое состояние землепользований и представлены в форме

индексов с переменной базой сравнения. Коэффициенты, как следует из их содержания, обладают допустимыми значениями, т.е. приемлемыми по уровню состояния и безопасности сельскохозяйственного производства [1, 2].

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТА

При оценке эколого-экономического состояния агроландшафта необходимо рассчитать следующие коэффициенты: коэффициент экологической устойчивости территории ($K_э$); коэффициент антропогенной нагрузки территории ($K_{АН}$); коэффициент антропогенной напряжённости ($K_н$); степень устойчивости ландшафта (K_y); коэффициент экологической напряжённости территории ($K_{ЭН}$) (таблица 1) [3].

Таблица 1 – Коэффициенты экологического состояния агроландшафта

Коэффициент	Формула расчёта	Составные части формулы
Коэффициент экологической устойчивости территории ($K_э$)	$K_э = \frac{P_{ст}}{P_{об}}$	$P_{ст}$ – площадь экологически стабилизирующих угодий, га; $P_{об}$ – общая площадь, га
Коэффициент антропогенной нагрузки территории ($K_{АН}$)	$K_{АН} = \frac{\sum K_{yi} \times P_{yi}}{P_{yi}}$	K_{yi} – коэффициент антропогенной нагрузки угодий, имеющий следующие значения : - инфраструктура - 5; - пашня, многолетние насаждения - 4; - улучшенные кормовые угодья - 3; - залежь – 2; - естественные урочища - 1; P_i – площадь i-го угодья, га
Коэффициент антропогенной напряжённости ($K_н$)	$K_н = \frac{\sum K_{y(1-3)}}{\sum P_{y(4-5)}}$	$P_{y(1-3)}$ – площадь естественных кормовых угодий, га; $P_{y(4-5)}$ – площадь под инфраструктурой, пашней и многолетними насаждениями, га
Степень устойчивости ландшафта (K_y)	$K_y = \frac{P_Q}{P_{об}}$	P_Q – площадь угодий с неблагоприятными условиями, га; $P_{об}$ – общая площадь, га
Коэффициент экологической напряжённости территории ($K_{ЭН}$)	$K_{ЭН} = \frac{P}{P_{об}}$ $P = P_{АН} + P_з + P_б + P_э + P_{ЭО}$	P – площадь угодий, дестабилизирующих экологическую ситуацию; $P_{АН}$, $P_з$, $P_б$, $P_э$, $P_{ЭО}$ – соответственно площади антропогеннонарушенных, загрязнённых, бросовых, эродированных и эрозийноопасных земель; $P_{об}$ – общая площадь, га

Анализ деятельности сельскохозяйственных землепользователей показал невозможность прямого разделения показателей хозяйственной деятельности с показателями использования земли. При оценке экономического состояния агроландшафта необходимо использовать следующие экономические коэффициенты: индекс облесённости пашни ($I_{лес}$); коэффициент интенсивности вовлечения земли в хозяйственный оборот ($K_{инт}$); удельный вес пахотных земель в сельскохозяйственных угодьях ($Y_{пз}$) (таблица 2).

Так как, приведенные коэффициенты и показатели имеют разную размерность и представлены в форме индексов с переменной базой сравнения их необходимо перевести в неименованную шкалу. Совместное использование выбранных показателей затрудняется отсутствием единой системы сопоставимости результатов. Эта проблема решается применением оценочных шкал. Шкала эколого-экономического состояния территории позволяет перевести рассчитанные коэффициенты эколого-экономического состояния в относительные величины (баллы), что позволит рассчитать общий по агроландшафту балл (таблица 3).

Таблица 2 - Показатели экономического состояния агроландшафта

Показатель	Формула расчёта	Составные части формулы
Удельный вес пахотных земель в сельскохозяйственных угодьях ($У_{пз}$)	$У_{пз} = \frac{S_{пп}}{S_{об}}$	$S_{пп}$ – площадь пахотных земель, га; $S_{об}$ – общая площадь, га
Индекс лесистости территории ($И_{лес}$)	$И_{лес} = \frac{S_{лес}}{S_{об}}$	$S_{лес}$ – площадь лесных насаждений, га; $S_{об}$ – общая площадь землепользования, га
Коэффициент интенсивности вовлечения земли в хозяйственный оборот ($К_{инт}$)	$К_{инт} = \frac{S_{ск}}{S_{об}}$	$S_{ск}$ – площадь сельскохозяйственных угодий, га; $S_{об}$ – общая площадь землепользования, га

Таблица 3 - Шкала оценки эколого-экономического состояния агроландшафта

Баллы	Коэффициенты эколого-экономического состояния							
	$К_{инт}$	$У_{пз}$	$К_{у}$	$К_{эн}$	$К_{с}$	$И_{лес}$	$К_{АН}$	$К_{Н}$
0	0	0	1,0	1,0	0	0	5,0	0
10	0,1	0,1	0,9	0,9	0,1	0,6	4,6	0,1
20	0,2	0,2	0,8	0,8	0,2	1,1	4,2	0,2
30	0,3	0,3	0,7	0,7	0,3	1,0	3,8	0,3
40	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	2,1	3,4	0,4
50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,6	3,0	0,5
60	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	3,1	2,6	0,6
70	0,7	0,7	0,3	0,3	0,7	3,6	2,2	0,7
80	0,8	0,8	0,2	0,2	0,8	4,1	1,8	0,8
90	0,9	0,9	0,1	0,1	0,9	4,6	1,4	0,9
100	1,0	1,0	0	0	1,0	5,1	1,0	1,0

ТИПОЛОГИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Описание эколого-экономического состояния возможно при установлении сочетаний и комбинаций показателей его характеризующих, т.е. установление его типа.

Для решения этой задачи в разработанной методике была использована типология эмпирического вида, в основе которой лежит обобщение полученных данных, фиксация устойчивых признаков сходства и различия, систематизация и интерпретация полученных результатов путем их сопоставления и объединения схожих данных в некие группы (типы). При составлении типологии эколого-экономического состояния сельскохозяйственного землепользования на региональном уровне используем метод сложных группировок, когда разделение совокупности оценочных показателей осуществляется по двум или более признакам, взятым в сочетании. Таким образом, по полученному совокупному баллу определяется тип эколого-экономического состояния сельскохозяйственного землепользования (рисунок 1) [2].

Для каждого типа эколого-экономического состояния сельскохозяйственного землепользования характерна комбинация различных степеней проявления экологических и экономических показателей (таблица 4).

В зависимости от типа и комбинации эколого-экономического состояния сельскохозяйственного землепользования разрабатывается необходимый перечень мероприятий на различных территориальных уровнях управления земельными ресурсами.

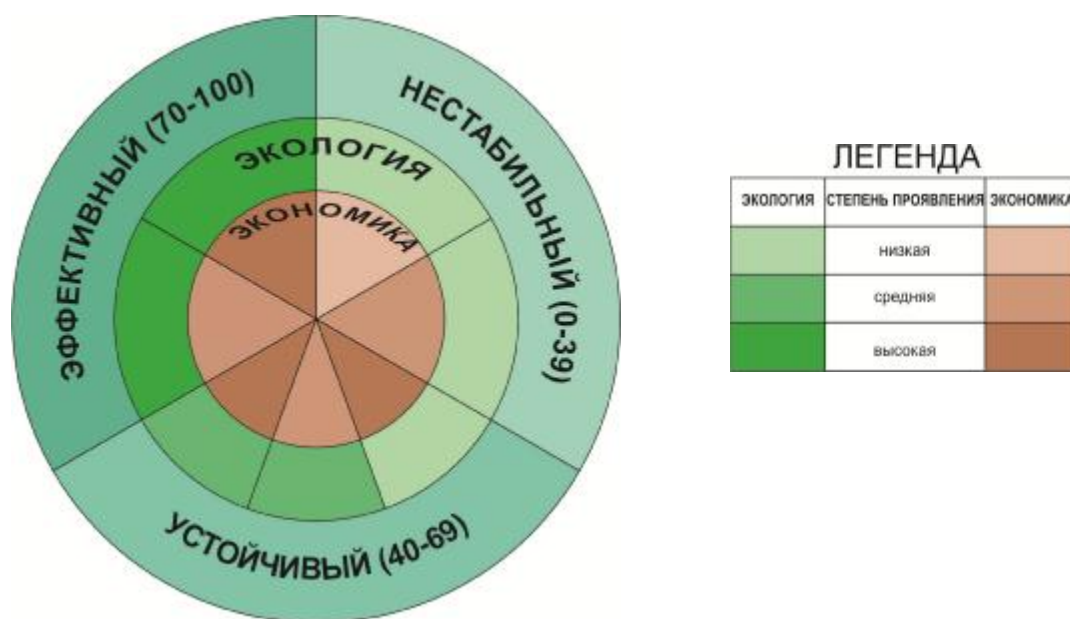


Рисунок 1 – Типология эколого-экономического состояния сельскохозяйственных землепользований

Таблица 4 – Комбинации степеней проявления экологических и экономических показателей

Типы	Комбинации		
	1	2	3
Эффективный	Эв+ЭКв	Эв+ЭКср	
Устойчивый	Эср+ЭКср	Эср+ЭКв	Эн+ЭКв
Нестабильный	Эн+ЭКср	Эн+ЭКн	

Э - совокупный экологический балл; Эк – совокупный экономический балл.

Индексы степени проявления: в – высокая, ср - средняя, н – низкая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение неименованной шкалы позволяет привести разнонаправленные показатели оценки эколого-экономического состояния агроландшафта к совокупному баллу.
2. Совокупный балл состояния агроландшафта характеризуется различными сочетаниями степеней проявления отобранных показателей и определяет тип устойчивости сельскохозяйственного землепользования.
3. Результаты исследования могут быть использованы при проведении всех видов территориального землеустройства, а также в региональных программах устойчивого развития.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мещанинова Е.Г., Ткачева О.А. Оценка эколого-экономического состояния землепользования. Saarbrücken, 2013. 101 с.
- [2] Мещанинова Е.Г., Ткачева О.А. Оценка эколого-экономического состояния землепользований Ростовской области./ Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, № 2, 2013. – С. 63-69.
- [3] Ткачева О.А., Мещанинова Е.Г. Эколого-экономические аспекты устойчивости сельскохозяйственного землепользования./ Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 1(09), 2013 г., с.169-181

Chapter IV/12: CONSERVATION AGRICULTURE, SUSTAINABLE LANDSCAPE USE AND LANDSCAPE PROTECTION

Глава IV/12: Ресурсосберегающее сельское хозяйство, устойчивое использование и охрана ландшафтов

Ádám Kertész*; Balázs Madarász

DOI 10.25680/6888.2018.70.59.277

* Email: kertesza@iif.hu

Research Center for Astronomy and Earth Sciences, Hungarian Academy of Sciences, Budaörsi út 45, 1112 Budapest, Hungary.

ABSTRACT. Because of population growth the global demand for food is rapidly increasing. As a result agriculture is expanding and becoming more intensive therefore it is very important that farming activities are sustainable for the landscape and environment friendly. The aim of this paper is to present the positive role of conservation agriculture in sustainable landscape use and landscape protection. Conservation agriculture is beneficial for the soil, preserves SOM, soil structure, soil moisture and it is an effective tool against soil erosion. It seeks to preserve biodiversity in terms of both flora and fauna. Activities such as Integrated Crop, Weed, and Pest Management form part of Conservation Agriculture. Results of a case study near Lake Balaton, Hungary highlight the main advantages of CA for the soil, for biodiversity and for the landscape as a whole.

Резюме. Вследствие роста населения глобальная потребность в продовольствии быстро растёт. Это приводит к расширению и интенсификации сельскохозяйственного производства, поэтому важно, чтобы технологии обеспечивали устойчивость ландшафта и были благоприятными для окружающей среды. Цель этой главы — представить положительную роль ресурсосберегающего сельского хозяйства в устойчивом использовании ландшафтов и охране ландшафтов. Ресурсосберегающее сельское хозяйство является полезным для почвы, сохраняет органическое вещество, структуру почвы, почвенную влагу и эффективно защищает от эрозии почвы. Оно ставит целью сохранение биоразнообразия флоры и фауны. Такие подходы, как интегрированное растениеводство и защита сельскохозяйственных культур, являются частью ресурсосберегающего сельского хозяйства. Результаты исследования в окрестностях озера Балатон, Венгрия, показывают главные положительные эффекты ресурсосберегающего сельского хозяйства для почвы, биоразнообразия и ландшафта в целом.

KEYWORDS: landscape protection, conservation agriculture, soil erosion, biodiversity

Ключевые слова: охрана ландшафта, ресурсосберегающее сельское хозяйство, эрозия почв, биоразнообразие

INTRODUCTION

The requirement for sustainable land use and an increasing need of landscape protection are burning issues of the near future because of the growing importance of global processes including global warming, land use and land cover change, population growth, land degradation etc.

According to worldometers.info [7] world population will reach 7,6 billion in 2018 and the forecast for 2050 is 9,8 billion. Only 14,6 % is the population share of Europe and Northern America, 85,4 % live in on the other continents representing the third world with a very high population growth. The demand for food will rise with population increase. World agriculture will have to produce more and more food. New areas will be used for agriculture by changing the present use of land and as it is well known land use change means in most cases deforestation leading to enhanced land degradation risk. The already existing agricultural areas will be used more intensively. The possible impact of intensified and expanded agricultural activities on the soils and landscapes has to be addressed properly. At least the present quality of soils should be preserved and the landscapes be protected.

As mentioned above, food supply will be extremely important in the near future. Malthus and Ricardo overemphasized the role of population increase and took no notice of technological development [4]. Food supply risk is not a real problem if technological changes as part of a state-of-the art, complex and dynamic socio-economic environment are taken into account.

Presently 11 % (1.5 billion ha) of the Earth's land surface (13.4 billion ha) are used for crop production (arable land and land under permanent crops), representing 36 % of the estimated land area suitable for

crop production. [1]. Suitable land may not mean a piece of land with ideal conditions. On the contrary, the territories not yet used for agriculture dispose in most cases of modest capabilities that is the reason why they have not been used yet. As mentioned above, the solution can be either to use areas with bad endowments or to change land use, e.g. by deforestation. Another possibility is to use existing arable land more intensively. All the three solutions are unfavourable for the environment. Reserves of good quality cultivable land diminish very quickly.

The objective of this paper is to demonstrate how conservation agriculture contributes to sustainable landscape use and landscape protection also by supporting biodiversity.

THE EFFECTS OF AGRICULTURE ON LANDSCAPE DEVELOPMENT

Human society is a major landscape forming agent and the landscapes of the developed world are transformed by human activities. The effects of industry plants, urban areas, transport lines are much more evident because they alter the landscape radically, replace green areas with concrete and the change can be irritating. One is inclined to forget that agriculture and even forestry reverse and transform the original natural conditions of landscapes. The alteration caused by agriculture and forestry is less eye striking than that of the above mentioned human activities, as the landscape remains green, covered by vegetation for.

Table 1 – Agriculture in Hungary, in Europe and in the World [6]

Area	Agricultural land (% of land area)		Agricultural employment (% of total employment)	
	1961	2014	1992	2014
Hungary	78.7	59.1	11.3	4.7
EU	54.7	43.8	5.2	4.7
World	36.0	37.5	34.7 ¹	29.4 ²

¹Data from 2005, no data available from 1992

²Data from 2010, no data available from 2014

The effects of agriculture on landscape development and functioning are at least as important as the effects of other human activities. In addition to that it has to be emphasized that the percentage of agricultural areas is much higher than that of other land use categories and so the effect is manifested on a very large territory (Table 1). In Europe including Hungary the agricultural area diminished considerably during the last 50 years. In the world the area used for agriculture has increased in the same period and the explanation for that is simply the growing demand for food in the third world. The trends shown in Table 1 on the percentage of people employed in agriculture are more or less similar in the EU and in the world, i.e. a decrease in Europe and in the world. In Hungary, however, a slow increase started lately. In 2016 5.0 % were employed in agriculture [5].

CONSERVATION AGRICULTURE

According to the FAO definition „Conservation Agriculture (CA) is an approach to managing agro-ecosystems for improved and sustained productivity, increased profits and food security while preserving and enhancing the resource base and the environment. CA is characterized by three linked principles, namely: (1) continuous minimum mechanical soil disturbance, (2) permanent organic soil cover, (3) diversification of crop species grown in sequences and/or associations.”[1]. CA combines profitable agricultural production with environmental benefits and so it is a well applicable tool for Sustainable Land Management (SLM).

The initial development of conservation agriculture was a response to severe land degradation problems in the first half of the twentieth century in the Americas. The introduction of reduced tillage was a real bottom-up story. It started on agricultural fields and it spread from the land managers to the administrative and scientific levels [3]. As it is well known the Soil Conservation Service of the United States was founded in 1935 because of the damage caused by dust blows in the western central area of the USA.

Conservation Agriculture (CA) is practised over 100 million ha (in 2011 the estimation is 125 million ha, 9 % of cropland) around the world [3] under various ecological conditions. The estimated value of 2004 was only 45 million ha. The greatest extension and percentage values are in North and South America, South Africa, Australia and New Zealand. More than half the area where CA is practised is located in the developing world. The area of CA has been increasing at an annual rate of 7 M ha during the last ten years.

CA is an important land management strategy, particularly in regions where soil erosion is a major problem and where the retention of soil moisture is an important goal. Retaining water in the soil is important for agricultural production, but equally so in mitigating floods and drought.

There is an increase in the application of CA in Europe although it has developed slower and its extension is not as large as in other parts of the world. According to FAO [1] data CA fields cover an area of 1 311 900 ha in Europe, just a bit more than 1 % of arable land.

CASE STUDY: THE SOWAP PROJECT

The SOWAP (SOil and WAtER Protection) project, co-funded (50-50%) by EU LIFE and Syngenta involved several partners from the EU¹ (2003-2006). After 2006 the project has continued on the Hungarian project site and will continue further. The objective is to assess the viability of conservation agriculture and to compare it with conventional arable farming systems. The use of appropriate chemicals is tested, and their potential for off-site contamination assessed, to ensure that any suggested approaches are environmentally sound.

The main study topics of the project include (1) Soil erosion, (2) Aquatic Ecology, (3) Biodiversity – Birds and Terrestrial Ecology, (4) Soil Microbiology, (5) Agronomy, (6) Economics. The two experimental sites are near Lake Balaton (Figure 1). Szentgyörgyvár is for soil erosion studies with four large plots (120 m² each) on a 2 ha farm with a slope gradient of 9-10%, on a luvisol (sandy loess). Meteorological and runoff data will be transferred by a mobile phone and put on the internet once every day. Soil loss is measured manually. Dióskál (107 ha) is for the farm scale demonstration and for ecological studies [4].

a) Erosion plots. Runoff and soil loss amount are determined after each event and samples are taken undergoing the following analyses. Runoff: pH, soluted N, P, K, total suspended sediment, TOC, total salt content, herbicide content; eroded soil: dry mass, particle size distribution, N, P, K and organic matter content. Crop quality, quantity and biomass are also investigated. Economic viability of the practices employed (e.g. production costs) will be calculated whenever applicable.

b) Ecological plots. For the terrestrial ecology survey 12 conventionally tilled and 12 CA plots were established. The experiment includes the survey of weeds, soil micro-organisms, birds and earthworms-insects-seeds as important food sources for birds.

c) The results point to less runoff and soil loss on the CA plots: average runoff under CA was only 33.2% of that on conventional plots and the percentage of soil loss was only 1.7%. The average soil loss per year was 2.44 t ha⁻¹ versus 0.08 t ha⁻¹, based on measurements between 2004-2006 [4]. Gravimetric soil moisture measurements at Dióskál show that the upper 20 cm of the CA plots had higher soil moisture content values (8.8% on the average). TOC, nitrogen, phosphorus and potassium concentrations of sediments were higher on CA plots, presumably due to the higher humus and nutrient content on the CA plots [4].

d) Ecological survey. CA offers better conditions for the activity of earthworms. The number of earthworms on the CA plots was significantly higher than on the traditional plots. Altogether 37 bird species were registered during two winter seasons including 28 protected species (76% of total). One third of these species are significant from European perspective indicating that agricultural areas are also important from the aspect of nature conservation. CA fields proved to be more favourable for birds, first of all for small warblers like skylark (*Alauda arvensis*), goldfinch (*Carduelis carduelis*), yellowhammer (*Emberiza citrinella*), greenfinch (*Carduelis chloris*) and tree sparrow (*Passer montanus*), than traditional

Agronomica, U.K.; Cwi Technical Ltd, U.K.; FWAG, U.K.; Harper Adams University College, U.K.; Geographical Research Institute of Hungarian Academy of Sciences, HU; National Trust, U.K.; Cranfield University – NSRI, U.K.; RSPB, U.K.; Syngenta, U.K./HU; The Allerton Trust, U.K.; The Ponds Conservation Trust, U.K.; University of Leuven, Belgium; Vaderstad, U.K./HU; WOCAT, The Netherlands; Yara (UK) Ltd, U.K.

plots did in both of the winter seasons investigated. Conservation agriculture provides a better food supply and improves winter survival reducing the negative effect of agriculture on bird fauna [4].

e) Crop yield and production costs on the Dióskál plots were practically the same under the different tillage systems [4].

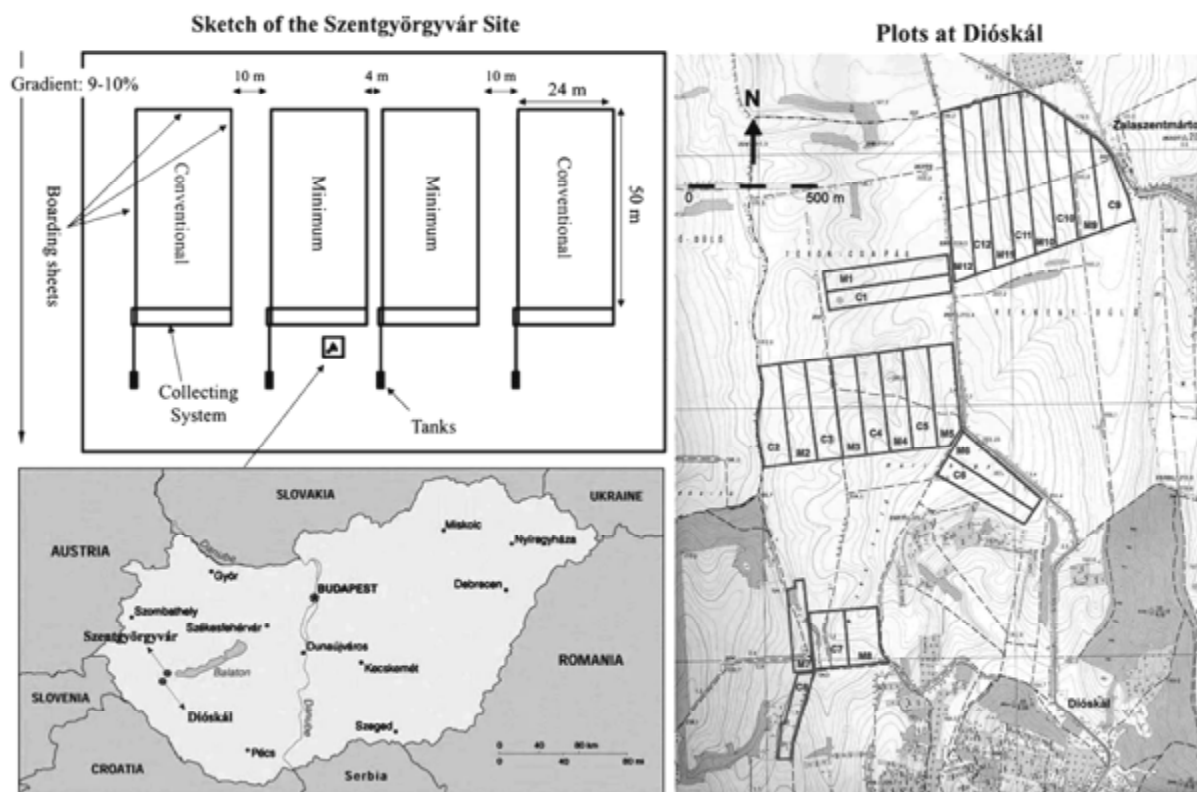


Figure 1 – Location and plan of the conservation agriculture experimental plots in Zala County, Hungary.

CONCLUSIONS

1. Because of the impact of agriculture on landscape development it is important to find sustainable solutions. Conservation agriculture is a sustainable way of farming with a landscape protecting effects on the landscape.
2. The results of the SOWAP project support the above statement. CA techniques have reduced soil loss and water runoff from fields compared to conventional farming. Under CA runoff was reduced by 66.8%, soil loss by 98.3%, TOC loss by 94.1%, nitrogen loss by 86.8%, phosphorus loss by 95.6% and potassium loss by 78.8% relative to quantities measured on the conventional plots. Soil moisture conditions were better in the upper 20 cm under conservation tillage.
3. Biodiversity conditions were also much more adequate on the conservation plots.
4. On one hand conservation agriculture is beneficial for the soil itself and the environment, on the other hand it promotes a healthy functioning of the landscape as a whole.

REFERENCES

- [1]FAO.2015. World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective. Earthscan. <http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e06.htm>
- [2]Holland, J.M. 2004. The Environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: Reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment 103, 1-25.
- [3]Kassam1, A., Derpsch, R., Friedrich,T. 2014. Global achievements in soil and water conservation:The case of Conservation Agriculture. International Soil and Water Conservation Research. 2 (1), 5-13.
- [4]Kertész, Á., Madarász, B. Csepinszky, B., Benke, Sz. 2014. The role of conservation tillage in landscape protection. Hungarian Geographical Bulletin 59 (2), 167-180.

- [5]KSH (Hungarian Central Statistical Office). 2016. A mezőgazdaság szerepe a nemzetgazdaságban (The role of agriculture in national economy (Hungarian Central Statistical Office)<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mezo/mezoszerepe16.pdf>
- [6]The World Bank. 2015. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS>
- [7]World population. <http://www.worldometers.info>

Глава IV/13: ПРИНЦИПЫ СБЕРЕГАЮЩЕГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ Chapter IV/13: Principles of Conservation Agriculture in Central Asia

Мехлис К. Сулейменов*, Жексенбай А. Каскарбаев†

DOI 10.25680/4355.2018.75.51.278

*Эл. Почта: Mekhlis@yahoo.com

Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева, 021601, п. Научный, Шортандинский район, Акмолинская область, Казахстан

РЕЗЮМЕ. Принципы сберегающего земледелия меняются в зависимости от почвенно-климатических условий. В неорошаемом земледелии главным принципом является максимальное накопление снега, основного источника пополнения влаги в почве. Для этого делаются кулисы из высокой стерни. Второе, это создание оптимальной плотности почвы для максимальной водопроницаемости при таянии снега. Для этого в большинстве случаев необходима минимальная обработка почвы осенью. В орошаемом земледелии применяется нулевая технология после уборки озимой пшеницы, а при посеве озимой пшеницы после хлопчатника, что является обычной практикой, требуется обработка почвы. Третий принцип - это максимальное покрытие почвы растениями. Для этого в неорошаемом земледелии из севооборотов исключаются чистые пары. Они заменяются посевами зернобобовых культур или донника на сидерат. На орошаемых землях высеваются промежуточные культуры сразу после уборки озимой пшеницы. Адаптивно-ландшафтное земледелие позволяет применять более точно соответствующие приемы земледелия в соответствии с особенностями ландшафта.

Abstract. Principles of conservation agriculture change depending on soil climatic conditions. In rain-fed agriculture, main principle is maximum accumulation of snow as main source of soil moisture. Establishment of tall stubble barriers does it. Secondly, this is establishment of adequate soil density for maximum water permeability under snow thawing. For this in most cases minimum tillage in the fall is a need. In irrigated agriculture. No Till is used after harvest of winter wheat whereas for planting winter wheat after cotton, which is normal practice, tillage is necessary. Third principle is maximum soil coverage by plants. To do this in rain-fed agriculture elimination of summer fallow from crop rotations is necessary. Pulses or sweet clover as green manure replaces it. In irrigated agriculture, intermediate crops are planted right after harvest of winter wheat. Landscape-adapted farming allows do more precisely farming practices in accordance with peculiarities of landscape.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стерня, обработка почвы, севооборот, ландшафт, чистый пар

Keywords: stubble, tillage, crop rotation, landscape, summer fallow

ВВЕДЕНИЕ

Элементы сберегающего земледелия начали применяться в Центральной Азии в середине 1950-х годов. Это был регион северного Казахстана, где в период 1954-1956 гг. были распаханы огромные массивы целинных земель. Что касается вопроса обработки почвы, то вначале он решался в пользу безотвальной по методу Т.С. Мальцева [1]. Но после того как А.И. Бараев ознакомился с земледелием в провинциях прерий Канады, он пришел к выводу, что для обширных степей Казахстана более подходят приемы канадского земледелия, основными элементами которого были зернопаровой севооборот и плоскорезная обработка почвы [2]. Плоскорезная

обработка почвы быстро показала следующие преимущества: защита почвы от эрозии и задержание снега стоячей стерней. Для разных почвенно-климатических зон были разработаны системы разнотравной обработки почвы вплоть до минимальной обработки почвы. В конце прошлого века в мире стала распространяться практика нулевой обработки почвы [3]. Она начала изучаться и в странах Центральной Азии. В то же время появились данные о возможности замены зернопаровых севооборотов на плодосменные.

ЦЕЛЬ ОБЗОРА

Цель литературного обзора – обоснование основных принципов сберегающего земледелия в различных частях Центральной Азии, а также особенности применения методов обработки почвы и севооборотов для достижения этих принципов.

МЕТОД ОБЗОРА

Сделан обзор литературы в Центральной Азии по вопросам сберегающего земледелия для определения оптимальных вариантов обработки почвы и севооборотов для сбережения почвы и максимальной продуктивности растений в условиях рыночной экономики.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ СБЕРЕГАЮЩЕГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Основные принципы сберегающего земледелия сформулированы ведущими учеными следующим образом: минимальное нарушение почвы, максимальное покрытие почвы, стимулирование биологической активности через севообороты, покровные культуры и интегрированную защиту растений [4]. Если говорить о минимальном нарушении почвы, то тут имеется ввиду переход на No Till. Как показывают наблюдения в опытах и в условиях производства в большинстве случаев делать зяблевую обработку почвы все-таки надо для разуплотнения почвы с целью улучшения водопроницаемости почвы, что особенно важно ранней весной при таянии снега. В странах Латинской Америки, где нулевые технологии широко применяются в практике, нет снега и нет такого вопроса. Какое это имеет значение в северном Казахстане видно из следующих данных [5]. Запасы влаги в метровом слое почвы весной перед посевом яровой пшеницы составили: без осенней обработки почвы – 100 мм, на щелевании – 168 мм, на щелевании на фоне стерневых кулис – 216 мм. Поэтому нужно добавить «максимальное накопление снега и создание оптимальных условий для впитывания талых вод». Что касается посева промежуточных культур для максимального покрытия, что делается в Латинской Америке, то в северном Казахстане для этого нет природных условий.

Теперь проанализируем соблюдение основных принципов сберегающего земледелия в различных регионах Центральной Азии под влиянием обработки почвы и севооборотов.

Обработка почвы. В условиях засушливой степи северного Казахстана многолетние опыты на южном черноземе в Акмолинской области показали, что урожайность яровой пшеницы при плоскорезной обработке почвы и нулевой технологии одинакова, а на обыкновенном черноземе в Костанайской области имеет преимущество нулевая технология (1.77 т/га) над плоскорезной (1.60 т/га) [6]. На обыкновенных черноземах Восточно-Казахстанской области и на темно-каштановых почвах Акмолинской и Актюбинской областей получены данные в пользу минимальной обработки почвы. Данные в пользу нулевой технологии получены в опытах с масличными культурами как на южном черноземе, так и на обыкновенном черноземе. Это можно объяснить тем, что мелкосемянные культуры отзывчивы на мелкую заделку по нулевой технологии. Наблюдения показали, что нулевая технология при длительном применении имеет преимущество по накоплению органического вещества почвы в слое 0-10 см [7].

Обработка почвы на орошаемых землях имеет свои особенности. Прямой посев в гребни улучшил полевую всхожесть, вдвое сократил норму высева озимой пшеницы и риса, сократил использование воды на 10% в Казахстане, Кыргызстане и Узбекистане [8]. Прямой посев озимой пшеницы, сои и кукурузы в южном Казахстане по гребням повысил рентабельность соответственно с 48, 9 и 29% до 239, 194 и 323% [9]. При посеве озимой пшеницы после хлопчатника проводится корчевка хлопчатника и применяется предпосевная обработка почвы чизелем или безотвальными орудиями на 25 см [10]. При посеве промежуточных культур в странах Центральной Азии применяется прямой посев зернобобовых культур в день уборки озимой пшеницы. Таким образом, в орошаемом земледелии рекомендуется прямой посев по гребням, за исключением посева озимой пшеницы после хлопчатника.

Севообороты. В земледелии степных регионов традиционно значительное место в севооборотах занимает чистый пар. В почвозащитной системе земледелия рекомендовались четырехпольные и пятипольные зернопаровые севообороты. Однако практика чистых паров с механическими обработками почвы не соответствует принципам бережливого земледелия. Уже в конце 1980-х годов было установлено, что при высокой культуре земледелия поле пара может быть заменено на зерновые культуры [11]. При этом при бессменном возделывании яровой пшеницы повышался выход зерна с гектара пашни. Поэтому в наших опытах была поставлена задача изучить возможность применения плодосменных севооборотов с заменой пара на поле зернобобовых культур.

За основу был взят традиционный зернопаровой севооборот «пар-пшеница-пшеница-ячмень», в котором поле пара было заменено на посевы гороха, нута и чечевицы. Как показали измерения влажности почвы и содержания нитратов перед посевом яровой пшеницы по разным предшественникам, преимущество было за чистым паром. Урожайность яровой пшеницы после пара также была выше, чем после зернобобовых культур. В среднем за восемь лет урожайность яровой пшеницы после зернобобовых культур по сравнению с паром снизилась на 27,6-19,4%. Но вместо пара в этот год зернобобовые культуры дали урожайность. В условиях рыночной экономики главное не урожайность, а экономическая эффективность. Если учесть доход и затраты за два года, то преимущество замены пара на зернобобовые культуры, бесспорно (Таблица 1).

Доход с гектара пашни с двух полей выше в вариантах замены пара на зернобобовые культуры. Хотя расходы на гектар в чередовании пшеницы с паром меньше, в итоге чистая прибыль выше в чередованиях пшеницы с зернобобовыми культурами. Что касается чередований пшеницы с разными зернобобовыми культурами, то здесь решающую роль оказали цены на продукцию. В итоге чередование пшеницы с чечевицей было выгоднее других вариантов. При этом в плодосменном севообороте содержание общего углерода выше, чем в зернопаровом севообороте.

Один из вариантов исключения пара из севооборота в северном Казахстане является замена его на посев донника на сидерат [12]. Наряду с улучшением плодородия почвы повышается выход зерна с гектара пашни с 0.9 т/га в зернопаровом севообороте до 1.24 т/га в севообороте с донником. В условиях полу-обеспеченной богары Кыргызстана замена чистого пара на посев гороха и нута дал существенное повышение выхода зерна с гектара пашни и улучшение плодородия почвы [13]. В условиях богары Таджикистана замена чистого пара на посев бобово-злаковой смеси снизила урожайность озимой пшеницы на 17%, но дала дополнительно 28.8 т/га зеленой массы кормов [14]. Что касается орошаемой пашни, то повсеместно применяется прямой посев зернобобовых культур сразу после уборки озимой пшеницы в качестве промежуточной культуры.

Таблица 1. Экономическая эффективность чередования пшеницы с паром или зернобобовыми культурами (в долларах США на 1 га) (данные НПЦЗХ имени А.И. Бараева за 8 лет)

Чередование	Доход	Затраты	Чистая прибыль
Пар – пшеница	217	120	97
Горох-пшеница	339	213	126
Нут – пшеница	445	238	207
Чечевица-пшеница	427	202	225

Установлено, что накопление снега и как следствие влажность почвы зависят от элементов ландшафта [15]. Запасы влаги в почве в засушливой степи на северных и восточных склонах почти в два раза выше, чем на южных и западных склонах. В условиях сухой степи установлено, что если урожайность яровой пшеницы на плато принять за 100%, то на северном склоне она равна 80%, а на южном склоне – 40% [16]. Из этого следует, что на северных склонах нужно применять плодосменные севообороты и делать минимальную обработку почвы, а на южных склонах применять зернопаровые севообороты с химическим паром и нулевую технологию.

ВЫВОДЫ

Обзор литературы показал, что трактовка принципов сберегающего земледелия имеет отличия в разных частях Центральной Азии. В неорошаемом земледелии главный принцип - это максимальное накопление снега – основного источника влаги. Для этого применяются стерневые кулисы из высокой стерни. Второй принцип - это создание условий для впитывания талых вод, что достигается осенней минимальной обработкой почвы. На орошаемых землях по стерне зерновых культур применяется принцип минимального нарушения почвы, а при посеве пшеницы после хлопчатника необходимо создать рыхлый слой почвы для заделки семян и впитывания поливной воды. Третий принцип – это создание постоянного покрова почвы растениями. В неорошаемом земледелии это достигается путем исключения чистого пара из севооборотов. В условиях обеспеченной осадками богары и на орошении круглогодичное покрытие почвы культурами достигается за счет посева промежуточных культур сразу после уборки озимой пшеницы. Адаптивно-ландшафтное земледелие позволяет точно использовать приемы сберегающего земледелия в соответствии с особенностями ландшафта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В большинстве районов неорошаемого земледелия необходима минимальная обработка почвы. В орошаемом земледелии нулевые технологии применяются после зернового предшественника, а после хлопчатника применяется обработка почвы.
2. В неорошаемом земледелии применяются плодосменные севообороты без чистого пара, а на обеспеченной осадками богаре и на орошении кроме того применяются промежуточные культуры сразу после уборки озимой пшеницы.
3. Севообороты и обработку почвы нужно определять в соответствии с особенностями элементов ландшафта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бараев А.И. Система основной обработки почвы при освоении новых земель, а также под вторую, третью и последующие культуры. В кн. «За высокую культуру земледелия» Алма-Ата, Казгосиздат, 1956 - с. 3-12
- [2] Бараев А.И., Зайцева А.А., Госсен Э.Ф. «Борьба с ветровой эрозией почв», Алма-Ата, Казсеотхозгиз, 1963, 35 с.
- [3] Goddard T., M. Zebish, Y. Gan, W. Ellis, A. Watson, S. Sombatpanit (eds) 2008. No-Till Farming Systems. Special Publication #3. World Association of Soil and Water Conservation, Bangkok, ISBN: 978-974-8391-60-1, 544 pp.
- [4] Derpsch R., Franzluebbers A.J., Duiker S.W., Reicoski D.C., Koeller K., Friedrich T., Sturny W.G., Sa J.C.M., Weiss K. Why do we need to standardize no-tillage research? Soil and Tillage Research 137 (2014): 16-22
- [5] Астафьев В.Л., Дерепаскин А.Н., Полищук Ю.В., Иванченко Н.Г. «Оценка способов накопления и сохранения почвенной влаги на стерневых фонах», труды конф. «Земледелие и селекция с/х растений на современном этапе» Астана-Шортанды, 2016 - т.1: 66-70
- [6] Акшалов К.А., Клышбеков Т.А., Кужинов М. «Результаты 10-летнего изучения системы No Till на черноземных почвах в засушливой степи Казахстана», труды конф. «Земледелие и селекция с/х растений на современном этапе» Астана-Шортанды, 2016 – т.1: 326-334
- [7] Булеков Т.А., Осипенко Н.В., Курмангазиев Н.С., Батыргалиев А.Т. «Технология обработки почвы и плодородие», труды конф. «Земледелие и селекция с/х растений на современном этапе» Астана-Шортанды, 2016 – т.1: 168-172
- [8] Kienzler K.M., Gupta R., Saparov A., Bekenov M., Kholov B., Nepesov M., Ikramov R., Martius C. “Conservation agriculture in Central Asia – a patchwork approach experiences from multi-country research project”, труды конф. «Ноу-тилл и плодосмен – основа аграрной политики ресурсосберегающего земледелия для интенсификации устойчивого производства» Астана-Шортанды, 2009: 23-26
- [9] Оспанбаев Ж., Карабаев М.К. «Перспективы нулевой технологии возделывания культур на юге и юго-востоке Казахстана», труды конф. «Ноу-тилл и плодосмен – основа аграрной политики ресурсосберегающего земледелия для интенсификации устойчивого производства» Астана-Шортанды, 2009: 195-199
- [10] Халилов Н., Киличев А., Нурбеков А., Зиядуллаев З. «Особенности выращивания озимой пшеницы на междурядьях хлопчатника на орошаемых землях Узбекистана», труды конф. «Ноу-

тилл и плодосмен – основа аграрной политики ресурсосберегающего земледелия для интенсификации устойчивого производства» Астана-Шортанды, 2009: 215-219

[11]Сулейменов М.К. «О теории и практике севооборотов в Северном Казахстане». Ж. Земледелие, 1988, №9: 15-20

[12]Сагалбеков У.М., Сагалбеков Е.У., Сейтмаганбетова Г.Т., Богданов И.М. «Донниковый полупар как альтернатива чистому пару», труды конф. «Диверсификация культур и нулевые технологии в засушливых регионах» Астана-Шортанды, 2013: 114-117

[13]Акималиев Д.А., Мартынова Л. «Продуктивность коротко-польных севооборотов при различных приемах обработки почвы в Кыргызстане», труды конф. «Ноу-тилл и плодосмен – основа аграрной политики ресурсосберегающего земледелия для интенсификации устойчивого производства» Астана-Шортанды, 2009: 220-223

[14]Имамов С.И., Саидов С.Т., Шарипов Р.Р. «Эффективность занятых паров в повышении урожая и плодородия почвы», труды конф. «Ноу-тилл и плодосмен – основа аграрной политики ресурсосберегающего земледелия для интенсификации устойчивого производства» Астана-Шортанды, 2009: 231-235

[15]Азаров Н.К. «Научные основы агро-ландшафтной организации землепользования и энергосберегающих приемов возделывания зерновых культур в Северном Казахстане» Автореферат докторской диссертации, Алматы, 1996

[16]Ющенко Н.С., Нургазиев Р.Е., Ющенко Д.Н. «Нулевые технологии в плодосменных севооборотах в Центральном Казахстане», труды конф. «Диверсификация культур и нулевые технологии в засушливых регионах» Астана-Шортанды, 2013: 77-81



Рисунок 1 - Участники казахстанско-немецкого семинара в Сентябре 2015 года на пшеничном поле научно-производственного центра зернового хозяйства имени А.И. Бараева, Шортанды, Казахстан. Шортанды, вероятно, самое крупное сельскохозяйственное экспериментальное место в мире, с примерно пятью тысячами гектаров экспериментальных участков. Там протестированы различные варианты традиционного и сберегающего земледелия.

**Глава IV/14: СПОСОБЫ ПОДЪЕМА ЧЕРНОГО ПАРА В КАЧЕСТВЕ
ПРЕДШЕСТВЕННИКА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА АГРОЛАНДШАФТАХ СЕВЕРНОГО
ПРИКАСПИЯ**

**Chapter IV/14: Methods of Improvement of Black Fallow as a Previous Crop for Winter Wheat in
Agrolandscapes of the Northern Pre-Caspian Region**

Валентина А. Федорова*, Тамара В. Мухортова

DOI 10.25680/1379.2018.97.53.279

*Эл. Почта: Pniiiaz@mail.ru

ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия», кв. Северный 8, 416251 с. Солёное Займище, Астраханская область, Черноярский район, Россия

РЕЗЮМЕ. Представлены исследования по усовершенствованию зональной почвовлагоэнергосберегающей технологии возделывания озимой пшеницы в аридных условиях богарных агроландшафтов Северного Прикаспия. Применение ресурсосберегающего «анти-нулевого» чизельного органа (РАНЧО) на глубину 0,30-0,35 м при обработке черного пара под посев озимой пшеницы способствует устранению плужной подошвы, за счет чего повышается эффективность усвоения выпадающих осадков и создаются благоприятные условия для сохранения влаги в корнеобитаемом слое почвы. Использование этого орудия способствует повышению урожайности данной культуры на 66-68 % по сравнению с общепринятыми в данном регионе способами основной обработки почвы. Применение вспашки комбинированным орудием РАНЧО в качестве основной обработки почвы на аридных агроландшафтах Северного Прикаспия предусматривает сбережение влаги и энергии, способствуя борьбе с деградацией низкопродуктивных старопахотных земель.

Abstract. Research is presented on the improvement of the zonal soil and moisture saving technology of winter wheat cultivation in arid conditions of rainfed agrolandscapes of the Northern Pre-Caspian. The use of resource-saving "anti-zero" chisel organ (RANCHO) to a depth of 0.30-0.35 m when processing black fallow for sowing winter wheat contributes to the removal of the plow sole, thereby improving the absorption of precipitation and creating favorable conditions for moisture retention in the root layer of the soil. The use of this tool helps to increase the yield of this crop by 66-68% compared to conventional methods of basic soil cultivation in this region. The use of plowing with the combined RANCHO tool as the main soil tillage tool on the arid agrolandscapes of the Northern Caspian region provides the conservation of moisture and energy, contributing to combating the degradation of low-productivity old-arable land.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: основная обработка почвы, ландшафт, водно-физические характеристики почв и плодородие.

Keywords: primary tillage, water and physical characteristics of the soil and fertility.

ВВЕДЕНИЕ

Прикаспийский регион имеет исключительно важное народно-хозяйственное, социально-экономическое и природоохранное значение для России. Уникальные природные условия региона определили его в качестве крупной и экономически выгодной базы по развитию овцеводства и мясомолочного животноводства, а также земледелия по производству овощебахчевой продукции, зерна и кормов. Однако регион с большим трудом справляется с обеспечением внутренней потребности в сельскохозяйственной продукции. Все это предопределяет необходимость перевода земледелия региона на адаптивно-ландшафтную основу путем оптимизации структуры сельскохозяйственных угодий и посевных площадей, совершенствования полевых севооборотов и системы обработки почвы, разработки адаптивных почвовлагоэнергосберегающих технологий возделывания полевых культур и принятия неотложных и своевременных мер по борьбе с опустыниванием деградированных и низкопродуктивных старопахотных земель [5]. Дефицит зерна пшеницы в Астраханской области обусловлен недостатком окультуренных посевных площадей и крайней нестабильностью ее урожая.



Фото 1 - Озимая пшеница в агроландшафтах Северного Прикаспия при обработке предшественника черного пара орудием РАНЧО.

В силу агроклиматических условий Астраханской области степень риска возделывания пшеницы здесь достаточно высокая [7]. Вместе с тем, озимая пшеница занимает 62% всех посевных площадей под пшеницу. В условиях резкого дефицита влаги основное значение для повышения плодородия светло-каштановых почв является их разуплотнение, в обеспечении чего основное значение имеют способы основной обработки. В этой статье мы представляем исследования по разработке и усовершенствованию зональных технологий возделывания озимой пшеницы с использованием рабочих органов «РАНЧО», предусматривающих значительное снижение доз применяемых удобрений, уменьшение пестицидной нагрузки, сбережение влаги и энергии.

ПРЕИМУЩЕСТВА ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВЫ

Глубокое рыхление - это вид основной обработки, направленный на создание оптимального воздушного и водного режимов почвы, а также разрушение плужной подошвы. При применении глубокого рыхления, почвенные горизонты не перемешиваются, соответственно, не уничтожаются почвенные микроорганизмы. При глубоком рыхлении в несколько раз увеличивается пористость, благодаря чему повышаются водопроницаемость и влагоёмкость, что приводит к исчезновению «блюдца» и препятствует засолению. Накапливается влага, выпадающая в осенне-зимний период. Создаются условия для сохранения почвенной влаги в тёплый период года (даже при засухе - до 150 м³/га). Данное количество влаги позволяет растениям выдерживать высокие температуры и летнюю засуху. Благодаря оптимальной плотности почвы, растения создают более мощную корневую систему. В зоне рыхления в 1,7-2,0 раза увеличивается число активных корней, следовательно, они могут поглощать больше питательных веществ и формировать высокий и стабильный урожай. Взаимодействие оптимального водного баланса и хорошей жизненной среды почвы способствует преобразованию питательных веществ, их минерализации (преобразованию в форму, в которой они могут усваиваться растениями), а также здоровому развитию растений, повышению урожайности и улучшению качества зерна. Из всего многообразия видов и орудий глубокого рыхления в настоящее время широко используется чизелевание с применением рабочих органов «РАНЧО» (Ресурсосберегающий «анти-нулевой» чизельный орган) [4].

ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ

Исследования проводились на старопахотных угодьях с характерными для данной зоны светло-каштановыми почвами. Рельеф территории, преимущественно, однообразный, плоский. Почвы по механическому составу суглинистые, имеют близкую к нейтральной реакцию почвенного раствора (рН 7,2-7,6). Карбонаты в результате непромывного водного режима обнаруживаются с глубины 0,25 м, а их скопления в виде прожилок и «белоглазки» отмечаются уже на глубине 0,30-0,40 м. Максимальное содержание карбонатов расположено в виде карбонатно-иллювиального горизонта на глубине 0,95-1,25 м [1]. Емкость поглощения составляет 15-20 мг-экв. на 100 г почвы. Почвенный поглощающий комплекс на 90-92% насыщен кальцием и магнием, до 4-10% ёмкости поглощения приходится на натрий, что указывает на повышенную солонцеватость почв. Аридность климата оказывает влияние на темпы накопления и характер разложения органических остатков и определяет неблагоприятные условия процессов гумификации. Образование гумуса в зональных почвах протекает при кратковременном периоде увлажнения, сменяющемся продолжительным сухим и жарким летом на фоне бедного видового состава и низкой численности почвенной микрофлоры и фауны. Смена режимов увлажнения обуславливает интенсивную минерализацию органического вещества в сухой жаркий период года. Для образующихся в этих условиях почв характерна малогумусность, варьирующий состав гумуса в пределах профиля при высоком содержании в них гуминов. Содержание гумуса в пахотном слое (0-0,25 м) колеблется в пределах 1,0-1,8%, легкогидролизуемого азота – 6-9 мг, подвижного фосфора – 2-4 мг, обменного

калия – 50-55 мг на 100 г почвы [1]. Преобладающий тип засоления зональных светло-каштановых почв хлоридный, местами - хлоридно-сульфатный. Пахотный слой характеризуется высокой плотностью (1,25-1,40 т/м³) и низкой водопроницаемостью (0,30-0,40 мм/мин). Средняя глубина весеннего промачивания почвы составляет 0,40-0,45 м и варьирует от 0,30-0,35 м в засушливые и до 0,80-1,0 м в благоприятные по увлажнению годы.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Территория Северного Прикаспия по условиям увлажнения характеризуется как острозасушливая. Характерной особенностью климата является ярко выраженный антициклональный режим погоды. Недостаточное количество атмосферных осадков (250-300 мм в год) и повышенные летние температуры воздуха (средняя для июля +24 - +26⁰С) обуславливают высокую испаряемость (900-1100 мм), в 3-4 раза превышающую сумму осадков. Наименьшие значения относительной влажности воздуха приходятся на июль и составляют 45-55%, а в отдельные дни могут снижаться до 15-25% и ниже. Малое количество осадков в сочетании с высокими температурами и огромной испаряемостью определяют сухость воздуха и почвы, и частую повторяемость засух и суховеев. Обычно в течение лета в данной подзоне ежемесячно насчитывается от 11 до 25 дней с суховеями. Сумма осадков в осенний период составляет 16-17% от годовой. Нередко в осенний период вслед за острой летней засухой наблюдается полное отсутствие осадков, что исключает возможность получения всходов озимых даже по чистым парам.

В большинстве лет корнеобрабатываемый слой почвы весной недонасыщается влагой. Единственным источником влаги являются атмосферные осадки. Доля осенней влаги составляет в среднем 16-17% количества от годовой, имеющейся в почве к началу весенних полевых работ. Остальные 83-84 % накапливаются во время весеннего таяния снегов и зимних оттепелей. В летний период, вследствие интенсивной температуры воздуха, расход воды на испарение очень большой. В нашем регионе выпадающие в вегетационный период зерновых культур осадки полностью теряются на испарение, а от августовских дождей практически ничего не остается. Однако даже при сравнительно малых осадках, которые выпадают в засушливых условиях, при рациональном их использовании возможны устойчивые урожаи. На протяжении всех лет исследований период вегетации озимой пшеницы сопровождался жесточайшей засухой: резкое нарастание температуры (от 26,0⁰С со второй декады апреля до 30,9-36,9⁰С в мае); отсутствие атмосферных осадков (за весенне-летний период вегетации в 2012-2014 годах выпало всего 29,9-35,0 мм осадков, что в 2,8-3,3 раза меньше среднемноголетней нормы); испаряемость за апрель-июль возросла в 1,2-1,4 раза (565-645 мм)



Фото 2 - Подготовка поля с использованием орудия РАНЧО

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ОБРАБОТКИ

Территория Северного Прикаспия по условиям увлажнения характеризуется как очень засушливая и сухая при рассмотрении с севера на юг. По образному выражению Н.М. Тулайкова (1963), относительно Нижневолжских степей, «здесь не земля родит, а небо» видно, что погодные условия являются определяющим фактором формирования урожаев сельскохозяйственных культур. Поэтому главное условие получения высоких урожаев озимой пшеницы на агроландшафтах Северного Прикаспия - это увеличение и сохранение влагозапасов почвы.

Приходная часть водного баланса состоит из осенних и зимних атмосферных осадков. Расходную часть составляют потери на сток, физическое испарение и потребление воды растениями. Осадки вегетационного периода в засушливых условиях не обеспечивают глубокого промачивания и в большей своей части тратятся на испарение самой почвой. Количество поглощения и сохранения выпадающих осадков в корнеобитаемом слое почвы зависит от плотности и сложения пахотного слоя почвы, что, в свою очередь, определяется способом основной обработки. Установлено, что по интенсивности накопления влаги в метровом слое почвы имеют преимущество варианты с рыхлением черного пара, идущего под озимую пшеницу, орудием РАНЧО. За осенне-зимний период запас влаги в метровом слое почвы в посевах озимой пшеницы при использовании РАНЧО в среднем на 15-20 % превышал соответствующий показатель на вариантах после обработки отвалом и СибИМЭ. Однако из-за острозасушливых условий уже к началу налива зерна продуктивный запас почвенной влаги метрового слоя был полностью израсходован.

УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ОБРАБОТКИ

Результаты исследований за три года подтвердили эффективность вариантов основной обработки почвы рабочими органами РАНЧО, причем самая высокая урожайность наблюдалась на данных вариантах в течение всех лет исследований (рисунок 1).

Средняя урожайность (2012-2014 гг.) озимой пшеницы на участке с использованием РАНЧО была практически в два раза выше, нежели на участках с общепринятыми способами основной обработки почвы. Превышение урожайности на варианте РАНЧО по сравнению с отвалом и СибИМЭ составляло в среднем 59-60%. Данный факт объясняется улучшением водного и пищевого режимов почвы под влиянием более глубокого рыхления (на 0,35-0,40 м), устранением плужной подошвы. Уровень рентабельности по комбинированной вспашке РАНЧО составил 81% при чистой прибыли в 3710 рублей с одного гектара.

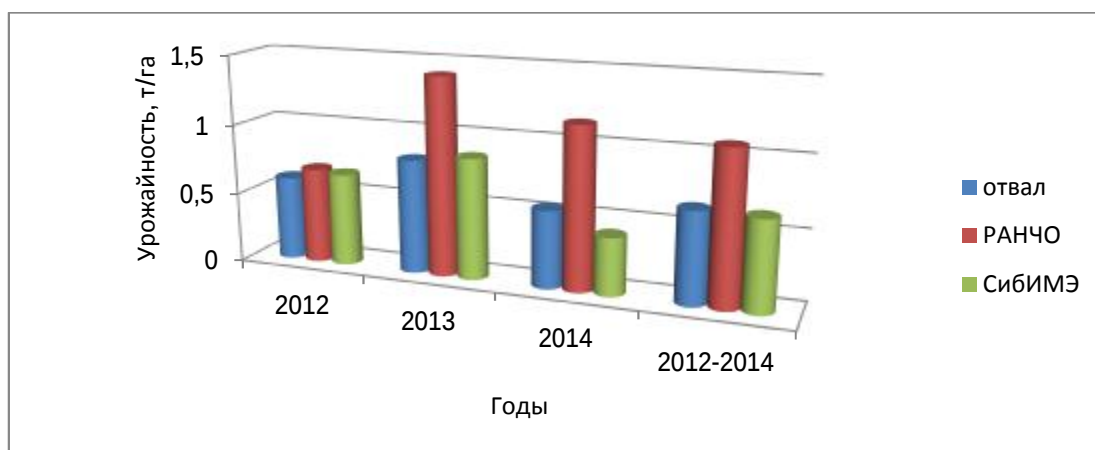


Рисунок 1 - Урожайность озимой пшеницы (т/га) в зависимости от способов подъема черного пара, 2012-2014 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение вспашки комбинированным орудием РАНЧО в качестве основной обработки почвы на аридных агроландшафтах Северного Прикаспия предусматривает сбережение влаги и энергии, способствуя борьбе с деградацией низкопродуктивных старопахотных земель этого региона.
2. Применение вспашки комбинированным орудием РАНЧО на глубину 0,30-0,35 м в аридных условиях способствует устранению плужной подошвы и повышает на 15 % эффективность усвоения выпадающих осадков, тем самым, создает благоприятные условия в корнеобитаемом слое почвы для роста и развития зерновых культур.
3. Применение ресурсосберегающего «анти-нулевого» чизельного органа (РАНЧО) при обработке черного пара под посев озимой пшеницы способствует повышению урожайности культуры на

66-68 % по сравнению с общепринятыми в данном регионе способами основной обработки почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Челобанов, Н.В. Земледелие в Астраханской области / Н.В. Челобанов – Астрахань: Изд-во «Факел», 1998. - С. 367-369.
- [2] Шуваев, Н.С. Сельское хозяйство Астраханской области: проблемы, конфликты, решения / Н.С. Шуваев, А.Н. Бармин, М.М. Иолин, Г.У. Адямова / Теоретические и прикладные проблемы АПК, №1, 2009. – С. 22-25.
- [3] Плескачев, Ю.Н. Инновационные способы обработки почв при возделывании ячменя / Ю.Н. Плескачев, И.Б. Борисенко, И.А. Мисюряев и др. / Плодородие, 2012. № 6, С.18.
- [4] Добровольский, Г.В. Проблемы изучения почв Прикаспийской низменности / Г.В. Добровольский // Почвоведение, №3, 1986. - С. 24-28.
- [5] Зволинский, В.П. Агроэкология и земледелие Северного Прикаспия / В.П. Зволинский – М.: РУДН, 1992. – С.76-94.
- [6] Зволинский, В.П. Почвы солонцовых комплексов Северного Прикаспия: Почвенно-мелиоративные условия развития земледелия в Нижнем Поволжье: Монография / В.П. Зволинский, В.Г. Ларешин.- М.: Изд-во РУДН, 1996. – 429 с.
- [7] Тулайков, Н.М. Избранные произведения. Критика травопольной системы земледелия / Н.М. Тулайков - М.: С/х лит., 1963. - 311 с.

Глава IV/15: АДАПТАЦИЯ ВИДОВ ЛЮПИНА В АГРОЛАНДШАФТЫ РОССИИ Chapter IV/15: Lupin Species' Adaptation to Russian Agro-Landscapes

Александр И. Артюхов*; Маргарита Е. Селиванова; Елена И. Исаева

DOI 10.25680/6578.2018.64.40.280

*Эл. Почта: lupin.zemledelie@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина, ул. Березовая 2, 241524, Мичуринский, Брянский район, Брянская область, Россия

РЕЗЮМЕ. Быстро окупаемые отрасли животноводства проявляют повышенный платежеспособный спрос на зернофураж люпина. Площади под люпином в России выросли с 14,5 тыс. га в 2011 г до 134,7 тыс. га в 2016 г. Это стало возможным в результате плодотворной работы по их адаптации в агроландшафты. Интродукция и адаптация люпина в агроландшафтах России проводится путем уменьшения влияния ограничивающих факторов, путем подбора видов для соответствующей суммы эффективных температур, суммы осадков и продвижения новых рационов кормления животных и птицы с включением зернофуража и продуктов переработки люпина. Нами созданы модели сочетания среднесезонной суммы осадков и суммы эффективных температур для успешного выращивания среднеспелых сортов узколистного и белого люпина. Любой фермер России, опираясь на эти модели, может безошибочно выбрать вид люпина для введения в свои севообороты. Приведена краткая технология ухода за посевами, позволяющая стабильно получать высокие урожаи семян узколистного и белого люпина.

Abstract. Fast developing livestock industries are showing increased demand for lupin grain forage. In Russia lupin crop area increased from 14500 ha in 2011 to 134700 ha in 2016. This became possible because of fruitful work on their adaptation in agricultural landscapes. Lupin introduction and adaptation into agro-landscape in Russia is realized as decreasing of effect of limited factors, as species' selection for suitable sum of effective temperatures, rain sum and promotion of new diets for animal and poultry feeding using lupin grain forage and products of its processing. We developed models of combination of rain average sum during many years and effective temperature sum for successful cultivation of medium ripening white and narrow-leafed lupin varieties. Based on these models any farmer in Russia can accurately select lupin specie to introduce them into crop rotations. A technology for crop care is given briefly, it allows get stable high yield of narrow-leafed and white lupin seeds.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интродукция, адаптация люпина, эпифитотии антракноза, сочетание суммы осадков и температур, изменение климата, северная граница возделывания, защита посевов, удобрение, кормление.

Keywords: introduction, lupin adaptation, anthracnose epiphytoty, rain and temperature sum combination, climate change, northern cultivation border, crop protection, fertilizer, feeding

ВВЕДЕНИЕ

Люпин, это инновационная культура в современных агроландшафтах России. По концентрации и качеству белка люпин сопоставим с соей и имеет огромное значение в балансировании рационов и обеспечении вторичной продуктивности агроэкосистем. В России в течение 20 века происходило введение желтого люпина в культуру для получения зеленого удобрения, а затем и высокобелковых травянистых кормов. Выдающимся примером тому стал сорт желтого люпина Быстрорастущий 4. В семидесятые годы площадь под желтым люпином в Советском Союзе достигала 1,5 млн. га. Изменение интереса сельхозпроизводителей в сторону быстро окупаемых отраслей – свиноводства и птицеводства породило большой платежеспособный спрос на зернофураж люпина. В начале 21 века в реестре сортов Российской Федерации появились высокотехнологичные зернофуражные сорта узколистного люпина Кристалл и белого люпина Дега, проведена плодотворная работа по их адаптации в агроландшафты.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Для интродукции и адаптации люпина в агроландшафты необходимо учитывать основные ограничивающие его распространение факторы. По значимости для среднеспелых сортов они располагаются следующим образом: 1. Продолжительность технологического периода нахождения люпина в поле севооборота для обеспечения времени на подготовку поля к посеву последующих озимых зерновых культур – не более 110 дней. 2. Среднегодовое количество осадков за 110 дней вегетации, не вызывающая эпифитотии распространения антракноза видов люпина. 3. Среднегодовое количество осадков за 110 дней вегетации, не вызывающая эпифитотии распространения антракноза видов люпина. 4. Среднегодовое количество осадков за 110 дней вегетации, не вызывающая эпифитотии распространения антракноза видов люпина. 5. Психологическая неприязнь люпина и боязнь инноваций специалистов по кормлению животных и птицы, консервативные многовековые традиции кормления.

С расширением площади посевов люпина наблюдаются эпифитотии болезней. Это своеобразная реакция биосферы на изменение вещества энергии и информации в соответствии с законом внутреннего динамического равновесия В.И. Вернадского. В 60-е годы происходила эпифитотия фузариоза видов люпина. В восьмидесятые наблюдалась сильная и масштабная эпифитотия антракноза на желтом люпине [1]. Это привело почти к полной замене посевов желтого люпина в мире на узколистный. Но в обеих эпифитотиях селекционеры одержали победу над болезнями и вывели относительно устойчивые сорта к фузариозу и антракнозу.

Желтый люпин менее устойчив к антракнозу, чем узколистный. После гибели желтого люпина в конце 80-х годов во всем мире его площади занял узколистный люпин, так как он самый устойчивый к антракнозу вид среди возделываемых, а надежных способов защиты в то время не было разработано. **Самый неустойчивый к антракнозу среди видов – белый люпин.** Многолетние испытания сотен сортов и селекционных образцов трех видов люпина во Всероссийском НИИ люпина на искусственном антракнозном фоне [2] позволяют сделать достоверные сравнения по их устойчивости к антракнозу. За семь лет испытания на искусственном антракнозном фоне стебель белого люпина поражался в среднем на 71 %, а бобы

на 80 %, желтого люпина – на 65 и 64 %, и у узколистного люпина – на 54 и 45 %, соответственно.

В годы эпифитотий или на искусственном антракнозном фоне белый люпин часто поражается на 100 %. Поэтому работа с ним велась с особой осторожностью, и он не занимал производственных площадей в России до 2008 года. В 2008 году ВНИИ люпина заключил первые договора на размножение белого люпина сорта Дега. С этого момента началось введение новой стратегии ВНИИ люпина по видовому районированию в России. На тот момент это казалось очень рискованным. Но прежняя парадигма видового районирования себя исчерпала, потому что произошли существенные изменения климата и были разработаны новые стратегии защиты люпина от болезней.

В Центральном регионе России существенно изменился климат в сторону увеличения среднесуточных температур вегетационного периода однолетних культур. Архивные метеоданные позволили сделать анализ за последние десять лет и сравнить эти данные со среднемноголетними восьмидесятих годов прошлого века. Для среднеспелых сортов белого и узколистного люпина мы приняли длину вегетационного периода 110 дней с 1 мая по 20 августа. В среднем в 2005-2016 гг. среднесуточная температура в мае повысилась на 20,8%. Среднесуточная температура вегетационного периода люпина за эти годы повысилась на 11,6%. В связи с изменением климата и значительным потеплением в период вегетации растений ранее созданные сорта узколистного люпина стали естественно усыхать в третьей декаде июля, на 2 – 3 недели раньше нормального биологического срока, что приводит к недобору урожая.

Вегетационный период узколистного люпина сократился в среднем со 100 до 70 дней и при этом нивелировалась разница по созреванию среднепоздних и раннеспелых сортов.

Масса тысячи семян с нормальных для узколистного люпина 160 г она снизилась до 100 г и это одинаково для всех анализируемых сортов. При этом не было установлено влияние каких либо болезней или вредителей на развитие люпина.

Люпин белый оказался в Брянске в благоприятных условиях произрастания, а узколистный люпин оказался в плохих климатических условиях для выращивания. Урожайность узколистного люпина снизилась до 10 ц/га, что потребовало кардинальных решений по видовому районированию люпина. Были проанализированы литературные данные по отношению видов люпина к теплу и сумме осадков. Проанализированы данные сортоучастков и данные с производственных посевов. Применены знания и опыт районирования, имеющийся у селекционеров сортов узколистного и белого люпина. В результате были предложены модели сочетания тепла и осадков для обеспечения высокой продуктивности и отсутствия риска возникновения эпифитотий антракноза.

Основные климатические требования для районирования узколистного люпина (на примере среднеспелого сорта ВИТЯЗЬ)

1. Наличие **110 дней** со среднесуточной температурой выше 10 и суммой эффективных температур **1700-1850 °C**
2. Средняя температура в мае **12-13 °C**, в течение вегетации сорта **15-17 °C**
3. Сумма осадков за 110 дней вегетационного периода **≥ 250 мм**
4. Наличие похолодания во второй половине мая до +4...–4°C для прохождения яровизации

При сумме эффективных температур свыше 1850°C за 110 дней вегетации – возделывание узколистного люпина среднеспелых сортов малоурожайно и **неэффективно**.

Основные климатические требования для районирования белого люпина (на примере среднеспелого сорта ДЕГА)

1. Наличие **110 дней** со среднесуточной температурой выше 10 и суммой эффективных температур **> 2000 °C**
2. - Сумма осадков за 110 дней вегетационного периода **200-220 мм** (при этом отсутствует опасность эпифитотий)
3. - Сумма осадков за 110 дней вегетационного периода **220-250 мм** (повышенная опасность эпифитотий, обязательна интенсивная фунгицидная защита)

При сумме осадков за 110 дней вегетационного периода **свыше 250 мм возделывание белого люпина не рекомендуется** из-за высокой вероятности гибели посевов от антракноза. Чтобы естественным путем избавить белый люпин от антракноза, его необходимо поместить в места с естественной сухостью климата.



Северная граница возделывания белого люпина переместилась на север примерно на 250-300 км, соответственно переместилась на север южная граница возделывания узколистного люпина. Теперь мы рекомендуем возделывать белый люпин вместо узколистного в Брянской, Орловской, в южной части Тульской, Рязанской, Нижегородской областях, в республиках – Чувашской, Татарстане, Башкортостане. В Челябинской, Курганской, Омской областях и в Алтайском крае рекомендуется производить самый ранний посев люпина белого при наступлении физической спелости почвы для того, чтобы имеющиеся сорта Дега, Мичуринский успевали вызреть.

Резко меняющийся климат продемонстрировал селекционерам их ошибки в выборе селекционных стратегий. Например, преобладание стратегии селекции узколистного люпина на скороспелость привела к потере позднеспелых теплолюбивых генотипов узколистного люпина и к отсутствию позднеспелых сортов. Как оказалось, отсутствуют позднеспелые сорта узколистного люпина, которые могут эффективно расти при сумме эффективных температур 1850...2000 °С. Для этого диапазона суммы температур в России отсутствуют сорта белого люпина, белый люпин обречен на полное поражение антракнозом. Во ВНИИ люпина начата активная работа по созданию позднеспелых сортов узколистного люпина, которые должны занять диапазон суммы эффективных температур 1850...2000 °С за 110 дней вегетации и хорошо адаптироваться в сухих условиях южного Урала, Алтайского края, южной Сибири.

Предложенные две модели сочетания тепла и осадков для люпина хорошо работают в Центральной полосе России. Для адаптации люпина в экстремальных условиях севера и резкой континентальности климата с коротким летом созданы раннеспелые сорта узколистного люпина традиционного морфотипа Снежеть и сорт Надежда колосовидного морфотипа, для которого

достаточно эффективных температур – 1200 °С. Эти сорта хорошо переносят избыточное увлажнение, характерное для севера России.

Не может быть адаптации люпина без современных технологий выращивания. Основой в технологиях является защита растений. Агроном, посеявший люпин, должен понять, что он создал в этом поле очень высокий фон содержания азота в почве. Хотел бы он или не хотел, люпин зафиксирует из воздуха 150 кг д.в. биологического азота. Для сравнения представим себе, если бы мы внесли в поле пшеницы 150 кг д.в. азота, то какой уровень защиты такого посева мы бы должны были обеспечить. Ответ один – высокий уровень защиты. Антракноз зимует в семенах люпина и накапливается с репродуцированием. Поэтому семена люпина можно получить только при интенсивной фунгицидной защите посева.

Если учтены почвенно-климатические требования для произрастания видов люпина и сделана защита посевов, то успех обеспечен. Лучшее хозяйство по работе с люпином белым ООО Мценское на площади 800 га получило 4,5 т/га семян сорта Дега (рис.1).

Спрос на репродукционные семена белого люпина превышает спрос на его зернофураж. Фермеры уверены в растущем рынке зернофуража белого люпина и вкладывают средства в расширение посевов. Темпы роста посевов люпина в России в основном обеспечены расширением посевов белого люпина (рис. 2).

Тормозом адаптации люпина в агроландшафты остаются технологии животноводства и специалисты по кормлению. Они не хотят брать ответственность за инновации и предпочитают производить неконкурентоспособную по себестоимости продукцию животноводства из-за применения в рационах дорогостоящих заокеанских соевых продуктов, нежели заниматься адаптацией люпина и продуктов его переработки в рационы скота, животных, птицы и рыбы. Часто специалисты по кормлению делают ложные выводы о значительном превосходстве соевых продуктов в сравнении с люпином. Например, нельзя сравнивать соевый шрот, полученный после снятия оболочки с сои и прошедший термическую обработку, с нативным люпином. Это и методически, и логически не верно. Когда же сравнивают с соевым шротом продукт «термобоб» из белого люпина после снятия с него оболочки и прошедший термогидролиз, то он оказывается более эффективным в кормлении, чем соевый шрот. «Термобоб» на треть дешевле соевого шрота, но при этом обеспечивает такие же привесы птицы и животных. Но и сырой белый люпин экономически эффективнее соевого шрота. Несмотря на то, что его нужно применить в рационе по весу на 30 % больше, чем заменяемый им соевый шрот, его цена в два раза меньше – 14 и 29 рублей, соответственно.

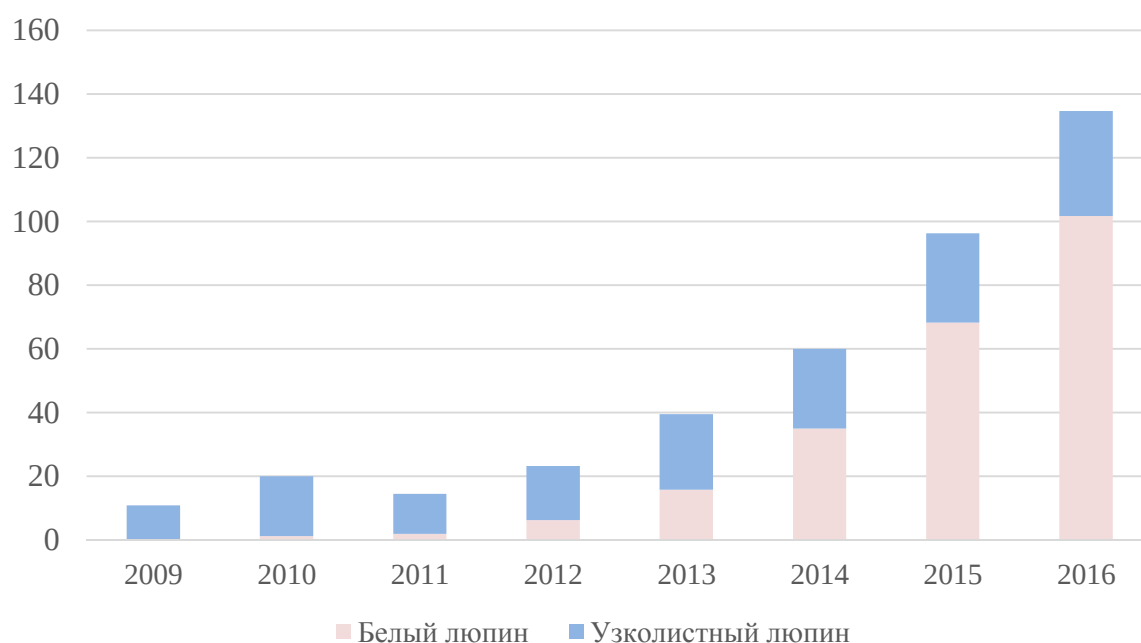


Рисунок 2. Площади посева люпина на семена в России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Правильно установленные ограничивающие факторы и их сочетание позволяют своевременно делать корректировку алгоритмов видового районирования и ускорять интродукцию и адаптацию люпина в агроландшафты.
2. Созданные модели сочетания среднесуточной суммы осадков и суммы эффективных температур для успешного выращивания среднеспелых сортов узколиственного и белого люпина позволяют любому фермеру России безошибочно выбрать вид люпина для введения в свои севообороты.
3. Предложенный алгоритм адаптации видов люпина может применяться в агроландшафты с умеренным климатом за пределами России.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Такунов, И.П. Люпин в земледелии России / Такунов И.П. – Брянск: «Придесенье». 1996. С 260.
- [2] Якушева, А.С. Оценка люпина на устойчивость к антракнозу / Якушева А.С., Соловьянова Н.Н. //Методические рекомендации. -Брянск, 2001, 18с.

Глава IV/16: ПРОБЛЕМЫ И УСПЕХИ БИОЛОГИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ В БОРЬБЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Chapter IV/16: Problems and Successes in the Biologization of Agricultural Landscapes in the Fight against Soil Degradation in the Far East of Russia

Владимир И. Голов*; Максим Л. Бурдуковский

DOI 10.25680/3988.2018.35.58.281

*Эл. Почта: golov@ibss.dvo.ru

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук, проспект 100-летия Владивостока 159, 690022 Владивосток, Россия

РЕЗЮМЕ. Традиционные методы ведения земледелия и окультуривания агроландшафтов, ориентированные на применение высоких доз минеральных удобрений и химических средств защиты растений, опирающиеся на возвратный закон Либиха, теряют свою популярность в мировом аграрном секторе. Из альтернативных систем земледелия наиболее перспективным выглядит биологизация земледелия с применением активных штаммов азотфиксирующих, редуцирующих, фосфороразлагающих и других почвенных микроорганизмов, которые участвуют в круговороте биогенных элементов и способствуют оптимизации питания растений. В статье приведены краткие результаты успешного использования активных штаммов клубеньковых бактерий на Дальнем Востоке для сои, выделенных из аборигенной микрофлоры. Впервые получены данные, свидетельствующие об увеличении урожайности, содержания гумуса и количества элементов питания в почвах при внедрении биологических (без минеральных удобрений) севооборотов с посевами многолетних трав.

Abstract. Traditional methods of farming are losing their popularity in the global agricultural sector. These methods are based on the Liebig's law of return and oriented to the use of high doses of mineral fertilizers and plant protection chemicals. Biologization of agriculture is the most promising of alternative farming systems. It is based on the use of active nitrogen fixing strains, reducing-, phosphor-degrading and other soil microorganisms that participate in the cycle of biogenic elements and contribute to the optimization of plant nutrition. The article deals with the brief results of successful use of active strains of nodule bacteria for soybean isolated from native microflora in the Far East. Data obtained for the first time indicate an increase in the yield, in humus content and the number soil nutrients in the implementation of biological crop rotations with crops of perennial grasses (without mineral fertilizers).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: круговорот биогенных элементов, азотификация, почвенная микрофлора, экологические функции бактерий и грибов.

Keywords: cycling of nutrients, nitrogen fixation, soil microflora, ecological functions of bacteria and fungi

ВВЕДЕНИЕ

Экологические проблемы, связанные с сельскохозяйственной деятельностью человека, сопровождали его всегда со времен появления земледелия, как одной из наиболее важных отраслей, поддерживающих его существование на Земле. Ранее, при истощении почв разрабатываемый участок оставляли на несколько лет под естественное восстановление. С появлением минеральных удобрений удалось увеличить сроки использования пахотных земель, при этом урожаи выросли в несколько раз и, соответственно, возросло количество проблем, на многие из которых, не найдены решения до настоящего времени.

К проблемам, возникшим из-за одностороннего внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений (N:P:K), которое продолжается уже около 150 лет, а также из-за отсутствия внимания к другим элементам питания (S, Mg, Mo, B, Cu, Zn Fe, Mn и др.) следует отнести накопление нитратов в получаемой продукции, а также накопление азота и фосфора в поверхностных и грунтовых водах, что приводит к эвтрофикации водоемов. Помимо этого, при длительном и особенно интенсивном применении минеральных удобрений усиливаются процессы дегумификации и агрохимической деградации почв, растет уровень их кислотности. Ухудшаются физические свойства: увеличивается плотность пахотного горизонта, теряется структура, снижается ее водоудерживающая способность и др. [1].

ПЕРСПЕКТИВЫ АЗОТФИКСАЦИИ, ЕЕ РОЛЬ В ЭКОЛОГИИ БИОСФЕРЫ

Известно, что азот является наиболее востребованным не только растениями, но и всеми другими живыми организмами, обитающими на суше и в воде. Из всех сухопутных живых организмов, которые в буквальном смысле купаются в атмосферном азоте (78,08% в воздухе которым мы дышим), лишь бактерии – азотфиксаторы (дiazотрофы) способны обеспечивать не только себя, но и все живое на земле, переводя недоступный для других инертный азот (N₂) в биологически доступный. Фиксация и усвоение азота этими микроорганизмами, по масштабам и значимости для живой природы, сопоставима с не менее масштабным и глобальным процессом – фотосинтезом [2].

До недавнего времени считалось, что фиксировать атмосферный азот может только небольшая группа микроорганизмов (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Rhizobium*). В последние годы согласно исследованиям, проведенным как у нас в стране, так и за рубежом, обнаружилось, что такой способностью обладают представители практически всех физиологических и таксономических групп прокариот: хемолитотрофов, фототрофов и гетеротрофов, аэробов, и анаэробов, грамположительных и грамотрицательных [3]. И это свойство (способность фиксировать атмосферный азот) было включено в перечень принципиальных диагностических признаков, наравне с отсутствием клеточного ядра, отличающих прокариот от царства эукариот. С этого момента эукариоты (грибы, водоросли, высшие растения и животные) были окончательно исключены из числа азотфиксаторов [4]. Не имея способности к азотфиксации, эукариоты в процессе эволюции выработали способность к формированию сообщества с бактериями – diaзотрофами. Такие системы весьма разнообразны по составу как микроорганизмов-diazотрофов так и растений. Однако они обладают одним общим и весьма ценным для выживания всех членов сообщества свойством – тесным сопряженным взаимодействием биогеохимических циклов азота и углерода. Такое сопряжение достигается, выработанной в процессе эволюции интеграцией и синхронизацией азотного и углеродного метаболизма бактерий с одной стороны и растений или животных с другой, чего практически невозможно достичь искусственным внесением минеральных удобрений или минеральных подкормок.

Максимальная продуктивность азотфиксации отмечена у бобовых растений в симбиозе с клубеньковыми бактериями, которые производят 25-35% мирового объема пищевого и кормового белка. На площади, которую они занимают (250 млн. га пашни) масса фиксированного ими азота составляет 90 млн.т в год, а для того, чтобы произвести такое же количество минеральных азотных удобрений необходимо затратить 288 млн.т топлива стоимостью около 30 млрд. долларов [5].

Наиболее значительное нарушение биохимических циклов из основных биогенных элементов (C, O, N, P, S и Mo) на Дальнем Востоке отмечается для молибдена и серы. Согласно многолетним исследованиям по содержанию молибдена в почвах и других объектах агроландшафтов, территория, занятая в основном сельхозугодьями, отнесена к бедной этим элементом провинции, о

чем более подробно изложено ниже. Что касается серы, то ее общий планетарный поток в результате хозяйственной деятельности человека оценивается в 150 млн.т. Он формируется в основном от сжигания горючих ископаемых, особенно угля, в котором содержится от 1,5 до 10% серы и нефтепродуктов, содержащих до 3% этого элемента. Накопление антропогенного азота и серы в атмосфере и биосфере приводит не только к широко распространенной ацидификации, но и оказывает существенное влияние на радиационный баланс Земли, усиливая парниковый эффект и способствуя разрушению озонового слоя. Уже в 1980 году за предшествующие сто лет антропогенная эмиссия SO_2 увеличилась с 2 млн.т в год до 70 млн.т (в расчете на элементарную серу). В настоящее время антропогенный поток серы вдвое превышает естественный, а сток серы по речным системам уже более чем вдвое превысил его первоначальную доиндустриальную (с 1860 года) величину, чему способствовала в основном эрозия почв, химизация земледелия и сжигание топлива [1, 6]. Поскольку кислотные осадки переносятся на большие расстояния, приобретая трансграничный характер, возникает необходимость в международном сотрудничестве в данной области. Такая потребность возникла на Дальнем Востоке России, который граничит с провинцией Хейлунцзян КНР, на территории которой основным источником производимой энергии является бурый уголь, содержащий большое количество серы.

Существенную лепту в решение обозначенных экологических проблем может внести более широкое применение биологических и биодинамических технологий земледелия, уже имеющихся на вооружении в аграрном секторе многих стран мира и находящихся в стадии разработки. Эти задачи можно решать не только более широким применением биологических удобрений (нитрагин, азотобактерин, ризоторфин и т.д.), активизирующих процессы фиксации азота или разложения труднодоступных источников фосфора в почве. Необходимо создавать условия для комфортной жизнедеятельности полезной почвенной микрофлоры путем внесения нетрадиционных органических удобрений (сапропели, модифицированные торфокомпосты, сухие остатки сточных вод, отходы животноводства и птицеводства, прошедшие предварительную биологическую деструкцию и saniрующую обработку и т.д.). Таковые технологии в настоящее время имеются в арсенале работников сельского хозяйства как у нас в стране, так и за рубежом.

Дальневосточными микробиологами в последние годы во главе с академиком РАСХН В.А. Тильбой [7] были изучены природные популяции ризобий сои в районах произрастания дикорастущего и культурного вида на юге Дальнего Востока. Были выделены высокоактивные штаммы клубеньковых бактерий из дикорастущей сои, превосходящие культурные аналоги по вирулентности, активности и энергии роста в несколько раз. Это позволило увеличить в отдельных случаях долю симбиотического азота в урожае сои до 90% и получить прибавки урожая зерна сои от 2 ц/га (в Амурской области) до 18 ц/га. Особенно высока была эффективность выделенных штаммов ризобий (ББ-49 и др.) в регионах, где их природная популяция отсутствовала. В созданной этими учеными уникальной коллекции клубеньковых бактерий сои, насчитывающей более 1000 единиц хранения, есть штаммы, обладающие весьма ценными свойствами. Например, устойчивые к гербицидам, высокой кислотности почв, повышенной концентрации молибдена.

Обнадеживающие результаты получены во Всероссийском научно-исследовательском институте сои после прохождения третьей ротации травопольного севооборота (8 полей, в т.ч. 2 поля травы-кострец+люцерна). В этом севообороте применение минеральных удобрений было сведено до минимума. Вместо навоза применяли сапропель и солому, а также гуминовые препараты. Соя была инокулирована активными штаммами клубеньковых бактерий, выделенных из аборигенных диких форм сои. По сравнению с традиционными минеральными севооборотами увеличился урожай сои и пшеницы, повысилось содержание гумуса на 0,11%, снизилась кислотность, улучшились физические и химические свойства почв [7].

РОЛЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ И ДРУГОЙ ПОЛЕЗНОЙ МИКРОФЛОРЫ

Помимо генетических особенностей успешной фиксации азота для микроорганизмов, как и для растений, требуются оптимальные условия для их роста и развития, из которых наиболее важными являются вода и питание. В опытах В.С.Бжеумыхова [8] наиболее мощным фактором усиления симбиотической азотфиксации на фоне инокуляции семян люцерны активными штаммами ризобиума, явилось орошение и оптимальное питание. Без орошения инокуляция увеличила симбиотическую N-фиксацию в среднем на 52 кг/га, при орошении без внесения P, B, Mo на 77 кг/га, а при поливах и при внесении P, B, Mo на 93 кг/га. Это свидетельствует о том, что орошение

посевов должно сочетаться с улучшением минерального питания, особенно теми элементами, которые принимают непосредственное участие в процессе фиксации азота и которыми усиленно питается микрофлора (Mo, B, Cu и др.).

Как подсказывает нам практика применения минеральных удобрений, специализация отдельных хозяйств или регионов на выращивании монокультур, отличающихся специфической потребностью и соответственно выносом некоторых элементов питания, которые не вносятся в качестве удобрений, довольно часто приводят к дефициту данных элементов (схема 1).

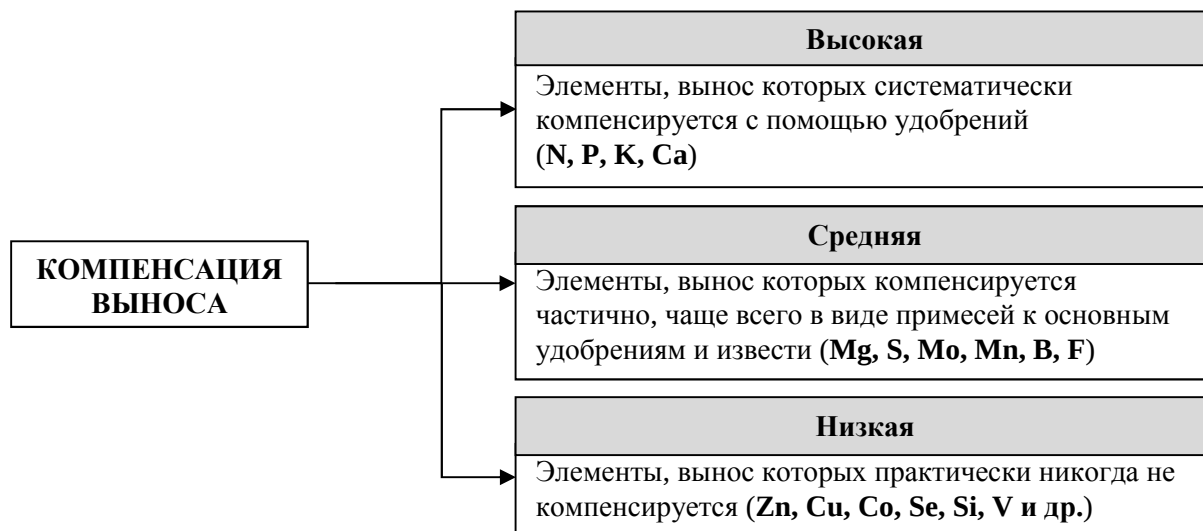


Рисунок 1 - Схема реальной компенсации выноса элементов питания в агроценозах

Это в первую очередь относится к элементам, входящим в состав металлоферментов, фитонцидов, антибиотиков, витаминов и других экссудатов корней и микроорганизмов, участвующих в метаболизме и круговороте биофильных элементов. При этом следует помнить, что 60-90% биомассы Земли состоит из микроорганизмов, населяющих, главным образом почву [2]. В практике земледелия довольно часты случаи возникновения дефицита тех элементов, которые находятся в минимуме. Так, например, в наших полевых опытах, при изучении эффективности минеральных удобрений под сою (N, P, K) был получен отрицательный результат, т.е. удобрения не подействовали, но когда мы впервые добавили молибден – урожай зерна сои увеличился вдвое (с 10 до 21 ц/га). Все объяснилось просто. Амурская область специализируется на выращивании сои более 80 лет. В производственных условиях долгие годы использовался двухпольный севооборот (соя-зерновые-соя и т.д.). За это время молибден стал дефицитным. Аналогичные случаи, причем не только с Mo были зарегистрированы как у нас в стране, так и за рубежом [1, 9]. Учитывая сказанное считаем, на Дальнем Востоке подробнее изучить биогеохимические циклы таких элементов как Mo, S, B, Cu и возможно других, роль которых еще слабо изучена в процессах азотфиксации и других взаимодействий растений с микрофлорой. Это диктуется не только тем, что на Дальнем Востоке России сосредоточены основные посевы сои (до 90% от всех посевов в нашей стране), но и слабой изученностью почвенной и другой микрофлоры, участвующей в круговороте биофильных элементов.

В качестве переходной технологии от традиционной к биологической можно рекомендовать более широкое использование органических удобрений, прошедших соответствующую санацию. А также органоминеральные удобрения, обогащенные умеренными дозами минеральных удобрений. Такой положительный опыт накоплен в последние годы на Дальнем Востоке при внесении торфогуминовых удобрений, которые отличаются от широко известных торфяных компостов более пролонгированным и экономным расходом минеральных элементов, внесенных в малых дозах. Эффективность и экологичность этих удобрений увеличивается благодаря введению в их состав гуминовых веществ с торфом, обладающих адсорбционными свойствами [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для поддержания экологического состояния почвы необходимо замещать основную массу минеральных удобрений и пестицидов на органические удобрения.
2. Обработка посевов активными штаммами клубеньковых бактерий усиливает процесс фиксации азота, и успешно конкурируют с патогенной микрофлорой без потери величины урожая и качества почвы.
3. Шире использовать органоминеральные удобрения на торфяной основе, обогащенные минимальными дозами минеральных удобрений, которые не создают экологических проблем благодаря высокому содержанию в торфах гуминовых кислот, обладающими адсорбционными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Голов, В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2004. - 316 с.
- [2] Добровольская, Т.Г., Звягинцев, Д.Г., Чернов, И. Ю., Головченко, А.В., Зенова, Г.М., Лысак, Л.В., Монучарова, Н.А., Марфенина, О.Е., Полянская, Л.М., Степанов, А.Л., Умаров, М.М. 2015. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв. Почвоведение. 9, 1087-1096.
- [3] Умаров, М.М. 2001. Современное состояние и перспективы исследования микробной азотфиксации. В сборн.науч.труд.конф.: Перспективы развития почвенной биологии. Москва, 47-56.
- [4] Добровольский, Г.В., Умаров, М.М. 2004. Почва, микробы и азот в биосфере Природа. 6, 15-22.
- [5] Вэнс, К. 2002. Симбиотическая азотфиксация у бобовых: сельскохозяйственные аспекты. В сборнике: Rhizobiaceae. Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями. Санкт-Петербург, 541-563.
- [6] Голубев, Г.Н. Геоэкология. – М.: Аспект Пресс, 2006. - 288 с.
- [7] Тильба, В.А., Бегун, С.А., Якименко, М.В. 2013. Изучение природных популяций клубеньковых бактерий сои Российского Дальнего Востока. В сборн.науч.труд.конф.: Аграрные проблемы научного обеспечения Дальнего Востока. Благовещенск, С. 13-17.
- [8] Бжеумыхов, В.С. 2005. Формирование и активность симбиотического аппарата люцерны в зависимости от орошения, внесения макро- и микроудобрений на обыкновенном черноземе. В сборн.науч.труд.конф.: Агрохимические проблемы биологической интенсификации земледелия. Владимир, 267-271.
- [9] Davies, E. B. 1956. Factor affecting Molybdenum Availability in soils. Soil Science. 3, 209- 222.
- [10] Голов В.И., Тимофеев А.Н., Асеева Т.А. Эффективность новых торфогуминовых удобрений на почвах Дальнего Востока. //Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН). М. № 3. С 36-38.

**ГЛАВА IV/17: РАЗРАБОТКА ОСНОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДЛЯ РИСОВЫХ
СЕВООБОРОТОВ АКДАЛИНСКОГО МАССИВА ОРОШЕНИЯ ЮГО-ВОСТОКА
КАЗАХСТАНА**

**Chapter IV/17: Development of Bases of Organic Farming for Rice Crop Rotations in the Akdala
Irrigation Area, Southeastern Kazakhstan**

Мария А. Ибраева

DOI 10.25680/3477.2018.13.94.282

Эл. Почта: ibraevamar@mail.ru

Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У. У. Успанова, пр.
Аль Фараби 75 В, Алматы, Казахстан

РЕЗЮМЕ. Приведены результаты исследования влияния биомелиорантов на биологическую активность и гумусное состояние рисовых почв. Было установлено, что применение биомелиорантов, таких как "Green Эко", "Эдагум" и "Гумат натрия" эффективно влияют на биологическую активность почв. Результаты внесения биомелиорантов показали, что наиболее оптимальным биомелиорантом в формировании положительного баланса гумуса и улучшении его показателей качества является Green Эко в минимальной дозе 50 кг/га. Но и эдагум при дозе 100 и 150 л/га увеличил общее содержание гумуса, хотя и немного снизил его качество.

Abstract. The article describes the results of a study on the impact of biomeliorants on biological activity, humus status of rice soil and rice yield. It was found that application of biomeliorants into soil – such as Green-Eco, Edagum and Sodium humate have effective influence on soil biological activity. Biomeliorant test results showed that the most optimal biomeliorant in formation of a positive humus balance and improvement of its quality indicators is Green-Eco in minimum dose of 50 kg / ha. But also Edagum in making 100 and 150 l/ ha increased the total content of humus, although slightly reduced its quality.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: выращивание риса, органическое сельское хозяйство, биомелиоранты, гумус, Казахстан

Keywords: rice cropping, organic farming, bio-ameliorants, humus, Kazakhstan

ВВЕДЕНИЕ

Технический прогресс приносит человеку не только материальное благополучие, но и обуславливает постоянно возрастающую техногенную нагрузку на биосферу - почву, водоемы, реки, атмосферу, живые организмы. К факторам, которые ее вызывают, относят химизацию сельского хозяйства. Высокие дозы минеральных удобрений, многочисленные обработки химическими средствами защиты растений, нарушение технологии их применения, интенсивное возделывание почвы, глубокая вспашка привели к целому комплексу отрицательных экологических последствий [1-3].

На смену старым технологиям идет биотехнология, и на современном этапе только с ее помощью можно решить экологические, энергетические и продовольственные проблемы, стоящие перед человечеством. Почвенная биотехнология является центральным звеном в развития актуального направления современного сельского хозяйства – органического земледелия.

МЕТОДЫ

Для выполнения работы привлечены основные методы и методологий исследования почв. Для определения биологической активности почвы был использован аппликационный метод, предложенный Мишустиним Е.Н., Востровым И.С. и Петровой А.Н. [4]. Основные химические, физико-химические, гранулометрические анализы образцов почв проводили по общепринятым методикам описанным Аринушкиной Е.В. [5] Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами математической статистики, описанными [6] с использованием программы пакета анализов «Excel - 97» и «Atte Stat».

ВЛИЯНИЕ БИООРГАНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ НА ПРОТЕАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ РИСОВЫХ ПОЧВ

Специфику гумификации и минерализации органического вещества почвы и скорость минерализации поступающего в почвы опада и других органических веществ определяет биологическая активность почв. Как подчёркивает Берестецкий О.А. с соавторами [7] от активности и направленности биологических процессов, протекающих в почве, зависит скорость трансформации различных соединений, разложение растительных остатков, накопление элементов питания растений и, в конечном счёте плодородие почвы.

Поэтому мы изучали влияние внесения в низкопродуктивные рисовые почвы биомелиорантов на её биологическую активность: протеазную активность и интенсивность накопления аминокислот.

Анализ полученных фактических величин t-критерия Стьюдента показывает на статистическую достоверность ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{таб.}}$) % разжижения желатинового слоя экспонированной в почву фотобумаги по вариантам опыта.

Анализ степени вариабельности по вариантам опыта также показывает, что установленные средние значения являются статистически устойчивыми. Подтверждением этому служат величины их коэффициентов вариации, которые не превышают 6,4 % в контроле, 0,4% в варианте с "Green-Эко", 3,6% в варианте с "Эдагум" и 0,8% в варианте с "Гумат натрия" и по шкале градации соответствуют пределу «незначительный». Пределы колебаний абсолютных величин % разжижения желатинового слоя фотобумаги, экспонированных в почве по вариантам опыта также довольно узкие, что тоже, хотя косвенно, но указывает на статистическую достоверность полученных средних величин по вариантам опытов

Полученные средние значения протеазной активности почв по вариантам опыта являются статистически достоверными и могут быть использованы для обобщения полученных результатов по исследованию влияния биомелиорантов на протеазную активность периодически затапливаемых рисовых почв опыта.

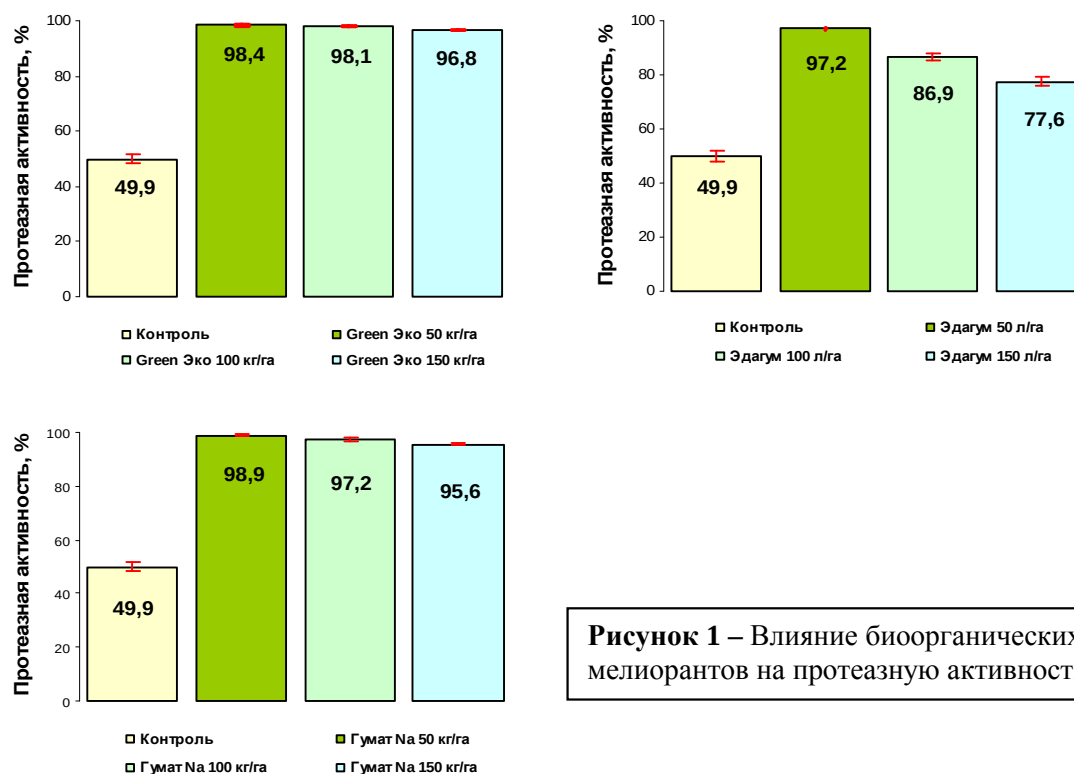


Рисунок 1 – Влияние биоорганических мелиорантов на протеазную активность почв

Среди испытанных биологических мелиорантов (рисунок 1) наиболее оптимальным оказался вариант с внесением "Green-Эко" в дозе 50 кг/га, где наблюдается максимальный % разложения желатинового слоя равный $98,4\% \pm 0,23$.

ВЛИЯНИЕ БИООРГАНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ НА НАКОПЛЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ В РИСОВЫХ ПОЧВАХ

Интенсивность накопления аминокислот почвы методом «аппликации» определяли по разложению в ней льняной ткани. Но поскольку степень активности целлюлозных микроорганизмов зависит от наличия в почве также доступного азота, фосфора и других элементов, то степень распада, можно считать, отражает «напряженность хода микробиологических процессов вообще».

Интенсивность микробиологической активности в почве «аппликационным» методом можно установить быстрее, если на еще неразложившейся ткани специальными реактивами «проявить» продукты жизнедеятельности микроорганизмов, каковыми являются следы аминокислот, которые синтезируются микроорганизмами при разложении клетчатки.

Вариационно-статистическая обработка полученных средних данных показала их статистическую достоверность, которую оценивали по t-критерию Стьюдента.

При 0,95 % вероятности фактические величины t-критерия Стьюдента по всем вариантам опыта выше их табличного значения, что указывает на их статистическую достоверность.

На статистическую устойчивость указывает также и анализ степени вариабельности по вариантам опыта, где величины их коэффициентов вариации колеблются в пределах 0,4-2,1% и по шкале градации соответствуют пределу незначительный. Пределы колебания отдельных значений средних величин и пределы доверительного интервала достаточно узкие, что, хотя косвенно, но указывает на статистическую устойчивость полученных средних величин по вариантам опытов.

Таким образом, можно сказать, что полученные средние значения являются статистически достоверными и могут быть использованы для обобщения полученных результатов по исследованию влияния биоорганических мелиорантов на интенсивность накопления аминокислот. Проведенный анализ среднестатистических данных интенсивности накопления аминокислот в почвах по вариантам опыта показал, что здесь также все испытанные биоорганические мелиоранты оказывают ощутимый эффект по сравнению с контролем (рисунок 2).

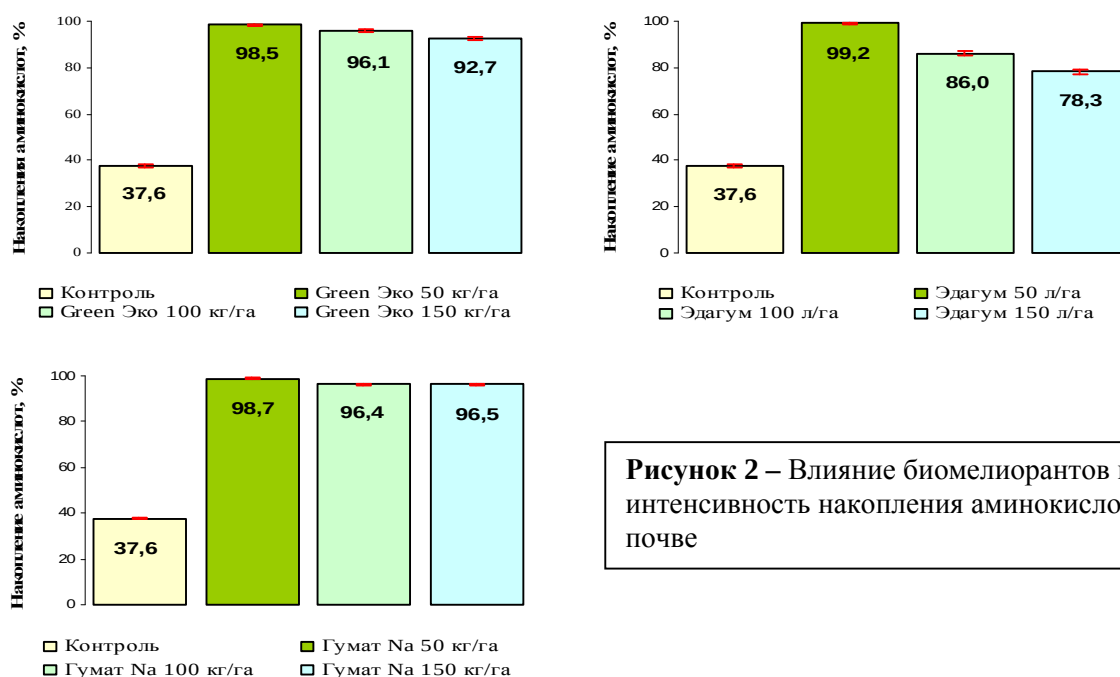


Рисунок 2 – Влияние биомелиорантов на интенсивность накопления аминокислот в почве

Увеличение процента разложения льняного полотна в различных вариантах колеблется в пределах 78,3-99,2 процентов. Максимальный эффект также получены от самых низких доз испытанных биологических мелиорантов, где процент разложения льняного полотна достигает 98,7%-99,2%. Интенсивность накопления аминокислот на вариантах с биомелиорантами значительно выше, чем на контроле. Таким образом, внесение указанных биомелиорантов в почву эффективно влияет на биологическую активность почв.

Общеизвестно, что гумус почвы является важнейшим источником азота и других элементов питания растений. При накоплении перегноя происходит биологическая аккумуляция этих

элементов в почве, а при его разложении они постепенно высвобождаются и в форме минеральных соединений усваиваются растениями. Источником углеродного питания растений служит выделяющийся в процессе минерализации гумуса углекислый газ. Следовательно, содержание гумуса - один из существенных показателей плодородия почвы.

Мы исследовали влияние внесения различных доз «Green-Эко», "Эдагум" и «Гумат натрия» на показатели гумусного состояния низкопродуктивных рисово-болотных почв. Полученные результаты показывают, что испытанные дозы биомелиорантов оказали статистически достоверный положительный эффект на содержание общего гумуса (таблица).

Подтверждением этому служат данные о балансе гумуса. Во всех вариантах опыта наблюдается положительный баланс. При этом наибольшее увеличение содержания общего гумуса отмечено в варианте при внесении Green-Эко 50 кг/га (+10,7%). Положительный эффект Green-Эко наблюдается только при внесении малых доз, что не маловажно для фермеров с экономической точки зрения.

Противоположный эффект на содержание общего гумуса оказало внесение в почву разных доз Эдагума. Так внесение 50 л/га данного биомелиоранта не оказало влияния на содержание общего гумуса. Содержание гумуса выросло на 7,1% при внесении 100 л/га и на 10,7% при внесении 150 л/га Эдагума. Внесение в почву гумата натрия в количестве 50, 100 и 150 кг/га оказало отрицательное влияние на содержание общего гумуса.

Важнейшей характеристикой легкоразлагаемого органического вещества является содержание в нем азота, и величина отношения $C:N$, влияющая на скорость разложения лабильных органических веществ.

В нашем опыте разные содержание азота в гумусе при внесении Green-Эко в дозе 50 кг/га снизилось по сравнению с контролем (5,5%) до 5,2%, т.е. гумус стал богаче углеродом, что хорошо для эффективного плодородия почв. Отношение $C:N$ при внесении 50 кг/га Green-Эко было равно 11,6 против 10,8 в контрольном варианте, т.е. гумус более насытился углеродом, а в двух других вариантах с большими дозами (100 и 150 кг/га) этот показатель ниже, чем в контроле 8,7 и 8,8 соответственно.

Явно наблюдается отрицательное влияние на качество гумуса, хотя, в общем содержание общего гумуса увеличилось. Таким образом, положительный эффект как на содержание общего гумуса, так и на его качество оказывает внесение меньшей дозы Green-Эко (50 кг/га).

Внесение в исследуемые почвы разных доз Эдагума тоже неоднозначно сказалось на содержании азота в гумусе и отношении $C:N$ (таблица), хотя совершенно противоположное, чем Green-Эко. Так содержание азота в гумусе во всех вариантах опыта увеличилось по сравнению с контролем (5,5%): при внесении 50 л/га до 6,3%, 100 л/га до 5,9% и 150 л/га до 6,1%, т.е. гумус стал более насыщен азотом, чем углеродом. Естественно, также изменилось отношение $C:N$, оно стало уже и составило 9,3, 10,1 и 9,5 соответственно, тогда как в контроле было 10,8.

Гумат натрия сказался также неоднозначно на изучаемые параметры гумусного состояния. Содержание азота в гумусе намного увеличилось и составило 7,7% при дозе 50 кг/га, 7,4% при внесении 100 кг/га и 8,4% при 150 кг/га, тогда как в контроле этот показатель равнялся 5,5%. В гумусе почв этих вариантов увеличилась доля азота. Естественно соотношение углерода к азоту также снизилось. Отношение $C:N$ снизилось до значений 7,6; 7,9 и 6,9 соответственно вариантам опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Внесение в почву биомелиорантов эффективно влияет на биологическую активность почв. Установлено, что протеазная активность и интенсивность накопления аминокислот на вариантах с биомелиорантами значительно выше, чем на контроле. При этом максимальный положительный эффект на биологическую активность получен от самых низких доз испытанных биомелиорантов.
2. Испытанные биомелиоранты оказали положительное влияние на количественный и качественный состав общего гумуса в почве. Наиболее оптимальным биомелиорантом оказывающим положительный эффект на содержание общего гумуса и его качественные показатели является Green-Эко в минимальной дозе 50 кг/га. Да и с экономической точки зрения это более практично.

Таблица – Влияние биоорганических мелиорантов на показатели гумусного состояния почв лабораторного опыта через месяц после затопления

Показатели	M±m	Пределы колебания	t-критерий		± t _{0,05} * m	V,%	Баланс гумуса , ± %
			t _{факт.}	t _{0,05}			
Контроль							
Гумус общий, %	2,8±0,2	2,5÷3,3	11,5	3,18	1,06	8,7	
C:N	10,8±1,5	9,3÷13,8	7,4	3,18	6,32	13,6	
Содержание N в гумусе,%	5,5±0,7	4,2÷6,3	8,4	3,18	2,85	12,0	
Green-Эко, 50 кг/га							
Гумус общий, %	3,1±0,2	2,7÷3,3	15,3	3,18	0,87	11,3	+ 10,7
C:N	11,6±1,5	8,6÷13,8	7,4	3,18	6,72	23,3	
Содержание N в гумусе,%	5,2±0,7	4,2÷6,7	6,7	3,18	3,34	26,0	
Green-Эко, 100 кг/га							
Гумус общий, %	2,5±0,04	2,5÷2,6	63,7	3,18	0,17	2,7	- 10,7
C:N	8,7±0,54	7,9÷9,7	16,2	3,18	2,31	10,7	
Содержание N в гумусе,%	6,7±0,4	6,0÷7,3	16,8	3,18	1,73	10,3	
Green-Эко, 150 кг/га							
Гумус общий, %	2,6±0,06	2,5÷2,7	46,7	3,18	0,24	3,7	- 7,1
C:N	8,8±0,5	7,7÷9,4	16,5	3,18	2,29	10,5	
Содержание N в гумусе,%	6,7±0,4	6,2÷7,5	15,5	3,18	1,84	11,1	
Эдагум, 50 л/га							
Гумус общий, %	2,8±0,04	2,7÷2,8	70,1	3,18	0,17	2,5	0
C:N	9,3±0,19	9,0÷9,6	49,9	3,18	0,80	3,5	
Содержание N в гумусе,%	6,3±0,13	6,0÷6,5	50,0	3,18	0,54	3,5	
Эдагум, 100 л/га							
Гумус общий, %	3,0±0,19	2,7÷3,3	15,5	3,18	0,82	11,2	+ 7,1
C:N	10,1±1,25	8,4÷12,5	8,1	3,18	5,36	21,4	
Содержание N в гумусе,%	5,9±0,67	4,6÷6,9	8,8	3,18	2,89	19,6	
Эдагум, 150 л/га							
Гумус общий, %	3,1±0,05	3,1÷3,2	60,6	3,18	0,22	2,9	+ 10,7
C:N	9,5±0,21	9,1÷9,8	44,4	3,18	0,92	3,9	
Содержание N в гумусе,%	6,1±0,14	5,9÷6,4	43,8	3,18	0,60	4,0	
Гумат натрия, 50 кг/га							
Гумус общий, %	2,5±0,03	2,5÷2,6	84,2	3,18	0,13	2,1	- 10,7
C:N	7,6±0,38	6,9÷8,1	19,8	3,18	1,65	8,8	
Содержание N в гумусе,%	7,7±0,40	7,1÷8,5	19,0	3,18	1,74	9,1	
Гумат натрия, 100 кг/га							
Гумус общий, %	2,7±0,1	2,5÷2,8	27,3	3,18	0,42	6,3	- 3,6
C:N	7,9±0,61	6,9÷9,0	13,0	3,18	2,62	13,3	
Содержание N в гумусе,%	7,4±0,58	6,5÷8,5	12,7	3,18	2,50	13,6	
Гумат натрия, 150 кг/га							
Гумус общий, %	2,5±0,01	2,48÷2,5	28,3	3,18	0,04	0,6	- 10,7
C:N	6,9±0,24	6,5÷7,3	28,4	3,18	1,04	6,1	
Содержание N в гумусе,%	8,4±0,29	7,9÷8,9	28,6	3,18	1,27	6,1	

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Пятакова, Л.П.. Изменение биологической активности почв в зависимости от содержания тяжелых металлов и увлажнения. // Агрохимический вестник. № 4 – 2008. с. 37-39
- [2]Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы. // Почвоведение. — 2003. — № 2. — С. 202-210.
- [3]Сидоренко, А. В. Почвенная биота рисовых почв Кубани. // Материалы Международной научной конференции "Экология и биология почв". – Ростов-на-Дону: РГУ, 2005. – С. 452–454.
- [4]Мишустин Е.Н., Востров И.С., Петрова А.Н. Определение биологической активности почв разными методами, Микробиология. -1961. -Т. 30. вып. 4. - С. 665-672.
- [5]Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – учебное пособие для университетов -М.: МГУ, 1961. – С. 72-83.
- [6]Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – Москва, Изд-во МГУ, 1995.– 320 с.
- [7]Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.М. и др. Биологические основы плодородия почва. Изд-во «Колос». М. 1984. С. 218

Глава IV/18: ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ КОК-САГЫЗА (*TARAXACUM KOKSAGHYZ*) В КАЗАХСТАНЕ

Chapter IV/18: Technology of Kok-Saghyz (*Taraxacum Kok-Saghyz*) Reproduction in Kazakhstan

Кайрат Утеулин*, Избасар Рахимбаев, Кабл Жамбакин,Серик Мухамбетжанов, Габит Бари, Аслан Жексенбай, Баян Есболаева, Ажар Искакова, Чингиз Жабыкбаев, Мурат Ахметжанов
DOI 10.25680/8238.2018.31.76.283

*Эл.Почта : gen_uteulink@mail.ru

Институт биологии и биотехнологии растений, ул. Тимирязева, 45, 050040, Алматы, Казахстан

РЕЗЮМЕ. Одуванчик кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz*) – продуцент высококачественного каучука. Натуральный каучук незаменим в изготовлении широкого ряда резиновых изделий: шины, перчатки и другие товары. С начала 21-го века кок-сагыз вводится в культуру в США, Канаде, странах ЕС, Казахстане. В данной статье представлены разработанные в Казахстане, в Институте биологии и биотехнологии растений технологии размножения кок-сагыз: семенное размножение - получение рассады, дражирование семян, вегетативное – размножение корневыми черенками, крупномасштабное тиражирование формы кок-сагыз с наивысшим содержанием каучука в корне методом клонального микроразмножения, технология разращивания изолированного корня кок-сагыз в культуре *in vitro*, технология получения оригинальных (суперэлиты) семян кок-сагыз. Создан первый казахстанский сорт кок-сагыз «Сарыжаз». Область применения результатов исследований: включение плантаций кок-сагыз сорта «Сарыжаз» в сельскохозяйственный ландшафт Казахстана, новая отрасль растениеводства на основе плантаций кок-сагыз, биотехнологические центры производства биомассы корня, суперэлиты, элиты семенного и посадочного материала «Сарыжаз».

Abstract. Kazakh Dandelion (*Taraxacum kok-saghyz*) is a producer of high-quality rubber. Natural rubber is indispensable for the production of a wide range of rubber products: tires, gloves and other products. Since the beginning of the 21st century, Kok-saghyz has been introduced into the culture in the USA, Canada, the EU countries, and Kazakhstan. In this article, we present the technology of Kok-saghyz reproduction in the Institute of Biology and Biotechnology of plants: seed multiplication - seedling, seed coating, vegetative propagation by root cuttings, large-scale replication of the Kok-saghyz form with the highest rubber content in the root by the method of clonal micropropagation, technology of cultivation of isolated root of Kok-saghyz in culture *in vitro*, technology of obtaining of original (superelite) seeds of Kok-saghyz. The first Kazakh variety of the “Saryzhaz” Kok-saghyz was created. Field of application of the research results are the inclusion of plantations of the “Saryzhaz” kok-saghyz in the agricultural landscape of Kazakhstan and creation of a new crop sector based on Kok-saghyz plantations. Biotechnological centers will provide the production of root biomass, based on superelite, and elite seed and planting material of the breed “Saryzhaz”.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельско-хозяйственный ландшафт, кок-сагыз, сорт «Сарыжаз», натуральный каучук, семенной, посадочный материал.

Keywords: agricultural landscape, kok-sagyz, variety "Saryzhaz", natural rubber, seed, planting material.

ВВЕДЕНИЕ

Натуральный каучук (НК) - стратегически важный материал, используется в изготовлении широкого ряда товаров - шины для самолетов, медицинские и другие изделия. Существует угроза уничтожения паразитическим грибом (*Microcyclus ulei*) плантаций традиционного источника НК тропического дерева гевеи (*Hevea brasiliensis*) в странах Юго-Восточной Азии - основных мировых производителей НК, а следовательно и угроза рынку НК. В связи с этим в странах ЕС, США, Канаде, Казахстане предпринимаются меры по развитию исследований и интродукции Одуванчика кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz*) в сельское хозяйство, как альтернативного источника НК. Исследования кок-сагыза в Казахстане проводятся с 2006 года в Институте биологии и биотехнологии растений (г.Алматы). Лучшие почвы для кок-сагыза - это мощные, обыкновенные и выщелоченные чернозёмы и особенно осушенные торфяники. Лучшими по механическому составу почвами для кок-сагыза являются лёгкие суглинки. В данной статье представлен ряд технологий нацеленных на включение плантаций кок-сагыза в сельско-хозяйственный ландшафт страны, а также на организацию центров биотехнологического производства семенного, посадочного материала и биомассы корня.

ТЕХНОЛОГИЯ СЕМЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ КОК-САГЫЗА

Согласно технологии семена кок-сагыза замачивали в 1%-м водном растворе стимулятора всхожести - супергумата натрия в течение суток, помещали семена на подготовленные (замоченные в воде) торфяные таблетки. При температуре 20-25°C семена начинают прорастать на вторые - третьи сутки. На 60 сутки рассада кок-сагыза переносится в открытый грунт. В условиях Алматинской области Казахстана, при посадке сеянцев в начале мая, цветение кок-сагыза начинается в начале июня. Использование рассады кок-сагыза обеспечивает синхронное развитие растений, отбор наиболее крупных экземпляров, ранние урожаи [2] .

ТЕХНОЛОГИЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН КОК-САГЫЗА. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛКОСЕМЯННОСТИ КОК-САГЫЗА

Одной из важнейших проблем, которую необходимо было решить, является проблема мелкосемянности кок-сагыза. В одном грамме насчитывается около 2 500 штук семян. Мелкосемянность кок-сагыза затрудняет проведение точного сева, использование сельскохозяйственной техники (сеялок). По этой причине имеет место значительный перерасход семенного материала, с обязательным прореживанием для обеспечения оптимальной площади для роста растений. Проблема мелкосемянности кок-сагыза решена в Институте биологии и биотехнологии растений (Алматы, Казахстан) с использованием технологии дражирования - способа предпосевной обработки семян пленкообразующими составами. В 2014 году получены партии семян кок-сагыза, дражированных глиной, увеличенного размера, стандартной шарообразной формы. Образцы дражированных семян кок-сагыза были презентованы на международной конференции (ИТЕС-2014), 9-11 сентября, 2014, Акрон, США [3,4].

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЕ КОК-САГЫЗА КОРНЕВЫМИ ЧЕРЕНКАМИ.

Корни кок-сагыза обладают высоким регенерационным потенциалом, корневые черенки уже на десятый день после посадки образуют мелкие боковые листочки и боковые корешки. На сороковой день после посадки более крупные растения имеют до 12 листьев и корни до 10 см. Такие растения пересаживаются в открытый грунт. Процесс регенерации идет быстрее у черенков, взятых с базальной части главного корня, затем у черенков, взятых со средней части корня. Намного отстают по срокам регенерации черенки, взятые с нижней части корня, с зоны ветвления. Технология размножения кок-сагыза корневыми черенками является надежной мерой в создании плантации маточных растений- семенников [5].

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА КОК-САГЫЗА

Разработана технология крупномасштабного тиражирования индивидуального растения кок-сагыза с наивысшим содержанием каучука методом микроклонального размножения. В качестве эксплантов использованы сегменты листовых пластинок, с последующей стерилизацией, при этом

для индукции каллусообразования экспланты помещаются на среду Мурасиге и Скуга с 6 - бензиламинопурином - 2 мг/л и 2,4 дихлорфеноксиуксусной кислотой - 1 мг/л, для индукции побегообразования каллус помещаются на среду Мурасиге и Скуга с 6-бензиламинопурином - 4 мг/л, для индукции ризогенеза используется среда Мурасиге и Скуга с индолилмасляной кислотой - 2 мг/л, после чего микроклоны акклиматизируют к условиям открытого грунта. Клоны кок-сагыза используются для закладки участков размножения [6].

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРИГИНАЛЬНЫХ СЕМЯН ФОРМ КОК-САГЫЗА

Технология получения оригинальных семян кок-сагыза (семян первичных звеньев семеноводства) предполагает организацию изолированного маточника группы растений, полученных путем микроклонального размножения одного высококаучуконосного экземпляра. Растения клоны высаживали плотно для обеспечения лучшего перекрестного опыления с целью получения оригинальных семян [7]. Область применения: биотехнология, селекция, растениеводство, биотехнологическое производство оригинальных (суперэлиты) семян кок-сагыза.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ КОРНЕЙ КОК-САГЫЗА

Корень, отрезанный от растения, может длительное время расти (например, более 5 лет) в питательных средах, в стерильных условиях [10].

Для получения культуры изолированного корня кок-сагыза нами использованы асептические проростки, выращенные из стерильных семян. После появления пары настоящих листьев первичный корень отделяли, разрезали на сегменты длиной 1 см и помещали в жидкую питательную среду Мурасиге Скуга, в стерильных условиях *in vitro*, получена стабильно растущая культура изолированного корня, образуя массу рыхло переплетенных корней [11].

Технология нацелена на получение значительного количества биомассы корня кок-сагыза. Технология изолированного корня кок-сагыза служит альтернативой технологии получения корневой биомассы из растений, выращиваемых в полевых или тепличных условиях.

СОЗДАН ПЕРВЫЙ КАЗАХСТАНСКИЙ СОРТ КОК-САГЫЗА «САРЫЖАЗ»

Три сорта кок-сагыза созданных в СССР в прошлом веке утрачены и в настоящее время для организации новой отрасли растениеводства необходимы сорта кок-сагыза.

Разработан способ получения сорта-популяции кок-сагыза, который состоит из трех основных этапов.

1. Индивидуально-семейственный отбор с наивысшим содержанием каучука в корнях форм кок-сагыза из экотипов - ксероморфного, гигроморфного и мезоморфного. Отбор экземпляров на высокое содержание каучука проводили в 1-й, 2-й, 3-й годы пользования.
2. Скрещивание размноженного потомства семей указанных экотипов на 4-й и 5-й годы и отбор экземпляров на высокое содержание каучука.
3. Экологические испытания межсемейственных (межпопуляционных) гибридов [8].

Селекция кок-сагыза на экологически пластичный сорт кок-сагыза «Сарыжаз» проведена в Институте биологии и биотехнологии растений. «Сарыжаз» включен в Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан. [9].



Рисунок 1 – Сорт кок-сагыза «Сарыжаз»



(a)

(б)

Рисунок 2 – Каучуковый чехол корня (а), опытный образец каучука (б) кок-сагыза «Сарыжаз».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Область применения результатов исследований:

1. Включение плантаций кок-сагыза сорта «Сарыжаз» в сельскохозяйственный ландшафт Казахстана;
2. Новая отрасль растениеводства Казахстана на основе плантаций кок-сагыза;
3. Биотехнологические центры производства биомассы корня, суперэлиты, элиты семенного и посадочного материала «Сарыжаз».

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Baitulin, I., Uteulin, K. 2015. Recommendations on agricultural technology of growing domestic producer of rubber -*Taraxacum kok-saghyz* Rodin. - Bulletin of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan .2 (354), 156-161.
- [2]Утеулин, К., Мухамбетжанов, С. 2014. «Способ семенного выращивания *Taraxacum kok-saghyz* Rodin». Номер инновационного патента: 28878. Опубликовано: 15.09.2014.
- [3]Uteulin, K., Mukhambetzhannov, S. 2014. Elite seed material of genotypes with high natural rubber content wild population of *Taraxacum kok-saghyz* in Kazakhstan. - Abstr. International Tire Exhibition and Conference, Sept. 9-11, 2014. Akron, USA, P.31-33.
- [4]Uteulin, K., Bari, G., Rakhimbaev, I. Pelleted seeds Dandelion kok-saghyz (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin) – producer of natural plant rubber. Solving problem of small-seeded kok-saghyz. Reports of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan, 2016. – V.2, No. 306. – P.123-127.
- [5]Байтулин, И., Бельгибаева, Г., Нурушева, А., Утеулин, К. 2012.Размножение корневыми черенками *Taraxacum kok-saghyz* Rodin. Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. 5 (293). Р. 49-53 .
- [6]Утеулин, К., Рахимбаев, И., Мухамбетжанов, С. 2015.Способ получения посадочного материала “TKS-1” прототипа сорта кок-сагыза (*Taraxacum kok-saghyz*). Номер инновационного патента: 30508. Опубликовано: 16.11.2015.
- [7]Утеулин, К., Рахимбаев, И., Мухамбетжанов, С. 2016.Способ получения оригинальных семян “TKS-1” – прототипа сорта кок-сагыза (*Taraxacum kok-saghyz*). Номер инновационного патента: 31285. Опубликовано: 30.06.2016
- [8]Утеулин, К., Рахимбаев, И., Мухамбетжанов, С. 2016. Способ получения “KZ-5” – казахстанского сорта кок-сагыза (*Taraxacum kok-saghyz*). Номер инновационного патента: 31210. Опубликовано: 15.06.2016.
- [9]Приказ МСХ РК 20.01.2017 № 22 «Об утверждении Государственного реестра селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в РК, и перечня перспективных сортов сельскохозяйственных растений». Глава 5. Технические. Параграф 5.3 Кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz* Порядковый номер. 717.
- [10]Смирнов, А. 1970. Рост и метаболизм изолированных корней в стерильной культуре. Москва., Наука. 451 с.
- [11]Uteulin, K., Mukhambetzhannov, S., Yesbolayeva, B., Iskakova, A., Bari, G., Zheksenbai, A., Piven, V., Zhabykbaev, Ch., Zhambakin, K., Rakhimbaev, I. 2015. Introduction to in vitro culture of isolated *Taraxacum kok-saghyz* roots // Вестник Казахского Национального Университета (Серия биологическая).2. С.37-42.

Chapter IV/19: MULTI-SPECIES GRAZING FOR IMPROVEMENT OF GRASSLAND BIODIVERSITY

Глава IV/19: Многовидовой выпас для повышения биоразнообразия пастбищ

Axel Behrendt^{*1}; Andreas Fischer¹; Thomas Kaiser¹; Frank Eulenstein^{1,2,3}; Sylvia Ortmann⁴; Anne Berger⁴; Lothar Mueller^{1,3}

DOI 10.25680/5590.2018.27.43.284

* Email: abehrendt@zalf.de

1. Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Str. 84, 15374 Muencheberg, Germany

2. Mitscherlich Academy for Soil Fertility, Prof.-Mitscherlich-Allee 1, 14641 Paulinenaue, Germany

3. Kuban State Agrarian University, 13 Kalinin Str., 350044 Krasnodar, Russia

4. Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research, Alfred-Kowalke-Str. 17, 10315 Berlin, Germany

ABSTRACT. We developed and tested a specific approach for multi-species grazing. Our approach was designed to enhance the biodiversity and optimize the use of grasslands. Experimental investigations have focused on determining which processes are self-regulating and relevant in the interactions between different species of grazing animals, grassland vegetation and landscapes. Studies involved fallow deer (*Dama dama*), mouflon (*Ovis aries*), and Skudde sheep, or red deer (*Cervus elaphus*) and Dexter cattle. The animals grazed peacefully in mixed groups and even rested together in shelters. Experiments have shown differences in the grazing success between single-species and mixed-group grazing. We observed clear benefits for the grassland vegetation. Several species grazed plants that were avoided by other animals. Weeds and invaders can be controlled by this means. A site-specific adaption of this grazing system could be an option for improving the biodiversity, micro-economy, and cultural lifestyle in some regions.

Резюме. Мы разработали и испытали один из подходов к многовидовому выпасу. Наш подход ставил целью повышение биоразнообразия и оптимизацию использования пастбищ. Экспериментальные исследования были сосредоточены на определении того, какие процессы являются саморегулирующимися и значимы для взаимодействий между различными видами выпасаемых животных, растительностью пастбищ и ландшафтами. В исследованиях были использованы лань (*Dama dama*), муфлон (*Ovis aries*) и овцы породы скудде, или благородный олень (*Cervus elaphus*) и крупный рогатый скот породы декстер. Животные паслись мирно в смешанных группах и даже отдыхали вместе в укрытиях. Эксперименты показали различия в эффективности между одновидовым выпасом и смешанными группами. Мы наблюдали явные преимущества для растительности пастбищ. Некоторые виды поедали растения, которые не использовались другими животными. Подход дает возможность защиты от сорняков и вредителей. Адаптация этой системы выпаса на конкретных объектах может быть полезным вариантом с точки зрения биоразнообразия, микроэкономики, культуры и образа жизни в некоторых регионах.

KEYWORDS: Multi-species pasture, fallow deer, red deer, sheep, cattle, vegetation

Ключевые слова: Многовидовой выпас, лань, благородный олень, овца, скота, растительность

INTRODUCTION

Global grasslands are characterized by contrasting systems and tendencies of management which may have a critical influence on their function. For a process-oriented understanding to be developed, the relevant interactions between the grazer and grazing site need to be identified, analysed and ultimately generalized. The first step is to determine the specific effect of each ruminant species on the biotope structure. We currently lack a full overview of the effects that arise from the combined use of different herbivore species. One fundamental prerequisite for achieving longer-term habitat stability is knowledge about the ecological principles governing the respective habitats. This necessitates an investigation of the interrelationships between the species inhabiting a particular biocoenosis and their relationship to the environment. Further research is required as to whether these systems and their combinations are feasible and environmentally friendly in terms of grassland biodiversity. We combined cattle, sheep, different deer and wild sheep on paddocks and analysed their behaviour and their impact on vegetation.

MATERIAL AND METHODS

We conducted grazing experiments in the Research Station Paulinenau of the Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research Muencheberg, Germany (Figure 1). The site under study is a heterogeneous fen (paludification mire) underlain by fine to medium grained sand (Late Pleistocene outwash)[1]. Our hypothesis was that fallow deer (*Dama dama*), mouflon (*Ovis aries*) and Skudde (a specific robust old sheep breed) tended to select plant species differently at the study site. Methodologically, the comparison was based on a 4-level scoring system developed earlier [2]. This involved recording the browsing of major species and problem species in each grazing enclosure on eight 20 m x 20 m test surfaces; unbrowsed plants of the respective species served as a reference. On larger test areas, several browsing levels could occur. Therefore, the percentage surface area of the browsing levels related to the total coverage of a species was estimated for each species. Based on these data, an average browsing level was calculated for each species. Measurements of plant heights supported the scoring estimates.

RESULTS AND DISCUSSION

Social and grazing behaviour: Red deer and Dexter cattle matched well (Figure 1). They grazed peacefully on the same paddock and shared shelters. Skudde sheep, fallow deer and mouflon did also match well. Interspecific competition and conflict situations revolving around food sources were recorded in only a few cases. The constellation of fallow deer and Skudde sheep, and mouflon and fallow deer (Figure 1) represents an example of peaceful coexistence: they were also observed grazing together. Even when they were held together in the same enclosure, the species-specific feeding behaviours of animals under study remained intact. Compared with fallow deer, sheep showed considerably longer feeding activity. The average grazing time of mouflons – 5.4 to 5.6 hours – was the lowest of the three species. The mouflons generally preferred the mowed half of the pasture for foraging, with the individuals from the separated groups spending more time in the unmowed sector than the animals from the mixed groups. With an average grazing period of 6.6 to 8.2 hours, the sheep showed the peak values among the three species. The mowed half of the enclosure was the preferred feeding site, but the individual sheep groups were also often present in the unmowed sector. Rainfall and strong wind caused the animals to seek cover under a shelter. When disturbed, the animals reacted with flight or interrupted their respective behaviors. Their susceptibility to disturbance, however, is considered to be moderate. The mouflons behaved indifferently towards the sheep, but negative interactions (e.g. chasing away) were also observed towards the fallow deer.

Effects on plant societies: The investigations revealed that fallow deer, mouflon and Skudde tended to select plant species differently at the study site (Table 1). In September, fallow deer preferred the high-quality fodder grasses for cattle and only relatively rarely browsed on reed canary grass (*Phalaris arundinacea*) and the hard leaves of tall reed fescue (*Festuca arundinacea*). In contrast, Skudde and mouflon homogeneously browsed the latter two species comparatively close to the ground. The mouflons showed a peculiarity in their browsing behaviour on the creeping thistle (*Cirsium arvense*), a problem species in extensively managed grasslands. As opposed to other ruminants, mouflon browsed not only the apical shoot but also the spiny leaves. By browsing close to the ground, fallow deer were even able to suppress curled yellow dock (*Rumex crispus*), a feared pest on cattle ranges.

Unexpectedly, the wild form of white clover (*Trifolium repens*) was avoided by all three animal species. In another experiment we observed that fallow deer preferred to browse on white clover varieties which are low in bitter substances. Wild populations of white clover can contain plants with cyanogenic substances, a feature that has been bred out to varying degrees in today's varieties. Our experiments also revealed that, under increasing grazing pressure, the grassland community originally dominated by tufts or top grasses developed into turf-like stands dominated by stolonate bottom grasses and herbage.

The primary expectation from our species combinations in the multi-species groups was that positive synergisms will be achieved for grassland vegetation. This hypothesis was confirmed as spread of weeds and invasive plants could be avoided [3]. Local adaption of the multi-species grazing systems enabled a high productivity of our grassland and grassland management without herbicides.



Figure 1 – Joint grazing of Dexter cattle and red deer (upper part), mouflon and fallow deer (medium part), and Skudde and fallow deer (lower part)

Table 1 – Plant species of a lowland pasture and browsing rates of Skudde, mouflon, and fallow deer

Plant species	Skudde	Mouflon	Fallow deer
<i>Phalaris arundinacea</i>	31	47	3
<i>Alopecurus geniculatus</i>	7	1	25
<i>Agrostis stolonifera</i>	0	1	5
<i>Festuca arundenacea</i>	40	30	2
<i>Poa pratensis+trivialis</i>	12	4	25
<i>Holcus lanatus</i>	7	5	15
<i>Lolium perenne</i>	23	3	52
<i>Agropyron repens</i>	5	5	0
<i>Trifolium repens</i>	0	0	0
<i>Taraxacum officinalis</i>	0	0	0
<i>Cirsium arvense</i>	0	6	1

Remark on Table 1: It is a summary of 22 single experiments at different vegetation stages. Numbers characterize unbalanced relationships between browsing rates of animals, but do also consider plant species abundances [2].

Parasitoses: The performance of grazers can be seriously compromised by endoparasites and hoof diseases. Many studies on various farm animals have shown that parasite infestation negatively affects specific performance features and rearing duration. This explains the variety of strategic measures used to tackle the problem. Their goal is to comprehensively protect the animals against parasite-related losses with minimal effort and a supra-seasonal effect [4].

Especially on low-lying grazing sites, where moisture plays a role, the herds must be observed or examined for worm infestation at least in fall and spring. Here, our focus is particularly on calves and lambs. Early action against worm infestation is decisive for rearing success. The most successful strategy is to treat the animals individually. Changing the medications after a certain period has also proven successful in preventing dangerous drug resistances.

CONCLUSIONS

1. Multi-species grazing has clear benefits for the grassland vegetation and biodiversity of the lowland site under study.
2. The grazing system requires site-specific adaption to other locations in terms of grazing animal species.
3. Multi-species grazing involving wild or semi-domesticated animals is an interesting option for improving the micro-economy, ecology and cultural lifestyle in some regions.

REFERENCES

- [1]Mueller, L., Wirth, S., Schulz, E., Behrendt, A., Höhn, A., Schindler, U. 2007. Implications of soil substrate and land use for properties of fen soils in North-East Germany. Part I: Basic soil conditions, chemical and biological properties of topsoils. *Archives of Agronomy and Soil Science* 53, 2, 113-126
- [2]Kaiser T., Fischer A. 1997. Eignung von Schafen (Skudde und Merinofleischschaf) für die Landschaftspflege auf extensiviertem Niedermoorgrünland. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* 38:172–176
- [3]Behrendt, A., Fischer, A., Kaiser, T., Eulenstein, F., Ortmann, S., Berger, A., Mueller, L. 2014. Multi-species grazing on deer farms. In: Mueller, L., Saparov, A., Lischeid, G. (eds), *Novel measurement and assessment tools for monitoring and management of land and water resources in agricultural landscapes of Central Asia*. Springer International Publishing, Cham, pp. 491-501
- [4]Larsson, A., Dimander, S. O., Rydzik, A., Uggla, A., Waller, P. J., Höglund, J. 2006. A 3-year field evaluation of pasture rotation and supplementary feeding to control parasite infection in first-season grazing cattle: dynamics of pasture infectivity. *Vet. Parasitol.* 2006 Dec 20;142(3–4).

Основная глава 12.2 Управление почвами Main Chapter 12.2 Soil Management

Chapter IV/20: PRINCIPLES OF SOIL CONSERVING TRAFFIC ON ARABLE LAND – ADAPTION OF LOAD INPUT BY AGRICULTURAL MACHINES TO THE SUSCEPTIBILITY OF SOIL TO COMPACTION

Глава IV/20: Принципы почвозащитного использования сельскохозяйственных машин на пахотных землях - нормирование нагрузок в зависимости от потенциального уплотнения почвы

Marco Lorenz^{*1}; Joachim Brunotte¹; Norbert Fröba²; Franz-Josef Löpmeier³

DOI 10.25680/1281.2018.93.92.285

*Email: marco.lorenz@thuenen.de

1.Thünen Institute of Agricultural Technology, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

2.Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, Germany

3.German Weather Service (DWD), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

ABSTRACT. The sizes and total weights of agricultural machinery have increased steadily over the last decades. Under adverse soil conditions, considerable negative changes in soil structure and in multiple soil functions can occur. The presented concept to ‘adapt machinery specifications to the susceptibility of soil to compaction’ compares the soil load of the respective agricultural machinery to the susceptibility of soil to compaction. From this data, average days of trafficability of agricultural soil and the long term trafficability of typical sites in Germany for main time spans of field work were derived, depending on machinery and agricultural technique. These information helps the farmer to plan new investments and operating levels of machinery. Furthermore, he can compare different machines and processing chains regarding their soil load and adapt machinery specifications to the prevailing soil conditions for a soil-conserving traffic. Key factors and principles of soil conserving traffic on arable land are presented and integrated into the concept.

Резюме. В течение последних десятилетий размеры и масса сельскохозяйственных машин непрерывно повышались. В неблагоприятных почвенных условиях могут происходить значительные отрицательные изменения структуры и многих функций почвы. Представленная концепция «выбора технических характеристик машин в зависимости от потенциального уплотнения почвы» сопоставляет нагрузку на почву, которую оказывают соответствующие сельскохозяйственные машины, с потенциальным уплотнением почвы. По этим данным были получены среднее допустимое число дней использования техники и многолетняя допустимая продолжительность использования техники на типичных участках сельскохозяйственных угодий в Германии для главных периодов полевых работ, в зависимости от машины и технологии. Эта информация помогает фермеру планировать новые инвестиции и уровни использования техники. Кроме того, он может сравнивать различные машины и технологические схемы в отношении нагрузок на почву и выбирать технические характеристики машин в зависимости от преобладающих почвенных условий с целью почвозащитного использования техники. Представлены и включены в концепцию ключевые факторы и принципы почвозащитного использования техники на пахотных землях.

KEYWORDS: agricultural management, soil protection, soil compaction, soil deformation, agricultural machinery and technology

Ключевые слова: сельскохозяйственное управление, защита почвы, уплотнение почвы, деформация грунта, сельскохозяйственные машины и технологии

INTRODUCTION

The sizes and total weights of agricultural machinery have increased steadily over the last decades. This has primarily been for economic and process-efficiency reasons. Highly specialized machinery requires high operating levels. Under adverse conditions, considerable negative changes in soil structure and in multiple soil functions can occur. Therefore, an adaption of soil load by agricultural machinery to the susceptibility of soil to compaction must be realized to reach the target of a sustainable and soil conserving traffic on arable land. Here, it must be ensured that the relevant key factors and parameters of

soil, machine and field management are taken into account. Furthermore, different technology options should be comparable, to adapt the machinery specifications and to derive recommendations for a soil conserving traffic on arable soil. For this purpose, a concept for the ‘adaption of load input by agricultural machines to the susceptibility of soil to compaction’ was developed [1].

KEY FACTORS AND PARAMETERS OF SOIL COMPACTION PROCESSES

Basic factors for describing soil compaction processes can be divided into **soil, machine and field management parameters**. The susceptibility of soil to compaction, among others, is mainly controlled by **soil texture** and **soil moisture**. In Fig.1 the susceptibility of soil to compaction, depending on soil texture and soil moisture, is displayed [1]. The values are increasing with increasing soil moisture and clay content. However, the influence of soil moisture is dominating.

Results of field measurements [2] showed, that a single passage of a sugar beet harvester leads to an increase in dry bulk density (3.5 – 5.0 %) on a wet soil (~ pF 2,0, stagnic Luvisol, Ut3-4) for all soil depths, whereas there is nearly no change in dry bulk density for dry soil conditions (~ pF 3,5).

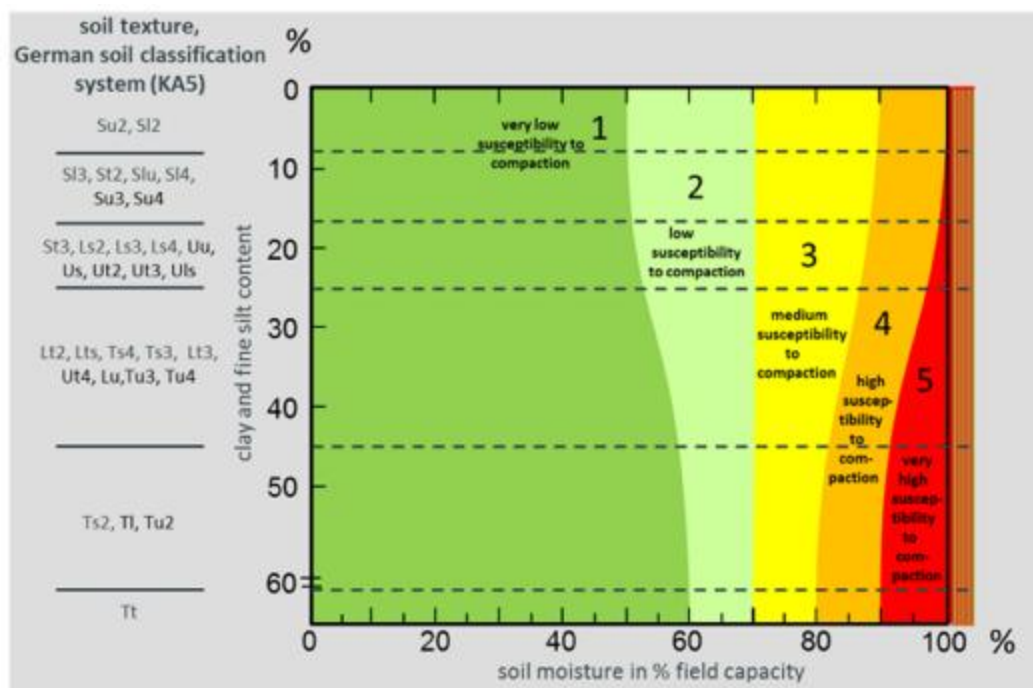


Figure 1 – Susceptibility of soil to compaction depending on soil texture and soil moisture [1]

The main **machine parameters** affecting soil compaction processes are **wheel load, tire inflation pressure, contact area, contact area pressure** and the **number of passages** (number of axles and machines within the processing chain). The effects of changing wheel loads by soil deformation for a single passage of a sugar beet harvester with empty (~ 5-6 t wheel load) and full bunker (~ 10-12 t wheel load) were measured under wet soil conditions [2]. Although the wheel load has doubled, the plastic soil deformation with full bunker (7,0 mm in 30 cm soil depth) is nearly 3 times higher than with empty bunker (2,5 mm). The comparison of mean contact area for various harvesters, tractors and transport vehicles [1] (with data of [2], [3], [4], [5]) show, that the mean contact area increases with increasing wheel loads. On average, the increase of harvesters and tractors is nearly the same. This is not the case for transport vehicles. Generally, the values are on a lower level and only increase to a smaller extent. That means higher contact area pressures and soil loads. So, the transport on the field, e.g. at silage maize harvest, with unadjusted tire inflation pressure is an area of concern in the context of soil conserving traffic and there is an increased need of further optimization.

The effects of tire inflation pressure and the number of wheel passages on soil pressure and soil deformation are shown in Fig. 2 by the example of several passages of a tractor on a sandy soil. The tractor with higher tire inflation pressure (2.1 bar) causes soil pressures of 1.3-1.6 bar in 20 cm soil depth. With adjusted tire inflation pressure of 0.8 bar the soil pressure can be reduced to 0.8-1.1 bar. In

consequence, with adjusted tire inflation pressure the soil deformation after ten wheel-passages can be reduced by half, from 15 mm to 7,5 mm. Furthermore, soil deformation, in contrast to soil pressure, shows the effects of multiple passages. The first passage leads to the largest deformation, but every further passage leads to further deformation.

The major **field parameters** affecting soil compaction processes are **field length** and **soil tillage**. The respective agricultural processing chain has to match the field length, e.g. at silage maize or sugar beet harvest, so that unnecessary field traffic can be avoided. The loosening of the top soil during ploughing affects the pressure propagation in soil and the resulting soil deformation. Up to 40 cm soil depth, the soil pressure under a sugar beet harvester on a ploughed soil is consistently higher than at a conservationally tilled soil [2]. The soil deformation in 30 cm soil depth of a tractor with slurry tank on a ploughed soil is appreciably higher (10 mm) than on a soil with conservation tillage (1 mm) [1].

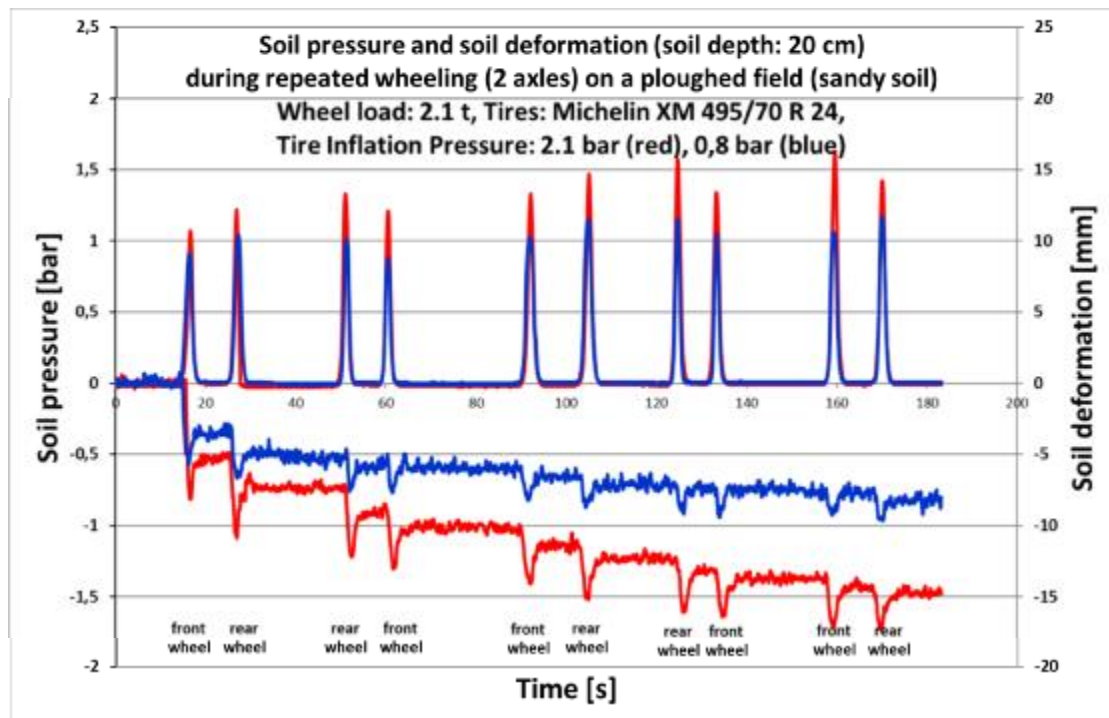


Figure 2 – Soil pressure (upper lines) and soil deformation (lower lines) during repeated wheeling by a tractor with different tire inflation pressure (2.1 bar, red lines and 0.8 bar, blue lines)

For the implementation of a soil conserving traffic on arable land, all the above-mentioned factors have to be taken into account. In consequence, the machine parameters and the processing chain (load input) have to be optimized and adapted to the prevailing soil condition (susceptibility to compaction). For this purpose, a concept for the ‘adaption of load input by agricultural machines to the susceptibility of soil to compacting’ was developed, taking all the above-mentioned parameters into account [1].

ADAPTION OF LOAD INPUT BY AGRICULTURAL MACHINES TO THE SUSCEPTIBILITY OF SOIL TO COMPACTION

Assessments of the susceptibility of soil to compaction are based mainly on expert based approaches (e.g. [6], [7]) or physical measurands, e.g. soil pressure (e.g. [8], [9]). For the presented assessment of the susceptibility of soil to compaction, depending on soil texture and soil moisture, an expert based approach was chosen. Based on long-term experience of an expert group of scientists and consultants from the fields of soil, crop science and agricultural engineering, as well as experienced farmers, the susceptibility of soil to compaction was assessed in a multi-stage procedure (see Fig. 1).

This was compared to the mechanical load of agricultural machines (see Fig. 3). Therefore, the machine parameters (y-axis) for a huge variety of machines and combinations were weighted, depending on their influence on the mechanical soil load [1]. Thus, the mechanical load of agricultural machines can be compared to the susceptibility of soil to compaction. Fig. 3 shows the resulting grid form by the example of three technology options at silage maize harvest. From the grid form (decision matrix) you can see, whether or not a soil conserving traffic with the respective machine on the respective soil is possible. If

the intersection of mechanical load (y-axis) and susceptibility to compaction (x-axis) is below the diagonal line (green to yellow sector) a soil conserving traffic can be assumed. If the intersection is above the diagonal line (yellow to red sector), there is a risk of harmful soil compaction and negative changes in soil functions.

The concept was applied for nine sites in Germany, representing different soil textures and climate regions [1]. To calculate the soil moisture in different soil depths over the year on a daily basis, high resolution climate data of about 500 climate stations of the German Weather Service (DWD) were processed in the AMBAV model [10]. In combination with the technology options, e.g. at silage maize harvest, days of trafficability for mean time spans of field work can be derived (see Tab. 1).

For calculating the days of trafficability for silage maize harvest, three technology options were compared (see Fig. 3). 1. Maize harvester with silage trailer and direct transport to the silo. High tire inflation pressure (> 3 bar) and six wheel-passages lead to a high mechanical load. 2. Maize harvester with silage trailer and transfer onto a truck at the field edge. By separating field and road transport, the tire inflation pressure can be reduced (< 1,5 bar). That leads to a medium mechanical load. 3. Maize harvester with own bunker and direct transfer onto a truck at the field edge. Without a silage trailer and with wider tires, reduced tire inflation pressure and crop-steering, the number of wheel passages can be reduced. That leads to a low mechanical load.

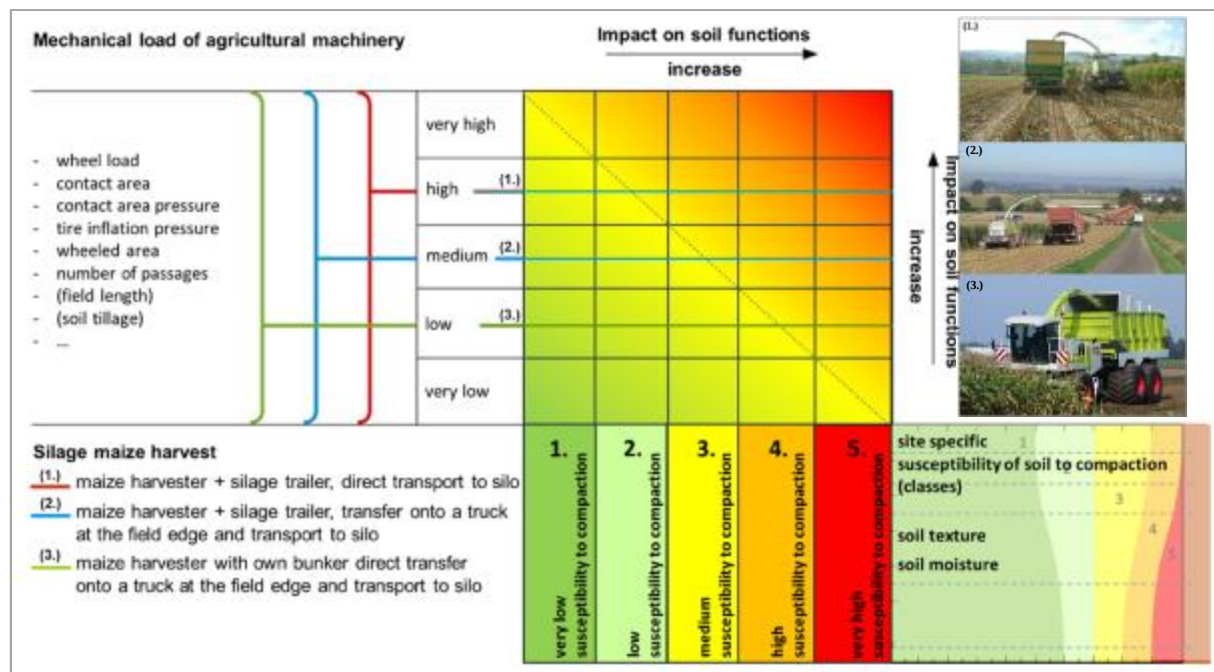


Figure 3 – Comparison of three processing chains at silage maize harvest

The days of trafficability varies between the sites and machines or processing chains. In the following the two sites Griesheim and Eggenfelden are compared (see Tab. 1). On the site near Griesheim (~ 670 mm mean annual precipitation), the technology option 1 leads to 52 days of trafficability during the period 01.09.-31.10. (in total 61 days), on the moister site Eggenfelden (~850 mm mean annual precipitation) to 39 days. By separating field and road transport (option 2), the days of trafficability increase to 61 in Griesheim and 47 in Eggenfelden. That means additional eight days for harvest on the site in Eggenfelden compared to technology option 1. With the most soil conserving technology option 3, you have almost as many days of trafficability (58) as on the dryer site Griesheim (61).

Table 1 – Days of trafficability for two exemplary sites in Germany and three technology options

61 days exemplary sites in Germany	Days of trafficability for different mechanical soil load (01.09. - 31.10.)		
	(1.) maize harvester + silage trailer, direct transport to silo	(2.) maize harvester + silage trailer, transfer onto a truck at the field edge and transport to silo	(3.) maize harvester with own bunker direct transfer onto a truck at the field edge and transport to silo
	topsoil		
1. Griesheim	52 (±2)	61	61
2. Eggenfelden	39 (±2)	49 (±3)	58 (±3)
1. Griesheim 2. Eggenfelden	subsoil		
	61	61	61
	39 (±2)	57 (±3)	61

The decision matrix and the derived mean regional days of trafficability are a planning tool, that helps the farmer in the planning of new investments and operating levels of machines. Especially on sites with high soil moisture during important time spans, the choice of a suitable technology option is becoming increasingly more important. In such cases, the days of soil conserving trafficability are limited. Therefore, the annual operating levels and work loads of machinery have to be adapted and reduced, to get time spans for a rest period of harvesters after heavy rainfalls. A detailed description of the concept, the methods and results for a variety of machines and crops can be found at [1].

CONCLUSIONS

- Measures and recommendations for soil conserving traffic on arable land and the prevention of soil compaction are:
 - Prevention of high wheel loads under adverse/wet soil conditions.
 - Optimizing the mechanical load of agricultural machinery e.g. by adapt the tire inflation pressure to the wheel load (tire pressure control system, large tire valves).
 - Reduction of the number of passages by optimizing the field traffic, e.g. prevention of unnecessary field traffic, implementation of a field traffic management and integration into the operating procedures.
 - Optimizing/Reduction of operating levels of machinery and campaign performance to be able to use time spans with more favourable soil conditions.
- Within the presented concept the soil load of agricultural machinery can be compared to the susceptibility of soil to compaction to assess the options of a soil conserving traffic.
- Different machines and processing chains can be compared regarding their soil load and adapt machinery specifications to the prevailing soil conditions for a soil-conserving traffic.
- Average days of trafficability of agricultural soil for main time spans of field work can be derived, depending on mechanical load of machinery and agricultural technique.
- The information on days of trafficability for main time spans of field work helps the farmer to plan new investments and operating levels of machinery.

REFERENCES

- [1]Lorenz, M., Brunotte, J., Vorderbrügge, T., Brandhuber, R., Koch, H.-J., Senger, M., Fröba, N., Löpmeier, F.-J. 2016. Anpassung der Lasteinträge landwirtschaftlicher Maschinen an die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens – Grundlagen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerland. Landbauforschung Applied Agricultural and Forestry Research 66(2),101-144, DOI:10.3220/LBF1473334823000.
- [2]Brunotte, J., Brandhuber, R., Vorderbrügge, T., Schrader, S. 2015. Vorsorge gegen Bodenverdichtungen. In: Gute fachliche Praxis - Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz. 2. Aufl. Bonn: AID 21–73.
- [3]Brandhuber, R., Demmel, M., Geischeder, R. 2010. Bodengefügeschutz mit optimierter Fahrwerkstechnik. SchR Landesamt Umwelt Landwirtsch Geol 15, 38-45.
- [4]Geischeder, R. 2011. Bodenbelastung und Bodenbeanspruchung unterschiedlicher Fahrwerkskonfigurationen. Freising: Geischeder, 196 p, Forschungsber Agrartechn Arbeitskr Forsch Lehre, MEG 504.

- [5]Koch, H.-J., Heuer, H., Tomanova, O., Märlander, B. 2008. Cumulative effect of annually repeated passes of heavy agricultural machinery on soil structural properties and sugar beet yield under two tillage systems. *Soil Tillage Res* 111,69-77.
- [6]Houskova, B., Montanarella, L. 2008. The natural susceptibility of European soils to compaction. In: Toth, G., Montanarella, L., Rusco, E. (Eds.) *Threats to soil quality in Europe*. Luxembourg: Off Official Publ. EC, pp 23-35.
- [7]Jones, R.J.A., Verheijen, F.G.A., Reuter, H.I., Jones, A.R. 2008. Environmental assessment of soil for monitoring: vol V: Procedures and protocols, Online: http://esdac.jrc.ec.europa.eu/Projects/Envasso/documents/ENV_Vol-V_Final2_web.pdf
- [8]BAFU, BLW. 2013. Bodenschutz in der Landwirtschaft: ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bern: BAFU, 59 p, Umwelt-Vollzug 1313.
- [9]Van den Akker, J.J.H., Simota, C. 2008. Risk assessment methods of compaction. RAM-SOIL project report 2.3, deliverable 2.3.2.5. Online: http://eu soils.jrc.ec.europa.eu/projects/Ramsoil/Results/WP2/PR23_compaction.pdf
- [10]Löpmeier, F.-J. 2013. Agrarmeteorologisches Modell zur Berechnung der aktuellen Verdunstung. Online: ftp://ftp.dwd.de/pub/CDC/grids_germany/daily/evapo_p/AMBAV.pdf

Глава IV/21: АДАПТАЦИЯ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ К ОСОБЕННОСТЯМ АГРОЛАНДШАФТА

Chapter IV/21: Adaptation of Soil Tillage to the Characteristics of the Agrolandscape

Иван И. Гуреев^{*1,2}; Николай С. Климов²

DOI 10.25680/4292.2018.86.66.286

^{*}Эл. Почта: gureev06@mail.ru

1.Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, ул. Карла Маркса 70Б, 305021 Курск, Россия

2.Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова, ул. Карла Маркса 70, 305021 Курск, Россия

РЕЗЮМЕ. Обработки почвы – один из самых затратных и разрушающих почву приёмов в агротехнологиях производства сельскохозяйственных культур. Актуальным направлением снижения затрат на выполнение обработок и одновременно минимизации техногенной деградации почвы является адаптация их видов к исходному состоянию почвы в агроландшафте. Характеризуется оно плотностью, засорённостью и обеспеченностью почвы питательными веществами. Проведена дискретизация состояния почвы, позволившая поставить в соответствие механизированные способы обработок каждому из дискретных состояний. Содержание обработок для каждого из выделенных состояний ограничивается технологической потребностью, что позволяет экономно расходовать ресурсы и меньше подвергать почву техногенному воздействию. Тестовыми расчётами установлено снижение прямых эксплуатационных затрат и техногенной нагрузки на почву при выполнении адаптивных обработок.

Abstract. Soil tillage is one of the most costly and destructive methods in the agrotechnology of crop production. Current trends of reducing the costs at performing tillage and simultaneously minimizing human-made soil degradation are the adaptation of tillage operations to the initial state of the soil in the agrolandscape. It is characterized by density, admixtures and provision of soil with nutrients. A discretization of the soil state was carried out, which made it possible to match the mechanized methods of processing to each of the discrete states. The content of tillage for each of the isolated states is limited by the technological need, which allows to economize resources and less to subject the soil to human-made impact. Test calculations showed a reduction in direct operating costs and anthropogenic load on the soil when performing adaptive tillage.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафт, обработка почвы, плотность, засорённость, питательные вещества.

Keywords: agrolandscape, soil cultivation, density, blockage, nutrients.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных элементов агротехнологий производства сельскохозяйственных культур являются обработки почвы. От их вида во многом зависит состав агротехнологий и номенклатура комплексов машин, используемых в ландшафтном земледелии. Обработки несут в себе ряд функций по созданию благоприятных условий для вегетации растений путём регулирования агрофизических и агрохимических свойств почвы. В то же время выполнение обработок сопряжено с высокими затратами и во многом их следствием являются процессы техногенной деградации почвы. Поэтому реализация функций обработок независимо от биологических особенностей возделываемых культур и исходного состояния почвы расточительна и способствует техногенной деградации почвенного пространства.

ЦЕЛЬ МЕТОДА

Несмотря на большое разнообразие видов, обработки почвы в своей первооснове есть не что иное, как механическое разрушение почвенного монолита с перемещением в пространстве образующихся элементов. Для характеристики исходного состояния почвы механистический подход позволяет из многочисленных функций обработок выделить всего четыре. Это рыхление (обеспечение оптимальной плотности), уничтожение сорняков, регулирование пищевого режима растений, заделка семян и удобрений [1]. Каждая из обозначенных функций обладает не только полезными свойствами, но и порождает, наряду с дополнительными затратами, разрушающие почву техногенные воздействия. Очевидно, что в агротехнологиях объём использования функций обработок должен соответствовать технологической потребности в них, определяемой биологическими особенностями возделываемых культур и исходным состоянием почвы. Адаптивный подход позволяет предотвратить технологически не обусловленные излишние затраты и одновременно снизить разрушающую почву техногенную нагрузку [2].

ПРИНЦИП И ПРОЦЕДУРА

Виртуальное пространство состояния почвы непрерывное, а способы и технические средства обработок имеют конкретную конфигурацию. Чтобы поставить механизированные способы обработок в соответствие состоянию почвы, необходима дискретизация последнего. Для этого содержание каждой из функций обработок обозначили логической переменной, принимающей значения «нужна», «не нужна». При числе функций обработок Φ , теоретически возможное число сочетаний значений переменных составляет 2^{Φ} . С учётом того, что переменная потребности заделки семян и удобрений присутствует во всех сочетаниях с одним и тем же значением «нужна», число различных значений переменных, а, следовательно, и состояний почвы, равно $2^3=8$. Наглядно дискретизация состояния почвы иллюстрируется диаграммой (Рисунок), построенной по аналогии с треугольником Ферета (приведено в [3]).

адаптивный комплекс обработок, необходимый для трансформации реальных параметров почвы в оптимальные для развития культур. Практически количество реализуемых вариантов состояний почвы меньше восьми, что обусловлено, прежде всего, биологическими особенностями культур. Так, озимые и яровые зерновые приспособлены к обработкам без оборота пласта, которые реализуют меньшее количество функций. Но у таких обработок больше различных вариантов исполнения. Под некоторые пропашные культуры, в частности, под сахарную свёклу научно обоснованно рекомендована отвальная вспашка [4], которая не отличается многообразием. Она сочетает в себе все функции обработки почвы и в то же время является наиболее затратной и почворазрушающей. Уменьшает количество реализуемых вариантов состояний почвы и взаимодействие функций обработок. Взаимодействуют функции рыхления почвы и уничтожения сорняков, так как рыхлению сопутствует уничтожение сорняков. Аналогично заделка удобрений в почву невозможна без её рыхления. Возможные исходные состояния почвы под варианты агротехнологий производства наиболее распространённых в Центрально-Чернозёмном регионе (ЦЧР) сельскохозяйственных культур, занимающих примерно 70% посевных площадей, представлены в Таблице 1.



Рисунок 1 – Дискретные состояния почвы

Алгоритм этих агротехнологий на основе адаптивных обработок почвы приведен в Таблице 2. Для варианта 1.1 производства озимых зерновых культур отсутствует потребность во всех функциях обработки почвы, так как поле удобрено, засорённость не превышает порога вредности сорняков, а плотность почвы не более 1,3 г/см³. Требуется лишь качественная заделка семян в почву, что с минимальными издержками осуществляется способом прямого посева.

Таблица 1 - Исходные состояния почвы для формирования агротехнологий производства сельскохозяйственных культур в ЦЧР на основе адаптивных обработок почвы

Культуры	Варианты агротехнологий	Исходное состояние почвы		
		Засорённость	Плотность	Обеспеченность питательными веществами
1. Озимые зерновые	1.1	Не более порога вредности сорняков	≤1,3 г/см³	Достаточная
	1.2		Независимо от исходного состояния	Недостаточная
	1.3	Больше порога вредности сорняков	>1,3 г/см³	Достаточная
	1.4			Недостаточная
2. Яровые зерновые	2.1	Независимо от исходного состояния	Независимо от исходного состояния	Недостаточная
	2.2			Достаточная
3. Сахарная свёкла	3			Независимо от исходного состояния

Однако лущение стерни после непаровых предшественников не может быть игнорировано, так как в данном случае приём направлен на предотвращение иссушения почвы [5]. Вариант 1.2

отличается от предыдущего дефицитом удобрения на планируемую урожайность. Для создания условий приоритетного потребления элементов питания культурой, а не более расторопными сорняками, удобрения вносят локальным способом, размещая глубже уровня семян в ленты ориентированные на рядки семян.

На удобренном, но засорённом фоне с повышенной плотностью (вариант 1.3) востребованы взаимодействующие функции по уничтожению сорняков и рыхлению почвы. Для этого через 10-15 дней после лущения стерни используют комбинированные орудия послойной обработки, положительно зарекомендовавшие себя на рыхлении преобладающей в ЦЧР тяжёлой почвы. Через следующие 10-15 дней, после появления всходов очередной волны сорняков высевают семена сеялками-культиваторами с лаповыми сошниками, совмещающими с посевом предпосевную культивацию. Вариант 1.4 характеризуется повышенной засорённостью, плотностью почвы, и дефицитом питания на планируемую урожайность культуры. Функции обработок почвы по данному варианту целесообразно реализовать последовательным выполнением нескольких агроприёмов: лущение стерни, послойная обработка почвы и совмещённое с посевом локальное внесение удобрения. На всех вариантах агротехнологий производства озимых для накопления продуктивной влаги и предотвращения эрозии от талого и ливневого стока в условиях ЦЧР актуально предзимнее щелевание посевов. Щели должны быть узкими (шириной 8-10 см) и с ненарушенными стенками. Выполняют их инновационной конструкцией роторного щелевателя [1]. Приёмы ухода за посевами озимых включают в себя корневые и листовые подкормки, а также применение химических средств защиты растений. Убирают озимые зерноуборочными комбайнами.

Агротехника производства яровых зерновых предусматривает осенние мероприятия по рыхлению почвы и уничтожению сорняков в виде системы зяблевой обработки с внесением основного удобрения. После лущения стерни предшественника зябь обрабатывают безотвальными орудиями. В предзимний период на зябь накладывают рыхление почвы чизелями на глубину 40-45 см, цель которого состоит в разрушении плужной подошвы и предотвращении эрозии от талого стока. На раннем весеннем закрытии влаги используют бороны. Далее агротехнологии производства яровых формируют с учётом лишь фактора обеспеченности почвы питательными веществами. Посев на фонах с дефицитом питательных веществ (вариант 2.1) проводят комбинированными орудиями, совмещая с посевом предпосевную культивацию и локальное внесение удобрения. Если питательных веществ в почве достаточно (вариант 2.2), культуру высевают сеялками-культиваторами с лаповыми сошниками. Средства механизации ухода за посевами и уборки яровых зерновых аналогичны рассмотренным выше вариантам производства озимых зерновых культур.

На полях под сахарную свёклу через 12-15 дней после лущения стерни предшественника вносят основное удобрение, исходя из планируемой урожайности корнеплодов, и производят отвальную вспашку оборотными плугами. Прорастающие сорняки уничтожают культивациями. В случае наличия плужной подошвы, осенний цикл работ завершают глубоким предзимним рыхлением зяби чизелями.

Раннее весеннее боронование зяби выполняют боронами, предпосевную обработку - комбинированными орудиями, посев - сеялками точного высева. Уход за посевами содержит выполняемые опрыскиванием приёмы химической защиты растений и листовые подкормки водорастворимым удобрением. Для разрушения почвенной корки после ливней, и мульчирования трещин при засухе применяют междурядные обработки посевов. Перед смыканием листьев культуры в междурядьях растения окучивают. Уборку сахарной свёклы проводят преимущественно комбайнами по однофазной технологии.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выполнена экономико-экологическая оценка агротехнологий на основе адаптивных обработок почвы. Оценка проведена по показателям прямых эксплуатационных затрат денежных средств на исполнение агротехнологий и затрат на охрану окружающей среды [6] (Таблица 3). Последние состоят в прямой пропорциональной связи с техногенной деградацией почвы [7]. Установлено, что экономико-экологические показатели по оцениваемым агротехнологиям улучшаются по мере приближения состояния почвы к благоприятному для вегетации культур. Наиболее привлекателен по экономическим (3856 руб./га) и экологическим (3,82 руб./га) показателям вариант 1.1 прямого посева озимых зерновых, что вполне ожидаемо, так как исходное состояние почвы по данному варианту самое благоприятное для вегетации культуры.

Таблица 2 – Алгоритм агротехнологий производства сельскохозяйственных культур на основе адаптивных обработок почвы

Культуры	Варианты агротехнологий	Применяемые приёмы				
		Основная обработка почвы и внесение удобрений	Предпосевная обработка почвы	Посев	Уход за посевами	Уборка урожая
1. Озимые зерновые	1.1	Лущение стерни	-	Прямой посев	Корневые подкормки. Листовые подкормки, применение химических средств защиты растений	Скашивание и обмолот зерновых культур
	1.2	предшественника. Щелевание посевов	Совмещение с посевом предпосевной культивации и локального внесения удобрения			
	1.3	Лущение стерни	Совмещение с посевом предпосевной культивации			
	1.4	предшественника. Послойная обработка почвы. Щелевание посевов.	Совмещение с посевом предпосевной культивации и локального внесения удобрения			
2. Яровые зерновые	2.1	Лущение стерни предшественника. Безотвальная обработка почвы.	Ранневесеннее боронование зяби	Совмещение с посевом предпосевной культивации и локального внесения удобрения		
	2.2	Глубокое рыхление зяби		Совмещение с посевом предпосевной культивации		
3. Сахарная свёкла	3	Лущение стерни предшественника. Внесение основного удобрения. Отвальная вспашка. Культивация и глубокое рыхление зяби	Ранневесеннее боронование зяби. Внесение азотного удобрения. Предпосевная культивация	Точный посев	Листовые подкормки, применение химических средств защиты растений. Междурядная обработка	Предуборочное окучивание посевов. Уборка урожая

Таблица 3 - Экономико-экологические показатели агротехнологий

Культуры	Варианты агротехнологий	Прямые эксплуатационные затраты, руб./га	Затраты на охрану окружающей среды, руб./га
1. Озимые зерновые	1.1	3856	3,82
	1.2	4366	3,89
	1.3	5560	4,85
	1.4	4799	4,92
2. Яровые зерновые	2.1	5715	7,05
	2.2	6476	6,88
3. Сахарная свёкла	3	6422	15,1

ВЫВОДЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДА

Адаптация видов обработок почвы к особенностям агроландшафта позволяет экономить финансовые ресурсы и снизить техногенную нагрузку на почву.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создана методика адаптации обработок почвы к её исходному состоянию.
2. Адаптация обработок к почвенным разностям агроландшафта является существенным резервом экономии денежных средств и минимизации техногенной нагрузки на почву.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Гуреев, И.И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свёклы. Практическое руководство / Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Печатный Город, 2011. – 256 с.
- [2]Методика формирования системы машин для комплексной механизации агротехнологий. - Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2008. – 23 с.
- [3]Bernacki, H. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych / H. Bernacki // PWRiL, Warszawa, 1981. - Т. 1, cz. I i II.
- [4]Дифференцированная система основной обработки почвы в районах действия водной и совместного действия водной и ветровой эрозии: Рекомендации / Волковский Е.П., Сорокин В.Г., Зеленин Г.Г. и др.; - Курск, 1988. – 85 с.
- [5]Spicher, J. Maßnahmen zum wassersparenden Zuckerrübenbau / J. Spicher, R. Haberland // Zuckerrübe. – 1997. – 46. – S.254-256.
- [6]ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. - М.: Стандартиформ, 2009. - 19 с.
- [7]Гуреев, И.И. Обоснование критерия регионального нормирования механической нагрузки на почву при комплексной механизации агротехнологий / И.И. Гуреев, Н.С. Климов // Вестник Курской гос. с.-х. академии. - 2017. - № 2. - С.35-38.

**Глава IV/22: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ
ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ
Chapter IV/22: Improving Conservation Tillage in Eroded Agrolandscapes**

Николай М. Жолинский*, Ирина Н. Кораблева, Сергей Б. Стрельцов

DOI 10.25680/8938.2018.66.89.287

*Эл. Почта: zholinskiv@yandex.ru

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, Тулайкова ул., д. 7, 410010 г. Саратов, Россия

РЕЗЮМЕ. Представлены результаты исследований по влиянию обработки почвы склоновых земель в Саратовской области на эрозионные процессы. Установлено, что пожнивные остатки на поверхности обработанного поля изменяют интенсивность эрозии почвы. Размещенные поперек склона в виде локально-вертикальных полос в верхней части почвенного горизонта, пожнивные остатки способствуют лучшему поглощению талой воды и предотвращают эрозию почвы. При данном способе обработки повышается просачивание воды в мерзлую почву. В результате сток талых вод снижается на 24% по сравнению со вспашкой (6,5 мм). Слабая водопроницаемость почвы на участках с плоскорезным рыхлением не обеспечивает достаточного впитывания талой воды, что приводит к увеличению стока в 2,2 и 2,5 раза относительно вспашки.

Abstract. The results of studies on the effect of soil tillage of sloped lands in the Saratov region on erosion processes are presented. It was found that stubble residues on the surface of the treated field change the intensity of soil erosion. Placed across the slope in the form of local vertical strips in the upper part of the soil horizon, stubble residues contribute to a better absorption of thawed water by the soil and prevent soil erosion. This method of tillage increases the infiltration of water into frozen soil. As a result, the runoff of meltwater is reduced by 24% compared to plowing (6.5 mm). The poor water permeability of the soil in the areas with planar loosening tillage not provide sufficient absorption of thawed water, which leads to an increase in runoff of 2.2 and 2.5 times with respect to plowing.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эрозия почв; агроландшафт; крутизна склона; противоэрозионная обработка почвы

Keywords: soil erosion; agrolandscape; slope; conservation tillage

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространённым способом основной обработки почвы склоновых агроландшафтов является вспашка зяби поперек склона. При вспашке улучшается водопроницаемость почвы, наиболее полно используются осадки, снижается испарение влаги, улучшается аэрация, больше накапливается питательных веществ и эффективнее ведется борьба с сорными растениями. В зимы с оттепелями эффективность вспашки в задержании стока уменьшается в связи с образованием ледяной корки, как на поверхности почвы, так и в ней. Ледяная корка препятствует впитыванию в почву воды, что вызывает развитие эрозионных процессов [1,2,6].

Стерневая технология с применением безотвальных и плоскорезных обработок по сравнению с отвальной, обладает рядом преимуществ в экологическом отношении - сокращение смыва почвы и снижение минерализации гумуса, накопление снега, повышение влагообеспеченности растений. Вместе с тем, наряду с положительными качествами плоскорезная, минимальная и нулевая обработки имеют ряд негативных сторон: увеличение засоренности посевов, дифференциация пахотного слоя по плодородию, дефицит азота весной, снижение стокорегулирующей роли и урожайности культур [3,5].

Следовательно, для повышения эффективности ресурсосберегающих обработок важно обеспечить пищевой режим почв, характерный для вспашки, а увлажненность почвы и противоэрозионные показатели сохранить или поднять выше, чем у плоскорезной и минимальной обработок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение почвозащитных приемов основной обработки почвы проводили в стационарном опыте Научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока, город Саратов, Россия.

Опытный стационар размещен на склоне южной экспозиции крутизной 3-5°. Почва опытного участка – чернозем южный тяжелосуглинистый среднесмытый, мощность гумусового горизонта не превышает 35 см, содержание гумуса в слое 0-30 см 2,94%.

Исследования проводились в шестипольном зернопаровом севообороте: пар черный, озимая пшеница, яровая пшеница, просо, яровая пшеница, яровая пшеница. Опыт включал следующие варианты основной обработки почвы: вспашка отвальная на 20-22 см, плоскорезное рыхление на 20-22 см, плоскорезное рыхление на 14-16 см и гребнекулисная обработка на 20-22 см.

В целях защиты почв от эрозии и сокращения энергетических затрат при возделывании зерновых культур сплошного сева в институте разработан и изучается почвозащитный способ основной обработки почвы - гребнекулисная обработка почвы. Выполняется гребнекулисная обработка почвы противозерозионным орудием ОП-ЗС. При гребнекулисной обработке стерневые остатки дисковыми рабочими органами срезаются с поверхности почвы и формируются в ленту, в виде кулисы и одновременно проводится рыхление почвы на необходимую глубину (Рисунок 1). Варианты обработки почвы имели четырехкратную повторность.

Наблюдения за снегонакоплением, стоком талых вод и смывом почвы выполнялись на стоковых площадках. Замер высоты снегового покрова, и определение запасов влаги в нем проводился в конце зимы, перед снеготаянием. Определение высоты снега осуществлялось мерной рейкой. Плотность снега определялась с помощью снегомера-плотногомера (ВС-43). Сток талых вод учитывался по стоково-балансовому методу путем замера высоты напора воды в треугольном 45° водосливе с вычислением коэффициента стока. Смыв почвы определялся методом водороина. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом послойно через 10 см до 1 метра с последующим пересчетом влажности на запасы общей и продуктивной влаги (мм) [4].



Рисунок 1 – Гребнекулисная обработка почвы, выполняемая орудием ОП-ЗС

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сохранение на поверхности почвы пожнивных остатков при выполнении основной обработки способствует лучшему накоплению снега (Таблица 1). При проведении наблюдений за снеговым покровом установлено, что при локально-вертикальном размещении пожнивных остатков в верхней трети пахотного горизонта при гребнекулисной обработке высота снежного покрова и запасы воды в снеге увеличивались на 23% относительно вспашки. Поверхностное размещение пожнивных остатков при плоскорезном рыхлении позволило увеличить накопление снега на 12-16% по сравнению со вспаханным полем.

Таблица 1 - Влияние способов основной обработки на снегонакопление

Варианты основной обработки почвы	Высота снега, см	Запасы воды в снеге, мм
Вспашка отвальная на 20-22 см (контроль)	23,6	82,6
Гребнекулисная на 20-22 см	29,1	101,8
Плоскорезное рыхление на 14-16 см	27,4	95,9
Плоскорезное рыхление на 20-22 см	26,5	92,7

Учет стока талых вод показал, что при применении гребнекулисной обработки почвы, локально размещенные в верхней трети пахотного слоя стерневые остатки, повышают водопроницаемость мерзлой почвы. В результате сток талых вод снижается на 24% по сравнению со вспашкой (6,5 мм). Слабая водопроницаемость почвы на участках с плоскорезным рыхлением не обеспечивает достаточного впитывания талой воды, что приводит к увеличению стока в 2,2 и 2,5 раза относительно вспашки (Таблица 2).

Таблица 2 - Влияние способов основной обработки на эрозионные процессы и запасы продуктивной влаги

Способы обработки почвы	Сток, мм	Смыв, т/га	Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см, мм
Вспашка отвальная на 20-22 см (контроль)	6,5	2,1	127
Гребнекулисная на 20-22 см	4,9	1,2	136
Плоскорезное рыхление на 14-16 см	14,2	1,5	129
Плоскорезное рыхление на 20-22 см	16,3	1,7	128

За годы исследований наибольшая интенсивность эрозионных процессов от стока талых вод наблюдалась на вспаханных участках, где, смыв почвы составил– 2,1 т/га. При гребнекулисной обработке почвы, расположенные поперек склона стерневые кулисы задерживали мелкозем, снижая смыв в 1,7 раза по сравнению со вспашкой. На участках с плоскорезным рыхлением поверхностно размещенные пожнивные остатки снижали скорость потоков талой воды и за счет этого лучше аккумулировали выносимый мелкозем. Поэтому, несмотря на большие потери воды, смыв почвы с этих участков был ниже, чем со вспаханных на 0,3 и 0,6 т/га.

В зависимости от применяемых способов обработки почвы изменялись запасы влаги в метровом слое почвы. В посев яровой пшеницы на вспаханных участках содержалось 127 мм продуктивной влаги. При гребнекулисной обработке лучшее поглощение талой воды во время снеготаяния позволило увеличить количество влаги в почве на 7% относительно контроля. По мелкому и глубокому рыхлению большие снегозапасы не обеспечили лучшего увлажнения почвы, что объясняется потерями воды во время стока. Поэтому содержание влаги осталось на одном уровне со вспашкой 127 и 129 мм.

Основные потери питательных веществ образуются при смыве верхнего плодородного слоя почвы стекающей талой водой. Величина потерь питательных веществ определялась объемом смытой почвы с пересчетом содержащихся в ней гумуса, азота, фосфора и калия (Таблица 3).

Таблица 3 - Потери питательных элементов с твердым стоком, кг/га

Способы основной обработки почвы	Гумус	Азот	Фосфор	Калий
Вспашка отвальная на 20-22 см (контроль)	61,7	3,1	2,8	36,7
Гребнекулисная на 20-22 см	35,3	1,7	1,6	21,0
Плоскорезное рыхление на 14-16 см	44,4	2,2	2,0	26,2
Плоскорезное рыхление на 20-22 см	52,9	2,6	2,4	31,5

Наибольший вынос гумуса и элементов питания с твердым стоком наблюдался на участках со вспашкой - здесь потери гумуса составили 61,7 кг/га, азота 3,1 кг/га, фосфора от 2,8 кг/га, калия

36,7 кг/га. За счет меньшего смыва на участках с гребнекулисной обработкой, а также с плоскорезным рыхлением потери гумуса снизились на 14-43%, азота на 16-66%, фосфора – 14-53%, калия – 14-43%, относительно контроля. При этом на делянках с гребнекулисной обработкой вынос элементов питания с твердым стоком был минимальным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приемы основной обработки почвы, обеспечивающие сохранение на поверхности пашни пожнивных остатков обеспечивают лучшее накопление снега.

При формировании стока талых вод гребнекулисная обработка почвы обеспечивает сокращение поверхностного стока и смыва почвы, что в итоге обеспечивает лучшее увлажнение метрового слоя почвы и предотвращение потерь элементов питания растений.

Технология возделывания сельскохозяйственных культур с применением гребнекулисной обработки обеспечивает существенный экологический эффект и может использоваться в качестве почвозащитного приема в борьбе с эрозионными процессами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Жолинский Н.М. Почвозащитные приемы обработки при возделывании яровой пшеницы // Земледелие. 2004. №6. С. 13-14.
- [2]Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. - М.: Агропромиздат, 1988. 160с.
- [3]Курдюков Ю.Ф., Азизов З.М., Куликова Г.А. Совершенствование систем обработки почвы в засушливой степи Поволжья // Развитие адаптивных почвозащитных систем земледелия в Поволжье. - Саратов, 1999. С.32-36.
- [4]Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте. – Саратов, 1973. 224 с.
- [5]Шабаев А.И., Соколов Н.М., Жолинский Н.М. Приемы сохранения плодородия почв на склонах // Плодородие. 2008. №1. С. 37-38.
- [6]Шабаев А.И. Гребнекулисная обработка почвы под пшеницу в склоновых агроландшафтах Поволжья / Шабаев А.И., Жолинский Н.М., Демьянова Т.В., Цветков М.С., Янина С.М. // Земледелие. 2012. №7. С.22-24.

Глава IV/23: НУЛЕВАЯ, МИНИМАЛЬНАЯ ИЛИ ОТВАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ В ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ Chapter IV/23: No-Tillage, Minimum or Moldboard Plowing in Landscape- Adapted Cropping Systems of the Middle Cis-Ural Region

Александр Ленточкин*, Петр Ширококов, Наталья Атнабаева

DOI 10.25680/1205.2018.82.63.288

*Эл. Почта: lenalmih@mail.ru

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Кирова 16, 426033, Ижевск, Россия

РЕЗЮМЕ. Биологические особенности яровой пшеницы предъявляют повышенные требования к условиям произрастания культуры. Ландшафт Среднего Предуралья характеризуется малогумусными дерново-подзолистыми почвами со слабопрочными структурными агрегатами. Приёмы обработки почвы оказывают существенное влияние на свойства почвы. Целью работы являлось выявление оптимальной системы зяблевой обработки почвы в технологии выращивания яровой пшеницы. Установлено, что приёмы и системы зяблевой обработки почвы не оказали существенное влияние на плотность её пахотного слоя в конце вегетации яровой пшеницы, которая составила в среднем 1,28-1,29 г/см³, что характеризует верхний предел оптимального значения для зерновых культур. Наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы (3,21 т/га) была получена при использовании зяблевой отвальной вспашки ПЛН-5-35 дернины клевера лугового. Экономически и энергетически наиболее эффективным является минимальная система обработки почвы, основанная на дисковании БДТ-7 и последующей обработке комбинированным агрегатом Комбимастер 4,2.

Abstract. Biological features of spring wheat require a lot of attention to the growing conditions of the crop. The landscape of the Middle Urals is characterized by low-humid sod-podzolic soils with soft structural aggregates. Tillage methods have a significant effect on soil properties. The purpose of the work was to identify the optimal system of autumn tillage in the technology of spring wheat growing. It has been found that the methods and systems of autumn tillage did not have a significant effect on the density of the arable layer at the end of spring wheat's vegetative period. It made up on the average 1.28-1.29 g/cm³, characterizing the upper limit of the optimal value for cereals. The highest yield of spring wheat grain (3.21 t/ha) was obtained due to the autumn moldboard plowing PLN-5-35 of the sod of the preceding crop meadow clover. Minimal soil tillage based on disk drive BDT-7 and subsequent processing by the Combimaster 4.2 combined unit is most effective from energy and costs.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: яровая пшеница, обработка почвы, агрофизические свойства почвы, урожайность.

Keywords: spring wheat, tillage, agrophysical properties of the soil, yield.

ВВЕДЕНИЕ

Территория Удмуртской Республики расположена на востоке Русской равнины в междуречье Камы и Вятки в Среднем Предуралье, характеризуется невысокой холмистостью с хорошо выраженными в рельефе депрессиями и низменностями. Почвенный покров площади пашни представлен дерново-подзолистыми и подзолистыми почвами, которые занимают 75,2 %, серыми лесными оподзоленными – 16,7 %, дерново-карбонатными – 6,4 % [1, 2]. Специфика рельефа, среднегодовое выпадение атмосферных осадков около 500 мм, плохая неводопроходная микро- и макроструктура почв, – всё это приводит к плоскостной и линейной водной эрозии, которой подвержены 78 % пахотных земель, к ухудшению свойств почвы, условий роста и развития культурных растений [3]. Активная обработка таких почв приводит к ещё большему разрушению почвенных агрегатов и к потере углерода микробной биомассы [4]. Поэтому во всём мире в системе зяблевой обработки почвы стали широко и успешно применяться приёмы поверхностной обработки и no-till [5, 6, 7, 8]. Современные сорта яровой пшеницы имеют достаточно хороший потенциал продуктивности, но являются требовательными к условиям произрастания [9]. Целью работы являлось выявление оптимальной системы зяблевой обработки почвы в технологии выращивания яровой пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в трёхфакторном полевом опыте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой почве, характеризующейся низким и средним содержанием гумуса (1,3-2,4 %), слабо- и среднекислой реакцией почвенной среды (рН_{KCl} 4,8-5,3), высоким содержанием подвижного фосфора (175-245 мг/кг), повышенным и высоким содержанием обменного калия (136-210 мг/кг). Повторность делянок в опыте четырёхкратная, учётная площадь делянок по факторам составляла соответственно 1120, 560 и 80 м². Расположение делянок в четыре яруса со смещением в ярусах, методом расщепления (Рисунок 1). Все технологические операции выращивания яровой пшеницы после клевера лугового выполнялись промышленными орудиями и механизмами в соответствии с зональными рекомендациями. Плотность почвы определяли методом цилиндров [10]. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Плотность почвы: Агрофизические свойства почвы оказывают большое влияние на её водный, воздушный, температурный и питательный режимы, а значит на рост и развитие растений, формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из важных показателей агрофизических свойств почвы является её плотность. Оптимальное значение плотности для зерновых культур составляет 1,1-1,3 г/см³, тогда как равновесная плотность дерново-подзолистой почвы находится в пределах 1,35-1,50 г/см³ [12,13]. Нами не было выявлено достоверное влияние разнотипных приёмов зяблевой обработки почвы на плотность её пахотного слоя в конце вегетации яровой пшеницы ни в один из трёх лет исследования. В среднем плотность почвы составила в пределах 1,28-1,29 г/см³, что характеризует верхний предел оптимального значения для зерновых культур (Таблица 1).



Рисунок 1 – Агроценоз яровой пшеницы в опыте

Таблица 1 – Влияние приёмов зяблевой обработки почвы на её плотность в пахотном слое в конце вегетации яровой пшеницы, г/см³

Приём обработки почвы (марка орудия), глубина	Плотность почвы, г/см ³	
	среднее	отклонение
1. Отвальная вспашка (ПЛН-5-35), до 20 см	1,26	–
2. Глубокая чизельная обработка (ПЧ-2,5), до 30 см	1,25	-0,01
3. Дискование (БДТ-3,0), до 12 см	1,30	+0,04
4. Культивация противоэрозионная (КПЭ-3,8), до 15 см	1,32	+0,06
5. Дискование (КМБД 3×4П), до 10 см	1,30	+0,04
6. Комбинированная обработка (Комбимастер 4,2), до 15 см	1,29	+0,03
7. Без обработки	1,28	+0,02
НСР ₀₅	F _ф < F ₀₅	

Определение плотности почв по слоям пахотного горизонта в начале и в конце вегетационного периода показало, что её значение уже в начале вегетации яровой пшеницы достигало высоких уровней (соответственно по слоям почвы 1,20 и 1,32 г/см³), не зависело от применявшихся для зяблевой обработки орудий и глубины, практически не изменялось в течение вегетационного периода (Рисунок 2), тогда как в научной литературе называется изменение плотности дерново-подзолистой почвы в течение вегетационного периода на значительную величину – 0,17 г/см³ [13]. Увеличение плотности пахотного слоя почвы уже к началу вегетации яровых культур может свидетельствовать об уплотнении почвы в осенне-зимний и ранневесенний периоды.

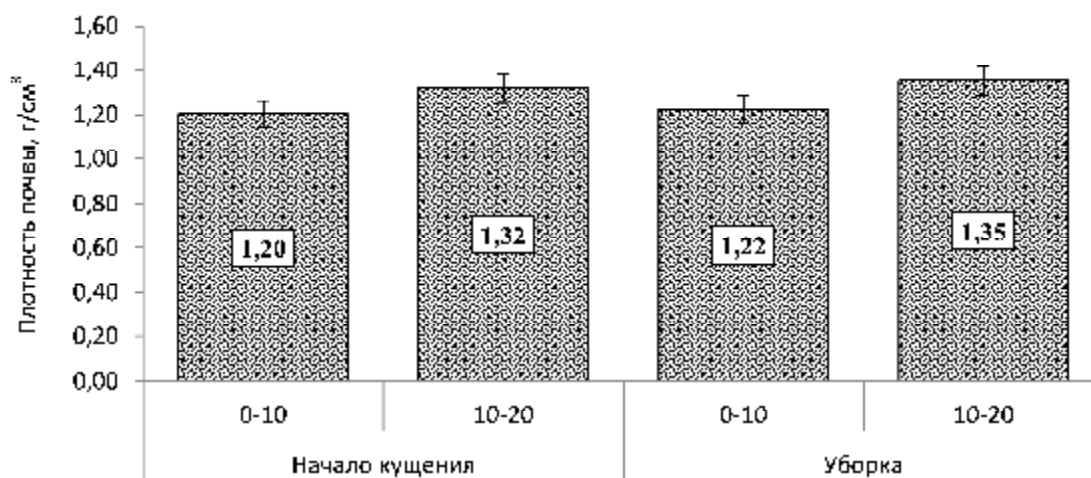


Рисунок 2 – Изменение плотности дерново-подзолистой почвы по слоям пахотного горизонта в течение вегетационного периода, г/см³

Урожайность и её структура: Наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы, размещённой после клевера лугового, была получена при использовании зяблевой отвальной вспашки ПЛН-5-35, которая составила 3,21 т/га (Таблица 2). Статистически одинаковую урожайность обеспечили такие приёмы зяблевой обработки почвы, как комбинированная обработка орудием Комбимастер 4,2 (Рисунок 3), культивация противоэрозионная КПЭ-3,8, дискование КМБД 3×4П. Однако в варианте «Без обработки» (хотя использовалась сеялка прямого посева Тиме 4, как и в целом по опыту), дискование БДТ-3,0, глубокая чизельная обработка ПЧ-2,5 существенно снизили урожайность по сравнению с отвальной вспашкой.

Густота продуктивного стеблестоя была статистически одинаковой по всем вариантам изучаемой зяблевой обработки почвы, а продуктивность колоса была наибольшей при использовании отвальной вспашки (0,72 г) и комбинированной обработки Комбимастер 4,2 (0,70 г), тогда как остальные варианты зяблевой обработки почвы имели значительно меньший показатель продуктивности колоса.

Таблица 2 – Влияние приёмов зяблевой обработки почвы на урожайность яровой пшеницы и её структуру

Приём обработки почвы (марка орудия), глубина	Урожайность, т/га	Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²	Продуктивность колоса, г
1. Отвальная вспашка (ПЛН-5-35), до 20 см	3,21	359	0,72
2. Глубокая чизельная обработка (ПЧ-2,5), до 30 см	3,01	375	0,67
3. Дискование (БДТ-3,0), до 12 см	2,84	358	0,64
4. Культивация противоэрозионная (КПЭ-3,8), до 15 см	3,06	382	0,66
5. Дискование (КМБД 3×4П), до 10 см	3,06	366	0,65
6. Комбинированная обработка (Комбимастер 4,2), до 15 см	3,30	384	0,70
7. Без обработки	2,51	371	0,65
НСР ₀₅	0,20	F _ф < F ₀₅	0,05



Рисунок 3 – Зяблевая обработка почвы комбинированным орудием Комбимастер 4,2

Экономическая и энергетическая эффективность: Выращивание зерна яровой пшеницы при использовании различных систем обработки почвы является экономически и энергетически эффективным (Таблица 3). Наиболее эффективной является минимальная система обработки дернины клевера лугового, основанная на дисковании БДТ-7,0 и последующей обработке комбинированным агрегатом Комбимастер 4,2. Традиционная система зяблевой обработки пласта клевера, основанная на предварительном дисковании и последующей обработке отвальным плугом, ввиду больших затрат даже при высокой урожайности часто уступает минимальным системам обработки почвы.

Таблица 3 – Влияние систем обработки почвы на экономическую и энергетическую эффективность технологии выращивания яровой пшеницы

Система обработки почвы (сочетание орудий, препарат)		Уровень рентабельности, %	Энергетический коэффициент
Традиционная (БДТ-7,0 + ПЛН-5-35)		132	2,16
Противоэрозионная глубокая (ПЧ-2,5)		115	2,09
Минимальная	Дискование (БДТ-7,0 + БДТ-3,0)	134	2,00
	Дискование и культивация (БДТ-7,0 + КПЭ-3,8)	139	2,20
	Дискование (БДТ-7,0 + КМБД 3×4П)	154	2,30
	Комбинированная обработка (БДТ-7,0 + Комбимастер 4,2)	226	2,49
No-till (глифосат)		105	2,01

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Уплотнение малогумусной почвы с неводопрочными структурными агрегатами происходит с осенне-зимний и ранневесенний периоды, приближаясь к равновесному состоянию, независимо от применяемых орудий и систем зяблевой обработки почвы.
2. Наибольшую урожайность зерна яровой пшеницы обеспечивает отвальная зяблевая вспашка.
3. Выращивании зерна яровой пшеницы является экономически и энергетически эффективным при использовании различных систем обработки почвы, но наиболее эффективной является минимальная система обработки дернины клевера лугового, основанная на дисковании БДТ-7,0 и последующей обработке комбинированным агрегатом Комбимастер 4,2.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Агроклиматические ресурсы Удмуртской АССР. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. – 115 с.
- [2]Кузнецов М. Ф. Микроэлементы в почвах Удмуртии / М. Ф. Кузнецов. – Ижевск : Изд-во Удмуртского ун-та, 1994. – 287 с.
- [3]Ковриго В. П. Почвы Удмуртской Республики / В. П. Ковриго. – Ижевск : РИО Ижевская ГСХА, 2004. – 490 с.
- [4]Mendes I. C. Propriedades biologicas em agfegados de um latossolo vermelho-escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado / I. C. Mendes, L. V. Souza, D. V. S. Resck, A. C. Gomes // Rev. brasil. Cienc. Solo. 2003. Vol. 27. № 3. P. 435-443.
- [5]MoConkey B. G. Crop and soil nitrogen status of tilled and notillage systems in semiarid region of Saskatchewan / B. G. MoConkey, D. Curlin, C. A. Campbell, S. A. Braudt, F. Selles // Canad. J. Soil Sc. 2002. Vol. 82. № 4. P. 489-498.
- [6]Costa F. S. Propriedades fisicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional / F. S. Costa, J. A. Albuquerque, C. Bayer, S. M. V. Fontoura, C. Wobeto // Rev. brasil. Cienc. Solo. 2003. Vol. 27. № 3. P. 527-535.
- [7]Samarawickrema A. K. Net greenhouse gas emissions and the economics of annual crop management systems / A. K. Samarawickrema, K. W. Belcher // Canad. J. agr. Econ. 2005. Vol. 53. № 4. P. 385-401.
- [8]Yin X. Periodic response of soybean yields and economic returns to long-term no-tillage / X. Yin, M. M. al-Kaisi // Agronomy Journal. 2004. Vol. 96. № 3. P. 723-733.
- [9]Ленточкин А. М. Биологические потребности – основа технологии выращивания яровой пшеницы : монография / А. М. Ленточкин. – Ижевск : ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. – 436 с.
- [10]Строение (сложение) и плотность пахотного слоя почвы // Практикум по земледелию / И. П. Васильев [и др.]. – Москва : КолосС, 2005. – С. 16-28.
- [11]Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов [и др.]. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

[12]Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.

[13]Холзаков В. М. Повышение продуктивности дерново-подзолистых почв в Нечернозёмной зоне : монография / В. М. Холзаков. – Ижевск : ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 436 с.

Глава IV/24: ПЕРСПЕКТИВЫ «НУЛЕВОЙ» ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В АГРОЛАНДШАФТАХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА

Chapter IV/24: Prospects of «Zero» Soil Tillage for Maize Cropping in Agro-Landscapes of the Volga-Vyatka Region

Александр И. Волков*, Николай А. Кириллов, Любовь Н. Прохорова

DOI 10.25680/2011.2018.59.55.289

*Эл. Почта: alex-volkov@bk.ru

Марийский государственный университет, пл. Ленина 1, 424000, Йошкар-Ола, Россия

РЕЗЮМЕ. На низкоплодородных дерново-подзолистых почвах Чувашии изучено влияние традиционной, минимальной и нулевой обработки почвы на урожайность и качество зерна кукурузы. Традиционная технология возделывания кукурузы на зерно включала дискование стерни яровой пшеницы на глубину 4-6 см, лущение, отвальную вспашку на 20-22 см, предпосевную культивацию на 4-6 см с одновременным боронованием, посев и прикатывание. Система с минимальной обработкой почвы основывалась на осеннем дисковании и лущении стерни на глубину 6-10 см, весенней предпосевной культивации на 8-10 см и посеве сеялкой «Amazonе». При нулевой обработке в осенний период осуществляли опрыскивание гербицидом сплошного действия «Зеро» и прямой посев кукурузы комплексом «Amazonе» весной. Исследования, проведенные на раннеспелом высокопродуктивном гибриде универсального направления РОСС 199 МВ, показали преимущества нулевой обработки почвы перед минимальной и традиционными технологиями.

Abstract. We studied the influence of traditional, minimal and zero tillage on the yield and quality of cropped maize for grain on low-fertile sod-podzolic soils in Chuvashia. The traditional technology of maize cultivation for grain included disking spring wheat stubble to a depth of 4-6 cm, shallow ploughing (лущение), 20-22 cm deep ploughing, pre-sowing cultivation for 4-6 cm with simultaneous harrowing, sowing and rolling/packing. The system with minimal soil cultivation was based on autumn disking and shallow stubble ploughing (лущение) to a depth of 6-10 cm, spring pre-sowing cultivation for 8-10 cm and sowing with the «Amazonе» seed drill. At zero tillage in the autumn period, the herbicide was sprayed with a continuous «Zero» action and direct sowing of maize by the «Amazonе» complex was provided in the spring. Research conducted on the highly efficient hybrid maize ROSS 199 MV showed an advantage of zero tillage in comparison with minimal and traditional technologies.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нулевая обработка почвы, урожайность, зерно кукурузы, агроландшафт, Волго-Вятский регион, энергосберегающие технологии, качественные показатели зерна.

Keywords: zero soil tillage, productivity, maize for grain, agro-landscape, Volga-Vyatka region, energy saving technologies, quality indicators of maize grain.

ВВЕДЕНИЕ

Формирование стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур с минимальными затратами труда и материальных средств, рациональное использование земель, сохранение и воспроизводство плодородия почв сегодня – неотложная задача ресурс- и энергосберегающего земледелия. В Волго-Вятском регионе эта проблема успешно решается путем освоения научно-обоснованных систем адаптивно-ландшафтного земледелия и инновационных технологий.

Один из основополагающих факторов успешного внедрения севооборота – правильная обработка почвы, отвечающая особенностям природно-климатических условий и возделываемым культурам [1-3].

Несмотря на однообразие почвенно-климатических условий Волго-вятского региона, с учетом рельефа местности и лесистости территории, к сожалению, до сих пор во многих хозяйствах используют в основном энергоемкую отвальную вспашку с многократными проходами тяжелой техники по полю при предпосевной обработке, что зачастую не оправдано ни с экономической, ни с агротехнической точек зрения. При этом на сегодняшний день разработаны и научно обоснованы современные направления обработки преобладающих во всех республиках и областях нашей страны черноземных, серых лесных и дерново-подзолистых почв [4-13].

Особенно это касается нулевой и минимальной обработки под традиционные (озимая пшеница и рожь, яровая пшеница, ячмень, овес) зерновые культуры, которые теоретически обоснованы, базируются на использовании современных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов и успешно применяются во многих сельскохозяйственных предприятиях [14-18].

Цель наших исследований – изучение влияния нулевой и минимальной обработки почвы на урожайность и качество зерна кукурузы в агроклиматических условиях Волго-Вятского региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводили на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, характеризующихся низким содержанием гумуса (1,95 %), высокой концентрацией подвижного фосфора (165 мг/кг) и повышенной – обменного калия (137 мг/кг), слабокислой реакцией почвенного раствора (6,4). Размещение вариантов осуществляли методом рендомизированных повторений в четырехкратной повторности. Площадь учетной делянки – 60 м².

Годы проведения исследований (2009-2013 гг.) отличались как по теплообеспеченности, так и по количеству осадков, что позволило наиболее полно изучить влияние анализируемых способов обработки дерново-подзолистой почвы на размеры урожая и его качество.

С учетом конъюнктуры рынка, агроклиматических условий и регионального аспекта четырехпольный севооборот выглядел следующим образом: клевер – яровая пшеница – кукуруза – картофель. Объект исследований – гибрид РОСС 199 МВ. РОСС 199 МВ – сложный раннеспелый высокопродуктивный гибрид универсального направления использования. Зерно полукремнистое желтое. Початок конусовидный с красным стержнем. Обладает повышенной устойчивостью к гельминтоспориозу и фузариозу, средней – к бактериозу початков, восприимчив к пузырчатой головне.

Общепринятая для Волго-Вятского региона технология возделывания кукурузы на зерно включала дискование стерни яровой пшеницы на глубину 4-6 см бороной дисковой тяжелой БДТ-6, лущение лемешным лущильником ПЛЛ-10-25, отвальную вспашку плугом ПЛН-4-35 на 20-22 см, предпосевную культивацию КПС-4 на 4-6 см с одновременным боронованием БЗСС-1,0, посев сеялкой СЗ-3,6 и прикатывание ЗККШ-6.

При испытании технологии возделывания кукурузы с минимальной обработкой почвы проводили осеннее дискование и лущение стерни на глубину 6-10 см БДМ-6 и ПЛЛ-10-25, весеннюю предпосевную культивацию на 8-10 см блочно-модульным культиватором КБМ-10,8 и посев сеялкой «Amazon».

В варианте с нулевой обработкой в осенний период осуществляли опрыскивание гербицидом сплошного действия «Зеро» и посев кукурузы комплексом «Amazon» во второй декаде мая. Независимо от технологии посев осуществляли по схеме 70х30 см с расходом кондиционных семян 25 кг/га и внесением минеральных удобрений в дозе N₉₀P₆₀K₆₀.

Интегрированная система защиты посевов от сорной растительности включала опрыскивание в фазе 3-5 листьев баковой смесью гербицидов Калисто (0,2 л/га) и Милагро (1,2 л/га). Уборку урожая проводили в фазе полной спелости кукурузы в конце сентября – начале октября (Рисунок 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на схожие условия эксперимента и одновременный высев семян на контрольном и Несмотря на схожие условия эксперимента и одновременный посев, первые всходы появились в поле с осенней вспашкой, что, видимо, связано с более быстрым прогревом верхнего слоя почвы. После появления массовых всходов различия между вариантами незначительными, хотя внешне делянки с традиционной и минимальной обработкой почвы выгодно отличались от участка с прямым посевом. Ряды растений кукурузы в двух первых случаях отчетливо выделялись, тогда

как на поле без предварительной подготовки почвы из-за сплошного ковра из сорняков трудно было различать всходы культурного вида. Лишь после химической прополки спустя 9-12 дней на этом участке вырисовывались ряды бледно-зеленых растений кукурузы среди пожелтевших сорняков.

Первые измерения высоты растений кукурузы и подсчет числа листьев на них также показали преимущества традиционной обработки почвы. Это можно объяснить некоторой задержкой роста в остальных вариантах из-за сокращения площади питания культурного вида в конкурентной борьбе с сорным компонентом агроценоза. Последующие измерения линейных параметров вегетирующих растений кукурузы показали отсутствие видимых различий между контрольным и опытными вариантами и к концу вегетации надземная часть практически всех анализируемых растений характеризовалась одинаковым ростом и биомассой.

Обладая высокой скоростью роста, гибрид РОСС 199 МВ к началу августа успел сформировать 1-2 початка кукурузы молочной спелости (табл. 1).

Благоприятные в этот период погодные условия, характерные для Волго-Вятского региона, позволили накопить достаточное количество питательных элементов для создания полноценного урожая зерна кукурузы (табл. 2).

В среднем максимальный в опыте сбор зерна кукурузы (2,64 т/га) отмечен в варианте с возделыванием кукурузы по общепринятой технологии, минимальный (2,45 т/га) – при использовании нулевой обработки почвы. В целом за годы исследований урожайность в контроле оказалась выше, чем в вариантах с минимальной и нулевой обработкой почвы, на 2,8-3,2 и 7,5-7,9% соответственно.

Таблица 1 – Хозяйственные показатели возделывания кукурузы на зерно при различных способах обработки почвы

Варианты	Среднее количество початков на 1 растении, шт.	Среднее количество растений, шт./м ²	Масса 1000 зерен, г	Среднее количество зерен в 1 початке, шт.	Урожайность, т/га	Коэффициент энергетической эффективности	Уровень рентабельности, %
Традиционная	1,7	4	115,5	336	2,64	2,02	18,4
Минимальная	1,7	4	114,1	330	2,56	2,10	20,5
Нулевая	1,7	4	109,8	328	2,45	2,11	22,0

НСР₀₅ – 0,06

Таблица 2 – Питательная и энергетическая ценность зерна кукурузы при различных способах обработки почвы

Варианты	Содержится в зерне								
	Сырой протеин, % по ГОСТ 13496.4	Сырая клетчатка, % по ГОСТ 13496.2	Сырой жир, % по ГОСТ 13496.15	Сырая зола, % по ГОСТ 26226	БЭВ, %	Нитраты, мг/кг	Кормовые единицы, кг/кг	Обменная энергия, МДж/кг	Переваримый протеин, г/кг
Традиционная	8,95	3,14	3,62	1,74	73,87	22	1,42	13,05	63,55
Минимальная	9,06	2,87	3,32	1,51	74,37	21	1,42	13,02	64,33
Нулевая	8,63	3,11	3,26	1,43	73,67	19	1,42	13,01	61,27



Рисунок 1 – Уборка посевов кукурузы, возделываемых по нулевой обработке почвы. Профессор Н.А. Кириллов (слева), директор ЗАО "Прогресс" В.И. Яковлев (в центре) и А.И. Волков на производственных испытаниях.

Однако по показателям экономической и энергетической эффективности при возделывании кукурузы на зерно на дерново-подзолистых почвах Волго-Вятского региона более предпочтительно использование нулевой обработки почвы. В этом варианте коэффициент энергетической эффективности был выше аналогичных показателей при использовании минимальной обработки почвы и вспашки на 0,01 и 0,09, а уровень рентабельности – на 1,5 и 3,6 % соответственно.

Результаты биохимического анализа свидетельствуют о том, что технологии обработки почвы не оказывают существенного влияния на питательную и энергетическую ценность зерна кукурузы, позволяя получать продукцию, в 1 кг зерна которой содержится 1,42 корм. ед. и 13,01-13,05 МДж обменной энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Температурные условия Волго-Вятского региона, прогревание почвы в весенние месяцы, влагообеспеченность, уровень плодородия дерново-подзолистых почв, подбор гибрида, севооборот и технология возделывания, в полной мере отвечают требованиям, необходимым

кукурузе для гарантированного вызревания и получения стабильной урожайности качественного зерна.

2. Нулевая обработка почвы при возделывании кукурузы на зерно в агроландшафтах Волго-Вятского региона превосходит минимальную и традиционную по коэффициенту энергетической эффективности и уровню рентабельности, нисколько не уступая при этом в качественных характеристиках товарного зерна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кириллов Н.А., Волков А.И. Эффективность ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 9. С. 12–14.
- [2] Кириллов Н.А., Волков А.И. Минимальная обработка почвы при возделывании зерновых культур в Чувашской Республике // Земледелие. 2008. № 4. С. 30–31.
- [3] Волков А.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в условиях Волго-Вятского региона // Аграрный вестник Урала. 2009. № 7. С. 53–54.
- [4] Корчагин В.А., Горянин О.И., Новиков В.Г. Прямой посев яровой мягкой пшеницы в степных районах Среднего Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 8. С. 17–19.
- [5] Миникаев Р.В., Хисамова Г.Ш., Сайфиева Г.С. Ресурсосберегающая технология возделывания ячменя на серых лесных почвах Республики Татарстан // Вестник Казанского ГАУ. 2012. № 2 (24). С. 102–106.
- [6] Волков А.И., Кириллов Н.А. Минимальная обработка почвы под кукурузу на зерно // Аграрная Россия. 2012. № 11. С. 16–18.
- [7] Хусаинов Р.Р. Влияние приемов основной обработки почвы и фонов питания на водный и питательный режимы посевов озимой ржи // Вестник Казанского ГАУ. 2013. № 1 (27). С. 135–138.
- [8] Волков А.И., Кириллов Н.А. Агроэкономическая оценка энергосберегающих технологий возделывания кукурузы на зерно на Северо-Востоке Нечерноземной зоны России // АГРО XXI. 2013. № 04-06. С. 9–10.
- [9] Салахов И.М., Матяшин А.В., Вафин Н.Ф. Некоторые результаты полевых испытаний рабочего органа машины для безотвальной обработки почвы // Вестник Казанского ГАУ. 2013. № 2 (28). С. 81–83.
- [10] Энергоресурсосберегающие технологии и техника для обработки почвы и посева в засушливых условиях / Н.К. Мазитов и [др.] // Вестник Казанского ГАУ. 2013. № 4 (28). С. 65–75.
- [11] Коваленко М.В., Марковская Г.К. Влияние способов основной обработки почвы на её ферментативную активность // Вестник Казанского ГАУ. 2013. № 1 (28). С. 108–111.
- [12] Черкасов Г.Н., Масютенко М.Н., Кузнецов А.В. Влияние системы обработки почвы, вида севооборота и экспозиции склона на агрофизические свойства чернозема типичного ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 17–20.
- [13] Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А. Проблемы и перспективы разработки и освоения технологии No-Till на черноземах лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 16–19.
- [14] Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А. Перспективы технологии No-Till в Сибири // Земледелие. 2014. № 1. С. 16–19.
- [15] Ресурсосберегающие технологии на чернозёмах южных Оренбургской области / Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, А.П. Долматов, Д.Г. Петров // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 5. С. 3–5.
- [16] Голованов Д.А., Кем А.А., Чекусов М.С. Комбинированное орудие для основной обработки почвы и влагонакопления в засушливых районах Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 2. С. 53–54.
- [17] Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Возможность применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах // Земледелие. 2014. № 5. С. 13–16.
- [18] Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Замятин А.А., Курлов А.П. // Эффективность прямого посева в Зауралье // Земледелие. 2014. № 6. С. 19–22.

Глава IV/25: ПРИМЕНЕНИЕ NO-TILL И MINI-TILL НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ПОВОЛЖЬЯ

Chapter IV/25: Application of No-Till and Mini-Till on Degraded Gray Forest Soils of the Volga Region

Александр И. Волков*, Николай А. Кириллов

DOI 10.25680/8700.2018.51.94.290

*Эл. Почта: alex-volkov@bk.ru

Марийский государственный университет, пл. Ленина 1, 424000, Йошкар-Ола, Россия

РЕЗЮМЕ. На слабосмытых серых лесных почвах Поволжья в 2005-2014 гг. проведены полевые опыты по выявлению эффективности традиционной и ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур с единиц - на 2,4 %; стоимость основной и побочной продукции - на 2,3 %. Наибольшая (30243,4 руб./ га) стоимость минимальной (mini-till) и нулевой (no-till) обработкой почвы. При использовании традиционной технологии выход зерна был достоверно ниже, чем в варианте с минимальной обработкой, на 2,7 %; выход кормовых основной и побочной продукции отмечена в варианте с использованием нулевой обработки. Она была выше величин этого показателя в вариантах с минимальной обработкой почвы и традиционной вспашкой на 43,6 и 186,6 руб./га или 0,1 и 0,6 % соответственно.

Abstract. Field tests were carried out under conditions of the Volga Region on weakly eroded gray forest soils in 2005-2014. The goal was to reveal the effectiveness of traditional and resource-saving technologies of cereals cultivation with mini-tillage and no-tillage. The traditional technology significantly yielded to the minimal processing in the output of grain by 2.7 %; in the output of fodder units - by 2.4 %; in the value of the major produce and by-products - by 2.3. The most value of the major products and by-products (30243.4 rub/ha) was obtained in the variant with zero tillage. It was higher than the values of this indicator in the variants with the minimum tillage and traditional plowing by 43.6 and 186.6 rub/ha or 0.1 and 0.6 %, respectively.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: no-till, mini-till, ресурсосберегающие технологии, минимальная и нулевая обработка почвы, зерновые культуры, урожайность, продуктивность

Keywords: no-till, mini-till, resource-saving technologies, minimum and zero soil tillage, grain crops, productivity, efficiency

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в земледелии существует острая потребность в предложении производству перспективных в агрономическом, экономическом и экологическом плане ресурсо- и энергосберегающих технологий получения основных видов растениеводческой продукции [1].

В то же время, в сложившихся рыночных условиях важнейшее значение имеет адаптивное ведение растениеводства с подбором рентабельных видов и сортов полевых культур в севооборотах, которые способны реализовать существующий потенциал местности, где расположено хозяйство, производство продукции по прогрессивным технологиям с максимальным использованием всех составных факторов, в том числе и биологических [2].

Типичный для агроклиматических условий Чувашской Республики севооборот включает следующее чередование полевых культур: клевер – озимая пшеница и рожь – картофель – яровая пшеница – ячмень с подсевом клевера. Выбор этих культур определен не только агрономической, но и экономической целесообразностью, то есть, подбором той продукции, которая позволяет получить максимальный возможный доход с единицы площади пашни и обеспечивает сохранение почвенного плодородия [3].

Целью настоящего исследования явился сравнительный анализ эффективности возделывания зерновых культур в полевом севообороте по традиционной и ресурсосберегающим технологиям с минимальной и нулевой обработкой почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили в 2005-2014 гг. на слабосмытых серых лесных почвах Поволжья (Чувашская Республика), характеризующихся низким содержанием гумуса (2,8 %), повышенным содержанием фосфора (210 мг/кг) и калия (170 мг/кг) и кислотностью 6,1.

Схема опыта для озимой пшеницы и озимой ржи включала три варианта: 1) традиционная технология возделывания – основывалась на дисковании на глубину 4-6 см тяжелой дисковой бороной БДТ-3, отвальной вспашке плугом ПЛН-4-35 на глубину 22 см и предпосевной культивацией КПС-4 на 4-6 см с боронованием БЗСС-1, посеве сеялкой СЗ-3,6; 2) ресурсосберегающая технология возделывания с минимальной обработкой почвы – включала дискование на глубину 4-6 см бороной дисковой модифицированной БДМ-6, предпосевную культивацию на 6-8 см тяжелым культиватором «Лидер», посев сеялкой «Soliteir»; 3) ресурсосберегающая технология возделывания с нулевой обработкой почвы – осуществлялась опрыскиванием гербицидом сплошного действия «Зеро» с опрыскивателем «Sieger», посевом комплексом «Хорш-Агросоюз» АТД-11,35.

Схема опыта для яровой пшеницы: 1) традиционная технология – проводили осеннюю перепашку плугом ПЛН-4-35 на 22 см, весеннюю культивацию на 4-6 см КПС-4 с боронованием БЗСС-1,0, посев сеялкой СЗ-3,6; 2) ресурсосберегающая технология с минимальной обработкой почвы – включала весеннюю культивацию на 4-6 см тяжелым культиватором «Лидер», посев сеялкой «Soliteir»; 3) ресурсосберегающая технология с нулевой обработкой почвы – осуществлялась «прямым» посевом комплексом «Хорш-Агросоюз» АТД-11,35.

Схема опыта для ячменя включала: 1) традиционная технология – проводили осеннее лущение стерни на 6-8 см бороной дисковой тяжелой БДТ-3 и вспашку на 22 см плугом ПЛН-4-35, весеннюю культивацию на 4-6 см КПС-4 с боронованием БЗСС-1 и посев сеялкой СЗ-3,6; 2) ресурсосберегающая технология с минимальной обработкой почвы включала осеннее дискование на 4-6 см БДМ-6, весеннюю культивацию на 6-8 см тяжелым культиватором «Лидер», посев сеялкой «Soliteir»; 3) ресурсосберегающая технология с нулевой обработкой почвы – путем весеннего опрыскивания гербицидом сплошного действия «Зеро» с опрыскивателем «Sieger», посева комплексом «Хорш-Агросоюз» АТД-11,35.

Картофель и клевер в севооборотах возделывали по принятым для Чувашской Республики технологиям.

В качестве материала для исследования использовали следующие сорта зерновых культур: озимой пшеницы – Казанская 560; озимой ржи – Безенчукская 87; яровой пшеницы – Прохоровка; ячменя – Эльф, с нормой высева 5,5; 5,0; 5,5 и 5,5 млн всхожих семян на 1 га соответственно. Перед посевом семена озимых культур протравливали Феразимом КС из расчета 1,5 л/т, яровых – ТМТД с.п. 4 кг/т. Дозу используемых минеральных удобрений рассчитывали исходя из запланированной урожайности озимой пшеницы и озимой ржи, ячменя в 2,3 т/га ($N_{15}P_{10}K_{10}$), яровой пшеницы – 3,0 т/га ($N_{30}P_{20}K_{20}$). В фазе кущения проводили опрыскивание посевов зерновых культур гербицидом «Ковбой» (120 мг/га) с одновременной подкормкой аммиачной селитрой (10 кг/га). По «нулевой» технологии, за исключением посевов яровой пшеницы, гербицид не применяли, а проводили только подкормку. Повторность опытов – четырехкратная, размещение вариантов – методом рендомизированных повторений. Размер делянки составил 1200 м², учетной – 100 м². Статистический анализ достоверности полученных результатов проводили по Б.А. Доспехову [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За первую (2005-2009 гг.) ротацию севооборота при традиционной технологии возделывания зерновых культур урожайность озимой пшеницы составила 2,07-2,22 т/га, озимой ржи – 2,03-2,26 т/га, яровой пшеницы – 2,80-2,98 т/га и ячменя – 2,04-2,27 т/га.

При использовании ресурсо- и энергосберегающих технологий с минимальной обработкой почвы величины урожайности зерновых культур находились в интервале 1,98-2,23 т/га; 1,95-2,15 т/га; 2,82-2,88 и 2,02- 2,20 т/га соответственно, а с нулевой – варьировали в пределах 1,90-2,14 т/га; 1,90-2,12 т/га; 2,76-2,85 и 1,91-2,08 т/га для озимой пшеницы и ржи, яровой пшеницы и ячменя соответственно.

Что касается продуктивности полевого севооборота, то традиционная обработка почвы обеспечивала в первую ротацию севооборота наибольший выход на 1 га пашни: 1,40-1,47 т зерна, 3,44-3,67 т кормовых единиц, продукции основной и побочной стоимостью 14432,4-26896,2 руб. При использовании минимальной обработки почвы продуктивность севооборота была несколько ниже. Так, выход на 1 га пашни в этом случае составлял: 1,38-1,45 т зерна, 3,42-3,63 т кормовых единиц, продукции основной и побочной стоимостью 14388,8-26686,6 руб. Применение нулевой обработки почвы влекло за собой снижение продуктивности севооборота. Выход на 1 га пашни в этом варианте составлял 1,33-1,40 т зерна, 3,34-3,55 т кормовых единиц, продукции основной и побочной стоимостью 14222,6-26291,2 руб.

Анализ опытных данных по изучению влияния способов обработки почвы при возделывании зерновых культур на продуктивность плодосменного севооборота в его второй ротации (2010-2014 гг.) показал некоторое различие, по сравнению с периодом первой ротации. Так, в аномально жарком и засушливом 2010 г. наибольшая урожайность озимой пшеницы (1,32 т/га), озимой ржи (1,35 т/га), яровой пшеницы (1,44 т/га) и ячменя (1,50 т/га) отмечена в варианте с применением нулевой обработки почвы, а наименьшую – при вспашке, которая была меньше на 0,28 т/га или на 21,2 % при возделывании озимой пшеницы, на 0,23 т/га или 17,0 % при возделывании озимой ржи, на 0,56 т/га или 38,9 % при возделывании яровой пшеницы и на 0,58 т/га или 38,7 % при возделывании ячменя.

Вариант с применением минимальной обработки почвы при возделывании зерновых культур уступал наибольшим величинам урожайности на 0,17 т/га или 12,9 %, 0,17 т/га или 12,6 %, 0,41 т/га или 28,5 % и 0,37 т/га или 24,7 % соответственно. Полученный результат можно объяснить тем, что осеннее проведение отвальной вспашки ведет к чрезмерному иссушению пахотного слоя, а исключение обработок или проведение их не глубже 10 см, как в случае с нулевой или минимальной технологиями, позволяет сохранить влагу и, самое главное, избежать образования излишней глыбистости почвы.

Таблица – Средняя продуктивность полевого севооборота при различных технологиях возделывания зерновых культур (2005-2014 гг.)

Культура	Уро- жай- ность, т/га	Содержание корм. ед. в 1 кг продукции		Соотно- шение осн. и поб. продук- ции	Валовой сбор продукции				Стоимость продукции, руб.	
					т		т корм. ед.			
		осн.	поб.		осн.	поб.	осн.	поб.	осн.	поб.
Традиционная обработка										
Клевер	4,90	0,50	–	–	4,90	–	2,45	–	8732	–
Озимая пшеница	2,19	1,19	0,22	1:1,5	1,10	1,65	1,31	0,36	6149	782
Озимая рожь	2,16	1,11	0,22	1:1,5	1,08	1,62	1,20	0,36	5319	768
Картофель	20,73	0,25	–	–	20,73	–	5,18	–	98550	–
Яровая пшеница	2,84	1,19	0,22	1:1	2,84	2,84	3,38	0,62	15876	1346
Ячмень	2,23	1,13	0,33	1:1	2,23	2,23	2,52	0,74	11705	1057
Всего							16,04	2,08	146331	3953
Mini-till										
Клевер	4,89	0,50	–	–	4,89	–	2,44	–	8714	–
Озимая пшеница	2,18	1,19	0,22	1:1,5	1,09	1,64	1,30	0,36	6093	777
Озимая рожь	2,17	1,11	0,22	1:1,5	1,08	1,63	1,20	0,36	5319	773
Картофель	20,95	0,25	–	–	20,95	–	5,24	–	99596	–
Яровая пшеница	2,86	1,19	0,22	1:1	2,86	2,86	3,40	0,63	15987	1356
Ячмень	2,24	1,13	0,33	1:1	2,24	2,24	2,53	0,74	11758	1062
Всего							16,11	2,09	147467	3968
No-till										
Клевер	4,88	0,50	–	–	4,88	–	2,44	–	8696	–
Озимая пшеница	2,06	1,19	0,22	1:1,5	1,03	1,55	1,23	0,34	5758	735
Озимая рожь	2,07	1,11	0,22	1:1,5	1,04	1,55	1,15	0,34	5122	735
Картофель	21,31	0,25	–	–	21,31	–	5,33	–	101308	–
Яровая пшеница	2,74	1,19	0,22	1:1	2,74	2,74	3,26	0,60	15317	1299
Ячмень	2,14	1,13	0,33	1:1	2,14	2,14	2,42	0,71	11233	1014
Всего							15,83	1,99	147434	3783

Урожайность клевера и картофеля были наибольшими в севооборотах, где под их предшествующие зерновые культуры на протяжении нескольких лет использовали ресурсосберегающие технологии. Так, максимальные в опыте величины продуктивности севооборота получены в варианте с возделыванием зерновых культур с нулевой обработкой почвы, где выход зерна на 1 га пашни составил 0,86 т, кормовых единиц 2,05 т, а стоимость побочной и основной продукции 25390,0 руб. Эти показатели значительно выше, чем в вариантах с применением минимальной обработки почвы и вспашки, соответственно: по выходу зерна – на 0,28 и 0,20 т/га или 32,6 и 23,2 %; по сбору кормовых единиц – на 0,53 и 0,36 т/га или 25,8 и 17,6 %; общей стоимости произведенной продукции на 5986,0 и 4381,0 руб. или 23,6 и 17,2 %.

В другие годы средние показатели за вторую ротацию севооборота показали наибольшую урожайность озимой пшеницы (2,25 т/га), озимой ржи (2,24 т/га), яровой пшеницы (2,87 т/га) и ячменя (2,39 т/га) в варианте с минимальной обработкой почвы. Они превосходили аналогичные значения варианта со вспашкой на 0,04 т/га или 1,7 %; 0,04 т/га или 1,8 %; 0,10 т/га или 3,5 % и 0,08 т/га или 3,3 % и нулевой обработкой почвы – на 0,14 т/га или 6,2 %; 0,12 т/га или 5,3 %; 0,18 т/га или 6,3 % и 0,11 т/га или 4,6 % соответственно.

При возделывании клевера на сено наибольшая урожайность (4,85 т/га) за вторую ротацию была получена в севообороте с применением нулевой обработки почвы, которая на 0,04 и 0,06 т/га или 0,8 и 1,2 % была выше, чем в вариантах с использованием минимальной обработки почвы и традиционной вспашки при возделывании зерновых культур соответственно.

Аналогичную закономерность наблюдали и при сравнении урожайности клубней картофеля. Так, размещение картофеля после озимых культур, возделываемых по нулевой технологии обработки почвы, способствовало формированию наибольшего урожая (22,44 т/га), достоверно превосходящего на 0,92 и 1,38 т/га или 4,1 и 6,1 % варианты с использованием минимальной обработки почвы и отвальной вспашкой соответственно.



Рисунок 1. Опытные деланки в Республике Марий Эл. и в Чувашской Республике.

В целом, наибольшая продуктивность севооборота во второй ротации была получена в варианте с возделыванием зерновых культур по ресурсо- и энергосберегающим технологиям. Максимальный выход с 1 га пашни зерна (1,50 т) и кормовых единиц (3,73 т) наблюдали в варианте с

минимальной обработкой почвы, а наибольшая (40815,4 руб.) стоимость основной и побочной продукции – в варианте с нулевой.

Максимальный выход на 1 га пашни пятипольного полевого севооборота за две ротации был получен при использовании минимальной обработки почвы при возделывании зерновых культур (1,45 т зерна, 3,64 т корм. ед., продукции основной и побочной стоимостью 30287,0 руб.), а наименьший – при применении нулевой обработки почвы (1,39 т зерна, 3,56 т корм. ед., продукции основной и побочной стоимостью 30243,4 руб.). Возделывание зерновых культур по традиционной технологии позволяло получать с 1 га пашни 1,45 т зерна, 3,62 т корм. ед., продукции основной и побочной стоимостью 30056,8 руб. (см. таблицу).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Mini-till под озимые и яровые зерновые культуры обеспечивает практически одинаковую урожайность со вспашкой (с несущественной разницей в 0,1-0,2 т/га по культурам), а вариант с по-till уступает им по урожайности: озимой пшеницы на 5,5 и 5,9 %, озимой ржи – 4,6 и 4,2 %, яровой пшеницы – 4,2 и 3,9 % и ячменя – 4,5 и 4,0 %, соответственно.
2. Стоимость произведенной основной продукции при использовании по-till и mini-till технологий выше традиционной на 0,7-0,8 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кириллов Н.А., Волков А.И. Экологическая и экономическая оценка энергосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2007. – № 6. – С. 14-15.
- [2] Кириллов Н.А., Волков А.И. Эффективность ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2008. – № 9. – С. 12-14.
- [3] Волков А.И., Кириллов Н.А. Внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий возделывания зерновых в Чувашии // Зерновое хозяйство, 2008. – № 1. – С. 19-20.
- [4] Доспехов Б.А. Методика полевого дела (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. доп. и перераб. // М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Глава IV/26: СТРУКТУРНЫЙ СТАТУС ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ И ОБРАБОТКА ПОЧВ

Chapter IV/26: Structural Status of Leached Chernozems and Soil Tillage

Сергей Немцев

DOI 10.25680/5157.2018.19.67.291

Эл. Почта: nemcev.1963@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Институтская ул., д.19, 433315 п. Тимирязевский, Ульяновский район, Ульяновская область, Россия

РЕЗЮМЕ. Чернозёмы по своей генетике обладают благоприятным структурным состоянием, но изменяются в результате длительного сельскохозяйственного использования. Цель работы – определить влияние различных систем основной обработки почвы на структурно-агрегатное состояние чернозёма выщелоченного. В паровом звене севооборота изучена эффективность 4 систем основной обработки почвы в пахотном горизонте на приборе И.М. Бакшеева. Количество агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм составило по вариантам опыта от 63,2% до 90,8%. А содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм – от 61,0% до 80,4%. Сделан вывод, что на чернозёмах выщелоченных применение комбинированной и гребнекулисной систем основной обработки почвы не привело к ухудшения структурно-агрегатного состояния почвы, что даёт предпосылку минимализировать обработку почвы под озимые зерновые культуры после гороха.

Abstract. From their genetics Chernozem have favourable structural condition, but this can change because of long-term agricultural use. The aim of this study was to determine the influence of various basic soil cultivation systems on structural and aggregative state of a Leached Chernozem. The effectiveness of 4 basic soil cultivation systems in arable horizons was analysed in the fallow phase of the rotation by using the Baksheyev device. The number of agronomically valuable aggregates of 0.25-10 mm size amounted from 63.2% to 90.8%, depending on the tillage variant. The content of water-stable aggregates larger than 0.25 mm ranged from 61.0 percent to 80.4%. It is concluded that combined and ridge tillage systems (гребнекулисная обработка) of basic soil cultivation did not lead to deterioration of the aggregate status of Leached Chernozem. This enables to minimize the tillage for winter cereals after pea.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: чернозёмные почвы, структура почвы, почвозащитная обработка, агроландшафт, комбинированная обработка, гребнекулисная обработка

Keywords: Chernozem, soil structure, soil conservation tillage, agro-landscape, combined tillage, ridge tillage

ВВЕДЕНИЕ

Генетически черноземные почвы характеризуются благоприятным структурным состоянием. Однако в результате длительного сельскохозяйственного использования структурное состояние их изменяется. Происходит это в результате воздействия движителей сельскохозяйственной техники и трения рабочих органов почвообрабатывающих орудий, ежегодного нарушения корневой системы, периодического парования поля без растительности и других факторов [2,3,10]. В этом плане вполне обосновано внимание исследователей к изучению структурно-агрегатного состава почв. Многие исследователи отмечают положительное влияние почвозащитных обработок на улучшение структурно-агрегатного состава почвы [1,4,5,6,9]. Заметное улучшение структуры почвы на выщелоченном черноземе Ульяновской области при комбинированной обработке, сочетающей вспашку под пропашные и горох с безотвальным рыхлением в пару и под яровые зерновые, отмечено в опытах А.Х. Куликовой [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение эффективности различных систем основной обработки почвы на агрофизические показатели чернозёма выщелоченного проводилось на плакорно-равнинном типе агроландшафта с 1991 по 1998 гг. в паровом звене севооборота с чередованием культур: горох, озимая рожь, яровая пшеница, ячмень. Оценивалось 4 системы основной обработки почвы: отвальная: ЛДГ-10+вспашка на 25-27см; комбинированная: (КПШ-5+БИГ-3А)+ст.СиБИМЭ на 25-27см; минимальная: (КПШ-5+БИГ-3А)+ ст.СиБИМЭ на 15см; гребнекулисная отвальная: ПН-5-35 отвально со стернеукладчиком на 25-27см (Рисунок 1-3). Структура почвы (сухое и мокрое просеивание) определялась на приборе И.М. Бакшеева по слоям 0-10, 10-20, 20-30 см в период кушения и после уборки культур. Образцы почв брались в виде монолитов (размером 30х30х30 см) в трехкратной повторности. Из воздушно-сухой почвы отбиралась средняя навеска 1 кг, которая просеивалась на механическом столе через набор сит с размером отверстий 10, 7, 5, 3, 1 и 0,25 мм. Путем взвешивания находилось содержание каждой фракции в отдельности (Б.А. Доспехов, 1987).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали наши исследования, системы основной обработки почвы оказали определённое воздействие на структурно-агрегатное состояние чернозёма выщелоченного. К тому же сельскохозяйственные культуры оказали влияние на структурное состояние почвы.

В наших опытах на посевах гороха отмечено отличное структурное состояние почвы (при сухом просеивании) под влиянием всех изученных систем обработки. Количество агрегатов размером 0,25-10 мм составляло по вариантам опыта от 89,1 до 90,3% массы почвы. Распыленных почвенных частиц (меньше 0,25 мм) содержалось при отвальной системе 5,6%, комбинированной - 5%, а при минимальной - 3,7%.

При возделывании озимой ржи пахотный слой также характеризовался отличным структурным состоянием, так как преобладающая часть почвенных агрегатов (88,2-90,8%) имели размеры 0,25-10 мм, распыленные частицы занимали 5,9-9,8%, а глыбистая структура - 2-4%. Обращает внимание тот факт, что на варианте с комбинированной системой обработки почвы и ми-

нимальной несколько возросла доля распыленной фракции почвы, зато уменьшилась доля глыбистого состава до 2,0-2,1%.

При возделывании яровой пшеницы в зависимости от систем основной обработки почвы количество агрономически ценных агрегатов несколько уменьшилось и составило 79,1% при отвальной системе обработки почвы, 81,9% - при минимальной и 83,9% - при комбинированной, 84,0% - при гребнекулисной. Между тем большую долю структурно-агрегатного состава заняла распыленная фракция почвы (меньше 0,25 мм): от 12,0% на гребнекулисной обработке до 16,5% на отвальном варианте. Содержание глыбистой фракции по вариантам сохранилось практически на одном уровне 3,6-4,4%.

Возделывание ячменя в зависимости от систем основной обработки почвы сопровождалось дальнейшим уменьшением доли агрономически ценных агрегатов. За 1994 и 1998 гг. содержание таких агрегатов на отвальной системе обработки почвы составило, соответственно, 69,9-70,2%, комбинированной - 68,6-70,7%, минимальной - 63,2-64,2%, гребнекулисной - 64,7-65,7%, что соответствует хорошему структурному состоянию.

Однако нельзя не отметить резкое возрастание глыбистой фракции в оба года исследований. Доля глыбистого материала возросла до 23,4-24,5% на варианте отвальной обработки, 24,1-30,1% - на комбинированной, 26,6-30,2% - на минимальной и 29,4-29,6% - на гребнекулисной обработке. Произошло такое увеличение глыбистого материала за счет разрушения агрономически ценных агрегатов размером 10-0,25 мм. (Таблица 1).

Таблица 1 Структурно-агрегатный состав 0-30 см слоя почвы в зависимости от основной обработки, %

Обработка почвы	Размер фракций, мм	Горох, 1991 г.	Озимая рожь, 1992г.	Яровая пшеница, 1993г.	Ячмень, 1994г.	Ячмень, 1998г.
1	2	3	4	5	6	7
Отвальная	>10	5,1	4,0	4,4	23,4	24,5
	10-0,25	89,3	90,1	79,1	69,9	70,2
	<0,25	5,6	5,9	16,5	6,7	5,3
Комбинированная	>10	5,9	2,0	3,6	24,1	30,1
	10-0,25	89,1	88,2	83,9	70,7	68,6
	<0,25	5,0	9,8	12,5	5,2	1,3
Минимальная	>10	6,0	2,1	3,7	26,6	30,2
	10-0,25	90,3	90,8	81,9	63,2	64,3
	<0,25	3,7	7,1	14,4	10,2	5,5
Гребнекулисная отвальная	>10	-	-	4,0	29,4	29,6
	10-0,25	-	-	84,0	64,7	65,7
	<0,25	-	-	12,0	5,9	4,7

Следует отметить несомненную роль полевых культур в структурообразовательном процессе: горох и озимая рожь имели превосходство в поддержании структурного состояния почвы по сравнению с яровыми зерновыми культурами.

Важнейшим показателем агрофизического состояния чернозема является водоустойчивость агрегатов более 0,25 мм. По мнению В.И.Кирюшина [7], оптимальное содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм должно составлять 45-60%. В наших опытах содержание водопрочных агрегатов изменялось в зависимости от систем обработки почвы по глубине пахотного слоя. Однако эти изменения были различными (таблица 2).

При возделывании гороха содержание водопрочных агрегатов составляло в пахотном слое от 70,3% по отвальной обработке до 74,7% по комбинированной. В слое 10-20 см водопрочных агрегатов на отвальной обработке было 69,7%, тогда как на комбинированной – 76,6%, на минимальной – 73,5%. Отвальная обработка приводила к уменьшению водопрочных агрегатов.

При возделывании озимой ржи не выявлено существенных изменений в содержании водопрочных агрегатов по вариантам обработки почвы

Таблица 2- Влияние обработки почвы на содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм, %

Варианты обработки почвы	Слой почвы, см			
	0-10	10-20	20-30	0-30
Горох, 1991 г.				
ЛДГ-10 + вспашка на 25-27 см	71,1	69,7	70,1	70,3
КПШ-5+БИГ-3А + ст.СиБИМЭ на 25-27 см	75,0	76,6	72,6	74,7
КПШ-5+БИГ-3А+щелевание	70,0	73,5	72,8	72,1
Озимая рожь, 1992 г.				
Вспашка на 20 см	72,8	71,9	71,3	72,0
(КПШ-5+БИГ-3А)+каток	74,1	71,5	71,5	72,3
БД-10+КПШ-5+БИГ-3А+щелевание	71,8	70,2	71,3	71,1
Яровая пшеница, 1993 г.				
ЛДГ-10 + вспашка на 25-27 см	73,4	79,6	76,6	76,3
КПШ-5+БИГ-3А + ст.СиБИМЭ на 25-27 см	77,0	79,2	80,4	78,8
КПШ-5+БИГ-3А+ ст.СиБИМЭ на 15 см	79,8	79,2	80,4	78,8
ПН-5-35 на 25-27 см отвально со стернеукладчиком	79,0	79,4	79,8	79,4
Ячмень, 1994 г.				
ЛДГ-10 + вспашка на 25-27 см	60,4	67,4	69,0	65,6
ЛДГ-10 + вспашка на 25-27 см	63,6	74,8	63,4	67,2
КПШ-5+БИГ-3А + ст.СиБИМЭ на 15 см	61,0	69,2	68,7	66,3
ПН-5-35 на 25-27 см отвально со стернеукладчиком	73,0	81,2	73,2	75,8
Ячмень, 1998 г.				
ЛДГ-10 + вспашка на 25-27 см	68,2	73,8	73,6	71,9
ЛДГ-10 + вспашка на 25-27 см	76,2	76,6	73,6	75,5
КПШ-5+БИГ-3А+ ст.СиБИМЭ на 15 см	74,2	76,4	73,6	74,7
ПН-5-35 на 25-27 см отвально со стернеукладчиком	74,4	76,8	77,6	76,3

НСР₀₅ по обработке почвы – 2,7

При возделывании яровой пшеницы при комбинированной, минимальной и гребнекулисной системах обработки почвы содержание водопрочных агрегатов по сравнению с отвальной, было в слое 0-30 см большим, соответственно, на 2,5; 3,7 и 3,1%. Следует отметить, что в слое 10-20 см заметных различий по вариантам обработки в содержании водопрочных агрегатов не обнаружено, тогда как в слое 0-10 см на варианте отвальной обработки произошло уменьшение таких агрегатов на 3,6-6,4% по сравнению с другими. Идентичные изменения содержания водопрочных агрегатов характерны для систем обработки почвы под ячмень: отвальная обработка сопровождается разрушением водопрочных агрегатов. Уменьшение их массы в 1994 г. составило по сравнению с гребнекулисной обработкой на 10,2%, а в 1998 г. – на 4,4%. По другим вариантам эти различия были несколько меньше.

Между тем, как показывают наши экспериментальные данные, водопрочность агрегатов и их механическая прочность под разными культурами неодинакова. В нашем опыте горох, яровая пшеница и ячмень имели превосходство в улучшении структуры почвы (содержании агрономически ценных агрегатов) по сравнению с озимыми культурами на 2,7; 7,4 и 4,3% соответственно. Что касается ячменя, то в 1994 г. из-за неблагоприятных погодных условий содержание водопрочных агрегатов было меньше, чем в 1998 г. на 6,3-8,3%. Следовательно, условия года оказывают дополнительное влияние на этот показатель плодородия почвы.



Рисунок 1– Орудие противозерозионное ОП-3С позволяет выполнять поверхностное рыхление на глубину 8-16 см и щелевание до 30 см с одновременным формированием из пожнивных остатков водопоглощающих элементов в виде гребнестерневых кулис. Производительность 2...2,8 га /час.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Таким образом, на чернозёмах выщелоченных применение комбинированной и гребнекулисной систем основной обработки почвы не приводило к ухудшения структурно-агрегатного состояния почвы, а следовательно, не препятствовало росту и развитию сельскохозяйственных культур.
2. В связи с этим имеется возможность минимализировать обработку почвы под озимые зерновые культуры после гороха.



Рисунок 2– Орудие противозерозионное ОП-3С со щелевателем



Рисунок 3– Гребнекулисная обработка. Гребнекулисная обработка за счет стерневых кулис способствуют снегозадержанию и повышению запасов воды в почве на 14-16 мм, на склонах сокращает сток талых вод на 10-20%, смыв почвы на 40-60%, уменьшает по сравнению со вспашкой мутность стекающей воды в 1,5-2,0 раза.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Данилов Г.Г., Каргин И.Ф., Немцев Н.С. Системы обработки почвы. М.: Россельхозиздат, 1982, 268 с.
- [2]Казаков Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье. Самара, 1997.197с.
- [3]Иванов А.Л., Немцев Н.С., Каргин И.Ф., Немцев С.Н. Очерки по истории агрономии. – М, : Россельхозакадемия, 2008. – 496 с.,

- [4]И.Ф. Каргин, С.Н. Немцев, В.И. Каргин, Н.А. Перов, М.В. Боровой. Эволюция природных комплексов: возникновение, формирование, развитие, деградация и пути возрождения. – Москва: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2014. – 454 с.
- [5]Каштанов А.П. Концепция ландшафтной контурно-мелиоративной системы. Земледелие. - 1988. - №4. - С. 2- 4.
- [6]Киришин В.И. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. М.,1995. 81с.
- [7]Киришин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. – 366 с.
- [8]Куликова А.Х. Воспроизводство биогенных ресурсов в агроэкосистемах и регулирование плодородия чернозема лесостепи Поволжья. Автореферат докт. диссертации. Кинель, 1997.40 с.
- [9]Немцев С.Н. Агроэкологические основы почвозащитных систем земледелия в лесостепи Среднего Поволжья / С.Н. Немцев. – Ульяновск, 2005. – 240 с.
- [10]Немцев С.Н. Агроэкологические особенности почвозащитных систем земледелия в агроландшафтах лесостепи Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Кинель, 2005.36с.

Глава IV/27: ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ВЛАГИ И ПОПУЛЯЦИЮ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР ПО ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL

Chapter IV/27: Influence of Plant Residues on the Accumulation of Moisture and Population of Earthworms at No-Till Cropping Technology

Виктор Дридигер*, Роман Стукалов, Расул Гаджимаров

DOI 10.25680/3532.2018.49.39.292

*Эл. Почта: dridiger.victor@gmail.com

Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Никонова 49, город Михайловск Ставропольского края, Россия

РЕЗЮМЕ. На черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края в первой ротации полевого четырёхпольного плодосменного севооборота при возделывании сои, озимой пшеницы, подсолнечника и кукурузы по технология No-till на поверхности почвы остаётся 6,36 т/га растительных остатков, которые зимой накапливают в 2 раза больше снега и снижают непродуктивные потери влаги из почвы за счёт уменьшения скорости ветра у поверхности, чем обеспечивают большее (на 23,3 %) содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы во время вегетации культур, которую растения используют для формирования урожая. В необрабатываемой почве в 5,3 раза больше дождевых червей, чем в обрабатываемой.

Abstract. The study was conducted in the zone of Ordinary Chernozems of the Stavropol Krai, which is characterized by an unstable moisture regime. We analysed earthworms under No-till and traditionally tilled plots in the first rotation of a crop rotation consisting of soy, winter wheat, sunflower and maize. Under No-till technology remained 6,36 t/ha of plant residues on the surface of the soil. The mulch layer accumulates 2 times more snow in winter and reduces unproductive losses of moisture from soil by reducing wind speed near the surface. Thus, it provided greater (23,3 % more) content of productive moisture in a meter layer of soil during the growing season of crops, which plants used for yield formation. We found 5,3 times more earthworms under No-till soil than under tilled soil.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: традиционная технология, технология без обработки почвы, соя, озимая пшеница, подсолнечник, кукуруза, севооборот, продуктивная влага, дождевые черви

Keywords: traditional technology, technology without soil, soy, winter wheat, sunflower, maize, crop rotation, productive moisture, earthworms

ВВЕДЕНИЕ

В России всё большее распространение получают технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы [1, 2, 3]. При этом многие зарубежные авторы [4, 5] утверждают, что при этой технологии обязательным является наличие растительных остатков возделываемых культур на поверхности почвы. В то же время в отечественной литературе данные о роли растительных остатков в технологии возделывания полевых культур без обработки почвы отсутствуют.

Поэтому целью наших исследований является изучить влияние растительных остатков возделываемых культур на содержание продуктивной влаги и наличие дождевых червей в почве при возделывании сои, озимой пшеницы, подсолнечника и кукурузы без обработки почвы в первой ротации полевого плодосменного четырёхпольного севооборота.

УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном поле Ставропольского НИИ сельского хозяйства, расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Годовая сумма эффективных температур здесь составляет 3300-3400 °С, продолжительность безморозного периода 180 дней. Годовое количество осадков колеблется от 540 до 570 мм, за вегетационный период выпадает 350-400 мм, ГТК = 0,9-1,1 [6].

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесуглинистый слабогумусированный, со средней обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием. Годы исследований различались по количеству осадков. В 2013 и 2014 гг. выпало 652 и 626 мм осадков, что на 98 и 72 мм больше, а в 2015 и 2016 гг. на 26 и 53 мм меньше средних многолетних значений.

Исследования проводили в стационарном опыте, где севооборот (соя – озимая пшеница – подсолнечник – кукуруза) с традиционной технологией возделывания (контрольный) и такой же севооборот с возделыванием культур без обработки почвы развернуты в пространстве всеми полями. В течение четырёх лет исследований (2013-2016) на всех полях обоих севооборотов поочередно возделывали все культуры – прошла первая ротация севооборотов.

Основная обработка почвы в контрольном севообороте под яровые культуры включала лущение стерни в 2 следа и вспашку на глубину 20-22 см. Под озимую пшеницу проводили обработку почвы дисковой бороной в два следа (8-10 см) и предпосевную культивацию. При возделывании культур без обработки почвы никакие обработки не проводили, но за 5-7 дней до посева яровых культур делянки опрыскивали гербицидом сплошного действия из группы глифосатов, перед посевом озимой пшеницы (после сои) гербициды не применяли.

На одной половине делянок под все культуры удобрения не вносили, на второй половине вносили рекомендованные научными учреждениями дозы минеральных удобрений. Сев озимой пшеницы и сои по традиционной технологии проводили рядовой дисковой сеялкой СЗ-3,6, подсолнечника и кукурузы – пропашной сеялкой Оптима; по необработанной почве все культуры сеяли сеялкой Gimetal (производство Аргентина), оборудованной гофрированными дисками (култеры) и двухдисковыми сошниками для посева семян и внесения удобрений. Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами [7, 8]. Повторность опыта 3-х кратная, площадь делянки 300, учетная 90 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Во время уборки растительные остатки всех культур измельчали комбайном и равномерно распределяли по делянкам. В течение ротации севооборотов в среднем за год на 1 га севооборотной площади по традиционной технологии поступало 5,62, по технологии без обработки почвы – 6,36 т растительных остатков возделываемых культур. Больше всего побочной продукции остается кукурузы – от 7,5 до 8,9 т/га и озимой пшеницы – 6,3-7,3 т/га (рисунок 1).

На контрольном севообороте при вспашке после уборки озимой пшеницы, подсолнечника и кукурузы растительные остатки заделывались в почву, поэтому после этих предшественников к моменту посева следующей культуры севооборота на поверхности растительных остатков не было. Только перед посевом озимой пшеницы после сои, где проводилось дискование почвы в среднем за годы исследований оставалось 0,59 т/га побочной продукции сои или 20,0 % от первоначального её количества.



Рисунок 1 – Растительные остатки кукурузы и озимой пшеницы по технологии No-till

При возделывании полевых культур без обработки почвы к посеву озимой пшеницы на поверхности оставалось 3,33 т/га растительных остатков сои или 99,4 % от первоначального их количества. Такая высокая их сохранность объясняется коротким промежутком времени от уборки сои до посева озимой пшеницы –10-15 дней.

К посеву яровых культур весной следующего года сохраняется значительно меньше растительных остатков – от 48,3 до 70,8 %, остальная их часть разлагается микроорганизмами. Больше всего разлагается остатков озимой пшеницы – 51,7 %, меньше всего подсолнечника – 29,2 %. Обусловлено это соприкосновением соломы и половы озимой пшеницы с почвой, где и происходит их разложение почвенными микроорганизмами. Стебли же подсолнечника, которые составляют основную часть побочной продукции, скашиваются на большой высоте, и у них нет контакта с почвой, что и предопределяет их более высокую сохранность к посеву следующей культуры – кукурузы. Кроме того, уборка озимой пшеницы происходит в июле, подсолнечника – в сентябре, поэтому для разложения остатков озимой пшеницы остаётся значительно больше тёплых дней, когда активны микроорганизмы, чем после уборки подсолнечника.

При возделывании изучаемых культур без обработки почвы их растительные остатки сохраняются на поверхности поля в течение двух-трёх лет, что способствует формированию на поверхности поля слоя органического вещества, который оказывает существенное влияние на накопление, сохранение влаги и популяцию дождевых червей.

Перед уходом в зиму на вариантах опыта с отвальной обработкой, в слое почвы 0-30 см в среднем за ротацию севооборота содержалось 18-20 мм продуктивной влаги, тогда как в необработанной – 38-40 мм, или в 2 раза больше. Такие различия в содержании продуктивной влаги в верхнем слое почвы перед уходом в зиму объясняются чрезмерной вспушенностью вспаханной почвы на глубину её обработки, что приводит к потерям влаги от физического испарения, тогда как в необработанной почве складываются оптимальные условия для её сохранения [9].

Растительные остатки оказывают существенное влияние на накопление снега в зимнее время. На обработанной почве в среднем за 4 года исследований по всем культурам севооборота глубина снежного покрова составляла 15,6 см с колебаниями от 14,8 до 17,0 см, тогда как по необработанной – 31,2 см (от 20,8 до 40,0 см), или в 2 раза больше (рисунок 2).

От количества и высоты стерни зависит скорость схода снежного покрова весной. При наступлении положительных температур воздуха на необработанной почве с большим количеством растительных остатков снег таял на 8-12 дней дольше, чем на фоне различных обработок. Поэтому весной продуктивной влаги в метровом слое необработанной почвы содержалось достоверно на 14,5-20,4 % больше, чем по обработанной почве (таблица 1).

В течение вегетации содержание продуктивной влаги снижалось под всеми культурами, но в фазе колошения озимой пшеницы и цветения яровых культур разница в её содержании увеличилась в среднем по севообороту на 23,3 % в пользу посевов без обработки почвы. Под озимой пшеницей она в среднем за годы исследований составила 32,9 % (таблица 2).

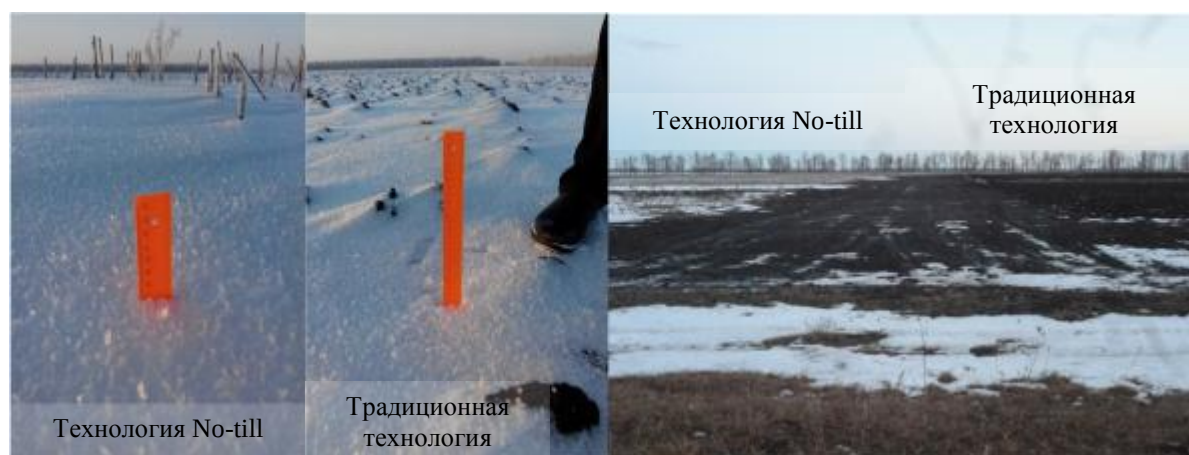


Рисунок 2 –Глубина и таяние снега по традиционной и No-till технологии

Таблица 1 – Влияние технологии возделывания полевых культур на содержание продуктивной влаги весной в слое почвы 0-100 см, мм (среднее за 2013-2016 гг.)

Технология	Культура				Среднее
	соя	пшеница	подсол- нечник	кукуруза	
Традиционная	138	138	141	132	137
Без обработки почвы	159	158	167	159	161
Прибавка: мм	21	20	26	27	24
%	15,2	14,5	18,4	20,4	17,5
НСР _{0,05}	9,1	9,8	11,5	8,5	-

Таблица 2 – Влияние технологии возделывания на содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы во время вегетации культур, мм (среднее за 2013-2016 гг.)

Технология	Культура				Среднее
	соя	пшеница	подсол- нечник	кукуруза	
Традиционная	64	70	64	92	73
Без обработки почвы	78	93	78	110	90
Прибавка к традиционной технологии: мм	14	23	14	18	17
%	21,9	32,9	21,9	19,6	23,3
НСР _{0,05}	5,1	5,8	4,8	6,5	-

Значительно большее содержание продуктивной влаги на вариантах без обработки почвы в это время обусловлено также наличием растительных остатков, которые снижают скорость ветра на высоте от 10 до 25 см в 1,5-1,6 раза, а в приземном слое – в 1,9-2,0 раза больше, чем на поверхности почвы, не имеющей растительных остатков. Поэтому при традиционной технологии, где отсутствуют растительные остатки, непроизводительные потери влаги за счёт физического испарения с поверхности поля возрастают.

По обеим технологиям влага проникает в почву глубже метра. В среднем за 2015-2016 гг. перед посевом яровых культур в слое почвы 100-150 см по традиционной технологии содержалось 87 мм, или 80,6 % от её запасов в метровом слое, по технологии без обработки почвы – 102 мм, или 86,4 % (таблица 3).

При этом больше дождевых червей под соей и подсолнечником, которые размещаются после кукурузы и озимой пшеницы, оставляющих наибольшее количество растительных остатков. То есть большее количество дождевых червей в необработанной почве, опять же, обеспечивают растительные остатки возделываемых культур, которые являются для них пищей [10].

Таблица 3. – Влияние технологии возделывания на содержание продуктивной влаги под яровыми культурами, мм (среднее за 2015-2016 гг.)

Технология	Время учёта	Слой почвы, см		Влаги в слое 100-150 см	
		0-100	0-150	мм	%
Традиционная	посев	108	195	87	80,6
	цветение	79	124	45	57,0
Без обработки почвы	посев	118	220	102	86,4
	цветение	85	147	62	72,9

Во время цветения яровых культур в этом же слое почвы по традиционной технологии содержалось 45 мм, или 57,0 %, без обработки почвы – 62 мм (72,9 %). То есть по содержанию влаги в третьем полуметре преимущество также имеет технология без обработки почвы и во время вегетации яровых культур оно возрастает. Дополнительно накопленную и сохранённую влагу растения используют для формирования урожая, о чём свидетельствует одинаковое её содержание в полной спелости культур по обеим технологиям.

В традиционной технологии проникновение влаги в глубокие слои способствует рыхлению почвы в процессе обработки, а в технологии без её обработки хорошую водопроницаемость обеспечивают образующиеся пустоты после перегнивания корней произраставших растений и вертикальные ходы дождевых червей, которых в этой технологии по количеству и живой массе в 5,3 и 5,0 раз больше, чем в обработанной почве (таблица 4).

Таблица 4. – Влияние технологии возделывания полевых культур на количество и массу дождевых червей в слое почвы 0-20 см

Технология	Культура	Количество, экз/м ²				Масса, г/м ²			
		2014г.	2015г.	2016г.	среднее	2014г.	2015г.	2016г.	среднее
Традиционная	соя	6	5	0	4,0	1,6	1,4	0	1,0
	пшеница	16	15	14	15,0	4,7	3,0	4,4	4,0
	подс-ник	2	4	3	3,0	0,3	1,0	1,3	0,9
	кукуруза	2	3	4	3,0	0,3	0,9	1,6	0,9
Среднее		6,5	6,8	5,3	6,2	1,7	1,7	1,8	1,7
Без обработки почвы	соя	86	26	52	55,0	22,9	6,7	16,3	15,3
	пшеница	30	18	25	24,0	8,5	5,2	6,1	6,6
	подс-ник	72	27	25	41,0	15,2	4,6	7,0	8,9
	кукуруза	14	10	12	12,0	4,4	1,5	3,7	3,2
Среднее		50,5	20,3	28,5	33,1	12,8	4,5	8,3	8,5

Основное количество дождевых червей (72-75 %) по обеим технологиям обитает в верхнем десятисантиметровом слое почвы, что свидетельствует о её чистоте и экологической безопасности. Этот вывод подтверждают проведённые в Испытательной лаборатории города Краснодара определения остаточного количества глифосат кислоты (действующее вещество гербицидов из группы глифосатов), которой по обеим технологиям ни в почве, ни в получаемой продукции не обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В первой ротации полевого четырёхпольного плодосменного севооборота, благодаря растительным остаткам, остающимся на поверхности почвы при возделывании полевых культур без её обработки, в ней больше накапливается и лучше сохраняется влага, которую растения используют для формирования урожая.
2. В необрабатываемой почве обитает значительно больше дождевых червей, чем в обрабатываемой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Власенко А.Н. Проблемы и перспективы разработки и освоения технологии No-till на черноземах лесостепи Западной Сибири / А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких // Достижения науки и техники АПК. – 2013 – № 9. – С. 16-19.
- [2]Гилев С.Д. Эффективность прямого посева в Зауралье / С.Д. Гилев, А.А. Замятин, А.П. Курлов // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 19-22.
- [3]Дридигер В.К. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края / В.К. Дридигер, А.Ф. Невечеря, И.Д. Токарев, С.С. Вайцеховская // Земледелие. – 2017. – № 3. – С. 16-19.
- [4]Посев по технологии No-till в рамках почвозащитного земледелия / Пер. с английского. – Днепропетровск: типография ООО «Производственно-коммерческая фирма «АРТ-ПРЕСС», 2007. – 356 с.
- [5]Кроветто Карлос Прямой посев (No-till) / Карлос Кроветто. Самара: типография ООО «Аэропринт», 2013. – 206 с.
- [6]Бадахова, Г.Х. Ставропольский край: современные климатические условия / Г.Х. Бадахова, А.В. Кнутас. – Ставрополь: ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. – 272 с.
- [7]Кауричев И.С. Практикум по почвоведению / И.С. Кауричев. – 4-ое изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
- [8]Гиляров М.С. Методы почвенно-зоологических исследований / М.С. Гиляров. – М.: Наука, 1975. – 29 с.
- [9]Тарасенко, Б.И. Повышение плодородия почв Кубани: некоторые вопросы физики почв Краснодарского края в связи с их сельскохозяйственным использованием / Б.И. Тарасенко – 2-е доп. и испр. изд. – Краснодар: Краснодарское кн. изд-во, 1981. – 188 с.
- [10]Годунова Е.И. Почвенная мезофауна лесостепных и степных агроландшафтов Центрального Предкавказья: монография / Е.И. Годунова, С.И. Сигида, М.Б. Патюта. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 176 с.

Глава IV/28: ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Chapter IV/28: Effects of Different Soil Loosening on Water-Physical Properties

Исломкул И. Икромов

DOI 10.25680/7702.2018.30.72.293

Эл. Почта: islom_58@mail.ru

Таджикский аграрный университет им. Шириншоха Шотемур, ул. Рудаки 146, 734003, Душанбе, Таджикистан

РЕЗЮМЕ. Разработан и, в условиях экспериментального хозяйства исследован способ создания влагозапаса в почве и достижения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя. Целью разработок заключается в улучшение водно-физических свойств почвы, снижение потерь поливной воды и обеспечение равномерного увлажнения почвы по длине поле и т.д. Он обосновывается тем, что из-за многократного прохождения сельскохозяйственной техники по одной и той же поле связанное с выполнением различных агротехнических приемов возделывания сельхозкультур: обработка почвы, вспашка, междурядные обработки, уборка урожая и т.д. происходит переуплотнение подпахотных горизонтов, что приводит к ухудшению водно-физических свойств орошаемых почв, в частности, повышается ее плотность, снижается пористость и водопроницаемость. Сущность предложенного способа заключается в применении дифференцированного, по глубине, рыхления почвы поперек поле. Использование данного способа не только способствует повышению урожайности сельхозкультур, но и может улучшить ландшафт территории.

Abstract. A method for creating a moisture reserve in the soil and achieving uniform moistening of the root layer has been developed under experimental farming conditions. The aim of the development is to improve water-physical properties of the soil, reduce losses of irrigation water and ensure uniform moistening of the soil along the length of the field. It is justified by the fact that due to the multiple passage of agricultural machinery in the same field associated with the implementation of various agricultural techniques for cultivating crops: tillage, plowing, inter-row processing, harvesting, etc. a re-consolidation of subsoil horizons occurs. This leads to a deterioration in the water-physical properties of irrigated soils, in particular, its density increases, porosity and water permeability decrease. The essence of the proposed method is the application of a differentiated, in depth, loosening of the soil across the field. The use of this method not only improves crop yields, but can also improve the landscape of the territory.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глубокое рыхление, бороздковый полив, сброс поливной воды, водно-физические свойства почвы, наименьшая влагоемкость, технология полива, впитывание воды, ландшафт.

Keywords: deep loosening, furrow watering, losses of irrigation water, hydrophysical properties of soil, the least moisture capacity, irrigation technology, water absorption, landscape.

ВВЕДЕНИЕ

Вода, воздух, свет и тепло являются основными факторами роста и развития растений. Пища, т.е. органические и минеральные удобрения и микроорганизмы обогащают почву и способствуют повышению её плодородия и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур. Из перечисленных основных факторов жизнедеятельности воду, воздух, определенный запас тепла и пищу, растения получают из почвы, поэтому для их поддержания в достаточном для растения количестве, с целью обеспечения хорошего роста и развития растения, нужно уделять самое пристальное внимание и стремиться повысить и длительно сохранять плодородие почвы.

В последние три-четыре десятилетия резко возросло применение энергонасыщенной техники, связанной с обработкой почвы, вспашкой, междурядных обработок (культивация и нарезка борозд), уборкой урожая и др. Частые проходы сельскохозяйственной техники по полям привели к переуплотнению подпахотных горизонтов и ухудшению водно-физических свойств орошаемых почв, в частности, повышению ее плотности, снижению пористости и водопроницаемости [1]. Все это способствовало увеличению непроизводительных потерь поливной воды, связанной особенно с вынужденным сбросом, целью которого является достижение необходимой глубины увлажнения почвы в конце поливного участка. Последние приводят к увеличению оросительной нормы и повышению инфильтрации влаги в глубокие слои, что вызывает подъем уровня грунтовых вод, и зачастую при их минерализации, засолению корнеобитаемого слоя почвы, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и эффективности поливной воды [2, 3].

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ И УЛУЧШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ

Для минимизации отрицательного воздействия энергонасыщенной техники на почвенные условия орошаемых территорий, повышения эффективности использования поливной воды и равномерности увлажнения корнеобитаемого слоя по длине поле исследователями рекомендуются различные способы и технологии. Например, В.Ф.Носенко [4] рекомендует технология полива переменной струей. А.Н.Костяков [5], С.М.Кривовяз [6], Б.А.Шумаков [7] и др. предлагают также полив переменной струей с уплотнением верхней части борозды и щелеванием ее нижней половины. А на землях с большими уклонами А.Н.Костяков [5], предлагает уменьшить размеры поливных струй и нарезать мелкие борозды; на водопроницаемых почвах с большими уклонами он рекомендует полив по зигзагообразным бороздам с постоянным шагом зигзага. В.А.Глазьев, Б.С.Кривошеков и О.А.Билик [8], Н.Р.Хамраев и Г.Ю.Юсупов [9] предлагают способ полива с прерывистой подачей воды в борозду. I. Blair [10], для условий США, предлагает при поливе по бороздам длиной 800 м на уклонах 0,005-0,03 использовать изогнутые (извилистые) борозды. При этом он рекомендует изгиб борозд начинать на расстоянии 150-240 м от конца нижней границы поле. Н.К.Нурматов и А.Г.Гулумджанов [11] рекомендуют способ полива по уплотненным и рыхлым бороздам, Н.К.Нурматов [11] также предлагает полив по прямолинейным и зигзагообразным, с изменяющимся коэффициентом извилистости, бороздам и т.д. Ими разработаны рабочие органы для нарезки как прямолинейных, так и

зигзагообразных борозд. Следует отметить, что практическое применение перечисленных технологий и технические средства в производственных условиях требуют значительных материальных и (или) трудовых затрат, что маловероятно.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПОСОБ СОЗДАНИЯ ВЛАГОЗАПАСА В ПОЧВЕ И ДОСТИЖЕНИЯ РАВНОМЕРНОГО УВЛАЖНЕНИЯ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ

Для совершенствование способов улучшающие водно-физические свойства почвы, снижающие до минимума непроизводительных потерь поливной воды и ирригационную эрозию почвы и, повышающие эффективность ее использования и т. д., которые могут свести к минимуму отрицательные воздействия сельскохозяйственной техники на орошаемое поле, нами разработан способ создания влагозапаса в почве и достижения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя, основанного на применении дифференцированной глубины ее рыхления поперек поле [12]. Сущность способа заключается в разделении поле на три равных по длине участков, где на начальном участке производится только вспашка на глубине до 30 см, а на последующих участках: 1/3 длины поле (средний участок) и концевой 1/3 части его (третий участок) производится вспашка с глубоким дифференцированным рыхлением почвы на глубине соответственно до 40 и 60 см. Практическое применение рекомендуемого способа, ввиду своих положительных характеристик, в конечном итоге способствует равномерному росту и развитию сельскохозяйственных культур, повышению их урожайности и улучшению ландшафта территории.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Для изучения предложенного способа, т.е. выявление влияния дифференцированного глубокого рыхления на водно-физические свойства почвы, нами проводились полевые исследования. Опыты проводились в 2010-2012 гг. на хлопковые поля Гиссарской долины. Полевые опыты были заложены на двух участках экспериментального хозяйства НИИ «Земледелия» Таджикской академии сельскохозяйственных наук (ТАСХН) с уклонами поверхности 0,01 и 0,04. Способ орошения – поверхностно-бороздковый. Почвы опытных участков были сложены из среднесуглинистых темных сероземов, где содержание физической глины (частицы размером меньше 0,01 мм) в профиле 0-200 см изменяется в пределах 35-44 %. Глубина расположения уровня грунтовых вод на опытных участках превышало трёх метров. Сорт хлопчатника – «Зираткор-64».

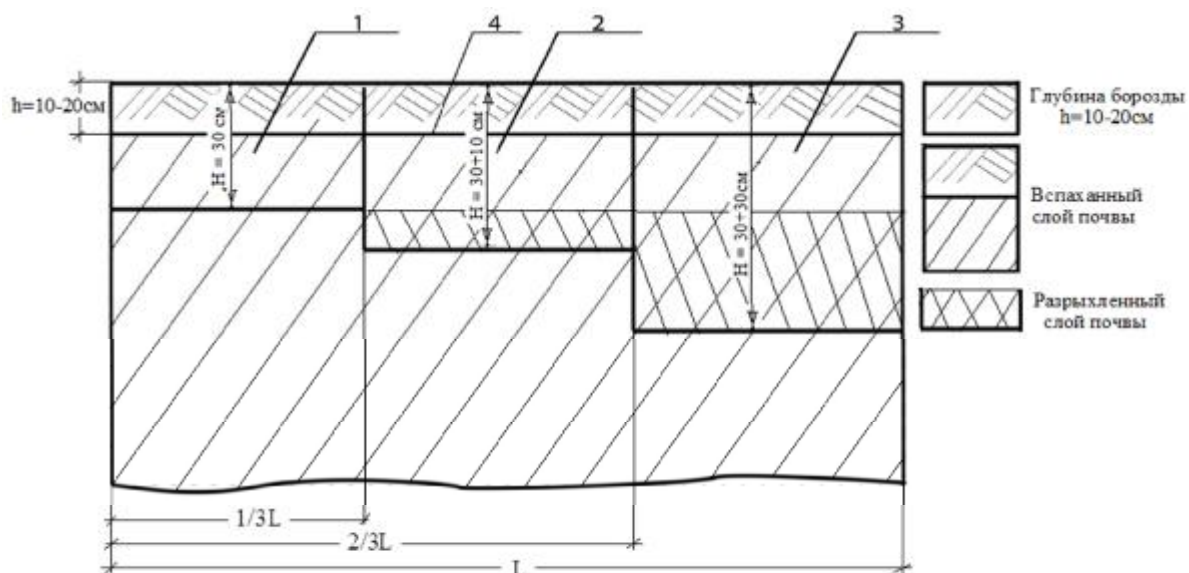


Рис. 1- Продольный разрез способа создания влагозапаса в почве и достижения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя

Изучались и сопоставлялись следующие технологии полива хлопчатника:

Вариант-1: Полив при обычной вспашке поле на глубине 30см без глубокого рыхления, т.е. ничем не отличающаяся от технологии полива, принятая в хозяйстве (контроль) (Фон-1).

Вариант 2: Полив по предложенной технологии – дифференцированной глубины рыхления почвы поперек поле при следующей схеме расположения участков с глубокими рыхлениями по длине (см. рис.):

а) начальная 1/3 часть длины борозды вспахана, как обычно, на глубине до 30см, как в варианте 1 (Фон-1);

б) на средней 1/3 части длины борозды, помимо обычной вспашки, проведено глубокое рыхление до 40 см (Фон-2);

в) тоже, как в схеме (б), но глубокое рыхление проведено на оставшейся концевой 1/3 части длины борозды – до 60 см (Фон-3);

Таким образом, изучались две технологии полива: 1) традиционная, принятая в хозяйстве и 2) технология полива со ступенчато повышающим коэффициентом пористости почвы корнеобитаемого слоя по длине поле или борозды.

Повторность вариантов четырехкратная. Каждая делянка состоит из 8 рядков, из них 4 средних рядка – учетные, остальные защитные. Общая площадь с учетом боковых защитных зон – 1га.

На рис. в продольном разрезе показан способ создания влагозапаса в почве и достижения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя. Как прослеживается из рисунка длина поле (или борозды) L разделена на три участка. На первом (1) участке (1/3L) проведена обычная вспашка, глубиной до Н=30 см, на среднем (2) (1/3L) и концевом (3) (1/3L) участках ниже глубины вспашки, выполнены дифференцированное глубокое рыхление, глубиной соответственно до 40 и 60 см. По длине поле нарезана обычная борозда глубиной 10-20 см (4). Следует отметить, что вместо обычной борозды можно применять также и микроборозды [11, 13].

Результаты исследования основные водно-физические свойства почвы опытного участка приведены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние глубины рыхления на основные водно-физические свойства почвы [13]

Слой, см	Объемная масса, г/см ³			Наименьшая влагоемкость					
				% от массы абсолютно-сухой почвы			м ³ /га		
	Фон-1	Фон-2	Фон-3	Фон-1	Фон-2	Фон-3	Фон-1	Фон-2	Фон-3
0-10	1.11	1.07	1.09	24.0	25.5	26.1	266	273	285
10-20	1.24	1.14	1.13	22.9	24.7	25.5	284	282	288
20-30	1.29	1.20	1.20	22.7	24.5	25.2	293	294	302
30-40	1.32	1.23	1.21	22.8	23.9	25.1	301	294	304
40-50	1.35	1.34	1.26	22.6	23.4	25.1	305	314	316
50-60	1.37	1.37	1.27	22.1	23.1	24.0	303	317	305
60-70	1.38	1.39	1.38	21.8	22.9	23.3	301	318	322
70-80	1.40	1.40	1.41	21.0	22.0	22.9	294	308	323
80-90	1.41	1.41	1.40	20.4	21.5	22.5	288	303	315
90-100	1.42	1.40	1.42	20.7	21.5	22.3	294	301	317
100-120	1.44	1.43	1.43	21.1	21.1	21.7	608	604	621
120-140	1.43	1.44	1.42	21.0	20.7	21.2	601	596	602
140-160	1.45	1.46	1.44	20.9	20.5	20.8	606	599	599
160-180	1.48	1.46	1.46	20.4	20.4	20.5	604	596	599
180-200	1.49	1.47	1.47	19.6	20.3	20.3	584	597	597
0-30	1.21	1.14	1.14	23.2	24.9	25.6	842	852	876
0-50	1.26	1.20	1.18	23.0	24.4	25.4	1449	1464	1499
0-70	1.29	1.25	1.22	22.7	24.0	24.9	2050	2100	2126
0-100	1.33	1.29	1.28	22.1	23.3	24.2	2939	3006	3098
0-200	1.37	1.35	1.33	21.6	22.4	23.1	5918	6048	6145

Примечание: Фон-1 – Вспашка на глубине до 30см; Фон-2 – Вспашка + глубокое рыхление на глубине до 40см; Фон-3 – Вспашка + глубокое рыхление на глубине до 60см.

При подаче воды в борозду впитывание воды на начальном ее участке происходит как при обычной технологии полива, принятого в хозяйстве. Однако, картина впитывание воды на последующих участках борозд несколько отличается чем на первом участке. Дело в том, что, когда струя воды,двигающаяся по борозде поступает в средний участок (2), где проведена

вспашка с глубоким рыхлением (до 40см), ее скорость резко уменьшается и, увеличивается скорость впитывания воды почвой, что способствуют увеличению объема впитавшегося воды в корнеобитаемый слой среднего участка. В результате чего и, из-за большего объема разрыхленной почвы на этом участке, чем на первом, здесь происходит накопления некоторого объема влаги, примерно соразмерной её впитыванию в почвы на начальном участке борозды, за период времени добегаания струи воды до начала среднего участка.

Следовательно, ввиду того, что в начальном участке продолжительность полива больше чем на среднем, а впитывания воды почвой больше на среднем, чем в начальном, обеспечивается примерно одинаковый запас влаги в почве на первом и во втором поливном участках борозды.

Такие же процессы, т.е. движение воды по борозде, ее впитывание в почву и накопление в корнеобитаемый горизонт, проходящие на первом и во втором участках длины поле (борозды) происходит также и на третьем – конечном участке. То есть по мере увеличения глубины увлажнения почвы, на втором – среднем участке, скорость впитывания воды почвой, постепенно снижается, что приведет к пропорциональному увеличению скорости ее движения по борозде и увеличению тем самым поступление воды в конечной участок (3), где глубокое рыхление выполнено на глубине до 60 см. И, накопление определенного объема влаги на третьем участке, происходит также, как это объяснялось выше – в средней части борозды. Это видно также и по величине наименьшей влагоемкости. Ее значение, как видно по таблице, в слое, например, 0-100 см конечного участка равняется 3098 м³/га, что больше на 3 и 6 % чем соответственно в средней части и начального участка борозды.

Таким образом, следует отметить что, вынужденный объем сбрасываемой воды, который образуется при поливе по бороздам, нарезанным на поле с обычной вспашкой (контроль), необходимой для достижения нужной глубины увлажнения, накапливается, в основном, на конечном участке борозды, сводя до минимума неэффективного сброса поливной воды и ирригационную эрозию почвы. Благодаря обеспечению равномерного роста и развития растений и резкого снижения ирригационной эрозии почвы, предложенный способ создания влагозапаса в почве и достижения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя оказывает положительное влияние и на ландшафт территории.

Резюмирую вышеизложенные результаты исследования, можно прийти к выводу, что дифференцированная глубина рыхления положительно влияет на водно-физические свойства почвы, особенно на её водопропускной и водоудерживающей способности и пористости корнеобитаемого горизонта и, в процессе полива создает благоприятные условия для равномерного увлажнения почвы по длине борозд и, следовательно, равномерному росту и развитию растений. При этом до 20-25% сокращается неэффективный сброс поливной воды и ирригационная эрозия почвы и, до 70-75% повышается равномерность увлажнения корнеобитаемого слоя почвы по длине поле. Всё это обеспечивают получению устойчивого и высокого урожая сельскохозяйственных культур.

Рекомендуется, что дифференцированную глубокую вспашку можно проводить поперек поле весной перед посевом в 3-4 года один раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан способ создания влагозапаса в почве и достижения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя почвы, который улучшает водно-физические свойства почвы и ландшафт территории, снижает ирригационную эрозию почвы, повышает эффективность использования поливной воды и равномерность увлажнения почвы по длине поле.
2. Предложенный способ был апробирован в 2010-2012 гг. на двух хлопковых полях экспериментального хозяйства НИИ «Земледелия» ТАСХН с уклонами поверхности 0,01 и 0,04 в Гиссарской долине.
3. Результаты исследования предложенного способа показали, что ввиду улучшения водно-физические свойства почвы на 20-25% снижается неэффективный сброс поливной воды и до 70-75% повышается равномерность увлажнения корнеобитаемого слоя почвы по длине поле и улучшает ландшафт территории.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Астапов С.В. Мелиоративное почвоведение (практикум). Сельхозгиз, М., 1958, с. 369.
- [2] Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. М., Колос, 1978, -176с.

- [3] Михайлин А.А. Применение глубокого рыхления глубокорыхлителем ГНЧ-06 в зоне орошения. Научный журнал КубГАУ, №24(8), 2006. Интернет-сайт: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/29.pdf>
- [4] Носенко В.Ф. Возможности и пути совершенствования технологии поверхностного полива // Новое в технике и технологии полива. М., 1978, -С.3-28.
- [5] Костяков А.Н. Основы мелиорации. –М.: Сельхозгиз, 1960, -619с.
- [6] Кривовяз С.М. Некоторые результаты исследований по технике полива на новых землях Голодной степи//Гидротехника и мелиорация, -1963, -№8, -С.6-7.
- [7] Шумаков Б.А. Механизация работ в орошаемом земледелии. Ростов н/Д: Росткнигоиздат, -1956, -153с.
- [8] Глазьев В.А., Кривошеков Б.С. и Билик О.А. Автоматизированная низконапорная закрытая оросительная сеть /гидротехника и мелиорация, -1981, -№1, -43-49.
- [9] Хамраев Н.Р. и Юсупов Г.Ю. Технология импульсного полива по бороздам //Хлопководство, -1980, -№7, -С.30-32.
- [10] Blair I. Planted rows are alternative to pits // Irrigation Age, 1979, -Р.136:66
- [11] Нурматов Н.К. Технология орошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях. Душанбе, «Ирфон», -1991, - 372с.
- [12] Пулатов Я.Э., Икромов И.И., Пулатов Ш.Я. Способ создания влагозапаса в почве и достижения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя / Малый Патент № TJ 522. 2011г. Бюл.№ 76, Душанбе, 2012.
- [13] Икромов И.И., Пулатов Ш.Я. Влияние дифференцированного глубокого рыхления на водно-физические свойства почвы / Современные энерго- ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства //Сбор. Нуч. Тр., (выпуск 10), -Рязань, -2013, -С.80-86.

Основная глава 12.3 Удобрение и круговорот питательных веществ Main Chapter 12.3 Fertilisation and Nutrient Cycling

ГЛАВА IV/29: ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЙ Chapter IV/29: The Influence of Soil and Landscape Conditions on the Productivity of Crop Rotation and Fertilizer Efficiency

Сергей М. Лукин

DOI 10.25680/6836.2018.49.13.294

Эл. Почта: vnion@vtsnet.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа, ул. Прянишникова, д.2, 601390 Вяткино, Судогодский р-н, Владимирская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Продуктивность агроценозов и эффективность удобрений в значительной мере определяются агроэкологическими свойствами земель. Дерново-подзолистые песчаные почвы имеют пониженное содержание элементов минерального питания, гумуса и независимо от рельефа почти ежегодно характеризуются дефицитом влаги в корнеобитаемом слое. Наиболее низкий урожай получен на песчаных почвах с содержанием физической глины менее 8 %. В условиях неурегулированного водного режима оплата удобрений урожаем на рыхлопесчаных почвах в 2,2 – 4,3 раза ниже, по сравнению с тяжелосупесчаными. Эти различия сохраняются даже при применении повышенных доз органических и минеральных удобрений. Поэтому при дифференцированном использовании удобрений, наряду с агрохимическими свойствами, следует учитывать также свойства почв, определяющие агроэкологический тип земель.

Abstract. The productivity of agroecosystems and the effectiveness of fertilizers is largely determined by agro-ecological properties of land. Sod-podzolic sandy soils have a low content of mineral nutrients and humus. Regardless of their terrain position, they almost every year are characterized by a moisture deficit in the root zone. Lowest yields are obtained on sandy soils with a content of physical clay less than 8 %. Under conditions of an unregulated water regime the rate of fertilizer efficiency on sandy soils is 2.2 – 4.3-fold lower compared to sandy loams. These differences remain even with the use of high doses of organic and mineral fertilizers. Therefore, when a differentiated use of fertilizers, along with agrochemical properties, should also take into account soil properties are determining the agroecological types of land.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дерново-подзолистые почвы, агроландшафт, применение удобрений, продуктивность севооборота, агроэкологические свойства почв, эффективность удобрений

Keywords: sod-podzolic soil, agricultural landscape, use of fertilizers, productivity of crop rotation, agro-ecological properties of soils, fertilizers efficiency

ВВЕДЕНИЕ

Технологии дифференцированного применения удобрений в системах точного земледелия предусматривают учет неоднородности агрохимических свойств почв и корректировку доз внесения удобрений в зависимости от обеспеченности элементами питания. Однако, пространственная неоднородность почвенного плодородия обусловлена не только варьированием агрохимических показателей, но и влиянием естественных факторов: гидрологических, педогенетических, литологических и др., которые крайне тяжело поддаются или вообще не поддаются регулированию. При достаточном применении удобрений разница в урожайности культур по отдельным элементарным участкам поля может сглаживаться, однако полностью устранить ее без проведения коренных мелиораций нельзя [1,2]. О значительном влиянии рельефа на свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур сообщается в работах Липкиной Г.С. [3], Белелюбской К.Ф. [4], Кузяковой И.Ф. [5], Романенкова В.А., Ларина В.Е., Лукина С.М.. [6]. Поэтому оптимизация систем применения удобрений в агроландшафтах вызывает необходимость детального учета всех агроэкологических свойств почвенного покрова, включающему геоморфологические и биогеохимические особенности территории.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель исследований - изучить влияние почвенно-ландшафтных условий на продуктивность зернотравянопропашного севооборота, дать оценку эффективности применения удобрений в зависимости от структуры почвенного покрова в агроландшафтах

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка неоднородности свойств почвенного покрова, взаимосвязи их с уровнем продуктивности сельскохозяйственных культур, эффективности удобрений в зависимости от почвенно-ландшафтных условий проводилась нами в ландшафтном опыте, расположенном на пологом холме с общей крутизной склонов до 2°. Плакорная, водораздельная часть агроландшафтного стационара характеризуется выровненной поверхностью с западным микрорельефом и уклоном 0,09 - 0,5°. Верхняя, водораздельная часть склона имеет уклоны от 0,5 до 1,5°. Вниз по рельефу крутизна склона увеличивается, достигая в средней части 1,5 - 2°, а нижней 2,5 - 3,6°. К подножию склона крутизна его уменьшается до 1,2 - 1,4° (рисунок 1).

Органоминеральная система предусматривала использование удобрений в дозах, обеспечивающих продуктивность севооборота, в среднем 30 ц з.ед./га. Исследования проводили в севообороте: люпин однолетний (75 %) + картофель (25 %) – ячмень с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – озимая пшеница. В натуре имелись все 5 полей, которые вводились одновременно. Средний размер одного поля – 0,9 га, общая площадь – 4,5 га. Каждое поле охватывало 5 элементов агроландшафта: водораздел, верхняя, средняя, нижняя части склона, подножие склона со своей характерной структурой почвенного покрова. На каждом элементе рельефа выделяли по 3 учетные площадки размером 7х10 м, на которых проводили основные наблюдения: динамика запасов влаги и пищевого режима, изменение агрохимических свойств почвы, урожайность сельскохозяйственных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучение пространственной неоднородности агрохимических свойств почв показало значительное варьирование содержания в них питательных веществ в зависимости от рельефа, гранулометрического состава почвообразующих пород, предшествующего уровня агротехники. В пределах одного поля севооборота кислотность почвы характеризовалась 5 градациями pH, 3 – фосфора, 4 – калия, содержание гумуса различалось более чем в 2 раза. Наблюдалось закономерное снижение содержания гумуса, фосфора, калия и индекса окультуренности почв с увеличением мощности водно-ледниковых отложений и снижением содержания в них физической глины.

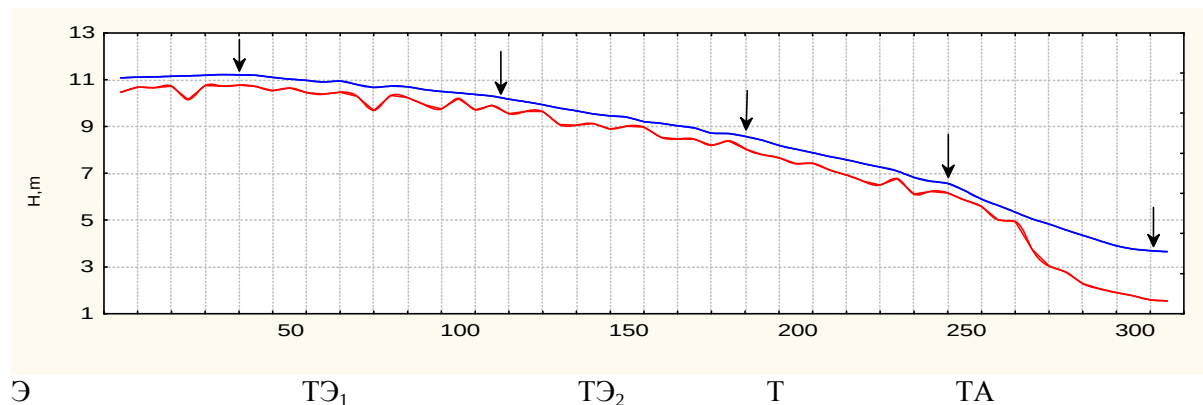


Рисунок 1 - Геоморфологический профиль агроландшафтного стационара (элементарные ареалы ландшафта: Э – элювиальный, ТЭ₁ – трансэлювиальный 1, ТЭ₂ – трансэлювиальный 2, Т – транзитный, ТА – трансакумулятивный)

Схема опыта: 1. Без удобрений, 2. Органоминеральная система удобрения (навоз 8 т/га + N28P20K45)

Одной из важнейших агроэкологических характеристик почв является их водный режим. Четырехлетние наблюдения за динамикой содержания влаги по элементам агроландшафта позволили установить, что на песчаных почвах расход влаги в расчете на единицу урожая в 1,5-2,2 раза выше, по сравнению с супесчаными. Основной причиной этого является низкая водоудерживающая способность песчаных почв. Наибольший урожай всех культур севооборота получен на дерново-подзолистых автоморфных и слабоглееватых супесчаных почвах верхней части склона с уклоном около 1°. Песчаные почвы были хуже всего обеспечены элементами минерального питания и влагой, в результате чего продуктивность севооборота оказалась в 2,1 - 2,3 раза ниже, по сравнению с супесчаными почвами.

Различные культуры не одинаково реагировали на изменение агроэкологических условий в агроландшафте. Из изучаемых культур более адаптированным для возделывания на песчаных разновидностях почв оказался однолетний люпин. Урожайность его на песчаных почвах составила 76-87 % от уровня урожайности, полученной на супесчаных. В то же время урожайность многолетних трав снижалась в 2,7-3,2 раза, озимой пшеницы – в 2,3-3,4 раза, ячменя – в 2,1-2,6 раза, картофеля в 2,2-2,3 раза. В связи с недостатком влаги эффективность органоминеральной системы удобрений оказалась ниже запланированной. При этом наибольшая прибавка урожая от удобрений была получена на дерново-подзолистых супесчаных почвах. Применение удобрений на песчаных почвах оказалось неэффективным. Оплата 1 кг NPK на супесчаных почвах достигала 4,7 кг з.е., в то время как на песчаных она не превышала 1,5 кг з.ед. (таблица 1).

Для оценки отзывчивости сельскохозяйственных культур на возрастающие дозы удобрений на почвах различного гранулометрического состава использовали материалы длительных опытов, проведенных на бывшей Судогодской опытной станции ВИУА. В обобщение включено 1294 наблюдений (вариантов опытов). На основе сгруппированных данных рассчитывали уравнения зависимости урожайности культур от доз внесения удобрений. При этом использовали преимущественно варианты с органоминеральной системой удобрений.

Полученные данные подтверждают установленные в агроландшафтном опыте закономерности действия удобрений на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах. Установлено, что различия в продуктивности культур на супесчаных и песчаных разновидностях почв сохраняются независимо от дозы удобрений. Вследствие более сильного дефицита влаги на песчаных почвах,

кривая роста урожайности культур от использования удобрений на этих почвах выходит на плато при значительно меньших дозах их внесения, чем на супесчаных.

Особенно это характерно для посевов яровых зерновых и многолетних трав, почти ежегодно испытывающих дефицит влаги. Так, увеличение дозы удобрений более 150 кг/га NPK на посевах ячменя и овса на песчаных почвах не сопровождается ростом урожайности, а в посевах многолетних трав максимум урожайности отмечается при дозе внесения удобрений 120 кг/га NPK. В то же время в посевах озимых зерновых культур, значительно лучше обеспеченных влагой, функции отзывчивости культур на возрастающие дозы удобрений на супесчаных и песчаных почвах были сходными. Различия в продуктивности картофеля на супесчаных и связнопесчаных почвах были существенно ниже, а в посевах желтого однолетнего люпина - несущественными.

Таблица 1. Влияние почвенно-ландшафтных условий на продуктивность зернотравянопропашного севооборота и эффективность удобрений

Местоположение	Элементарный ареал ландшафта	Почвы	Продуктивность севооборота, ц з.ед./га	Прибавка урожая от удобрений, ц з.ед./га	Оплата 1 кг NPK урожаем, кг з.ед.
Фон -без удобрений					
Плакор	Э	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{1P}^{ДГ} + P_{2,3P}^{Д}$	19,1	-	-
Верхняя часть склона	ТЭ ₁	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{2,3P}^{Д}$	21,0	-	-
Средняя часть склона	ТЭ ₂	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{2,3P}^{Д}$	18,7	-	-
Нижняя часть склона	Т	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{2,3П}^{ДСЭ}$	14,0	-	-
Подножие склона	ТА	$P_{1,2,3П}^{Д}$	10,2	-	-
Фон - навоз 8 т/га + N28P20K45					
Плакор	Э	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{1P}^{ДГ} + P_{2,3P}^{Д}$	24,8	5,7	3,8
Верхняя часть склона	ТЭ ₁	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{2,3P}^{Д}$	28,1	7,1	4,7
Средняя часть склона	ТЭ ₂	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{2,3P}^{Д}$	25,1	6,4	4,3
Нижняя часть склона	Т	$P_{1P}^{ДСГ} + P_{2,3П}^{ДСЭ}$	15,7	1,7	1,1
Подножие склона	ТА	$P_{1,2,3П}^{Д}$	12,4	2,2	1,5

НСР_{0,95}, ц/га фактор, рельеф 1,77

фактор удобрения 1,49

Почвы: $P_{1,2,3P}^{Д}$ – дерново-подзолистые супесчаные; $P_{1,2,3P}^{ДСГ}$ – дерново-подзолистые слабogleеватые, супесчаные; $P_{1,2,3P}^{ДГ}$ – дерново-подзолистые глеевые, супесчаные; $P_{1,2,3П}^{Д}$ – дерново-подзолистые песчаные; $P_{2,3П}^{ДСЭ}$ – дерново-подзолистые, песчаные слабоэродированные. Элементарные ареалы ландшафта: Э – элювиальный, ТЭ₁ – трансэлювиальный с уклоном до 1°, ТЭ₂ – трансэлювиальный с уклоном 1-2°, Т – транзитный, ТА – трансаккумулятивный.

На основе этих исследований, разработаны поправочные коэффициенты к продуктивности культур в зависимости от агроэкологических типов земель, которые могут быть использованы при планировании урожайности культур и расчете доз внесения удобрений (таблица 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Продуктивность агроценозов и эффективность удобрений в значительной мере определяются агроэкологическими свойствами земель. Дерново-подзолистые песчаные почвы имеют пониженное содержание элементов минерального питания, гумуса и независимо от рельефа почти ежегодно характеризуются дефицитом влаги в корнеобитаемом слое.

2. В условиях неурегулированного водного режима оплата удобрений урожаем на рыхлопесчаных почвах в 2,2 – 4,3 раза ниже, по сравнению с тяжелосупесчаными. Эти различия сохраняются даже при применении повышенных доз органических и минеральных удобрений.
3. Разработаны поправочные коэффициенты к продуктивности культур в зависимости от агроэкологических типов земель, которые могут быть использованы при планировании урожайности культур и расчете доз внесения удобрений.

Таблица 2. Поправочные коэффициенты к уровню продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от агроэкологических типов земель

Агроэкологическая группа и подгруппы земель	Агроэкологические типы земель	Озимая пшеница	Ячмень	Овес	Люпин	Картофель	Многолетние травы
1. Зональные	1. Дерново-подзолистые супесчаные, подстилаемые суглинистой мореной с участием слабосмытых и слабооглеенных на водоразделах и склонах с уклонами до 1-2°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2. Дерново-подзолистые связнопесчаные, подстилаемые суглинистой мореной	0,70	0,55	0,80	0,95	0,85	0,50
	3. Дерново-подзолистые рыхлопесчаные на глубоких песках	0,75	0,35	0,40	0,80	0,50	0,35
2. Эрозионные 2.1. Слабоэрозионные	4. Комплексы дерново-подзолистых супесчаных слабосмытых, слабооглееватых, подстилаемых суглинистой мореной на склонах 2-3°	0,95	0,75	0,90	0,90	0,85	0,90
3. Полугидроморфно-зональные 3.1. Слабопереувлажненные 3.2. Среднепереувлажненные	5. Комплексы дерново-подзолистых супесчаных слабооглееватых с глееватыми, подстилаемых суглинистой мореной	0,95	1,00	1,00	0,90	0,90	1,00
	6. Комплексы дерново-подзолистых супесчаных глееватых, с участием дерново-подзолистых глеевых (до 10 %), подстилаемых суглинистой мореной	0,55	0,80	0,90	0,90	0,60	1,10

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Зайдельман Ф.Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 320
- [2] Иванов А.Л., Кирюшин В.И., Волощук А.Т. и др. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского Ополя // Под. ред. акад. РАСХН В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: «Агроконсалт», 2004. – 456 с.
- [3] Липкина Г.С. Агрохимическая характеристика легких дерново-подзолистых почв Северо-Запада РСФСР // Почвоведение, 1983, № 8. С. 118-126.
- [4] Белелюбская К.Ф. Влияние рельефа и удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистых среднесуглинистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Автореферат дисс... канд. биол. наук. – М.: 1997. 21 с.
- [5] Кузякова И.Ф. Влияние естественных и агрогенных факторов на пространственное распределение некоторых почвенных показателей в длительном опыте // Агрохимия, 1995, № 10. С. 28-42.
- [6] Романенков В.А., Ларин В.Е., Лукин С.М. Исследование процессов, определяющих пространственное изменение плодородия пахотных почв для моделирования урожайности. – В сб.: Современные естественные и антропогенные процессы в почвах и геосистемах // Науч. труды Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М.: 2006. С. 305-329.

Глава IV/30: ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ФИТОСАНИТАРНЫХ ФУНКЦИЙ ЗЕЛЕННОГО УДОБРЕНИЯ

Chapter IV/30: Assessment of Ecological and Phytosanitary Functions of Green Manure Application

Виктор Г. Сычев*, Владимир Г. Лошаков

DOI 10.25680/2929.2018.79.20.295

*Эл. Почта: info@vniia.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии РАН, ул. Прянишникова д.31а, 127550
г.Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. В работе дается многосторонняя агроэкологическая и фитосанитарная оценка зеленого удобрения как постоянно возобновляемого источника энергии в адаптивно-ландшафтном земледелии, обеспечивающего экологическую устойчивость современных агроэкосистем. Фитосанитарная функция пожнивной сидерации проявляется в повышении активности сапрофитной микрофлоры почвы и связанным с этим снижении заболеваемости культурных растений, в снижении численности сорняков и вредных насекомых в 1,5-2 раза. Это позволяет уменьшить пестицидную нагрузку на агрофитоценоз, что имеет большое экологическое значение. Пожнивное зеленое удобрение с удобрением соломой повышает содержание гумуса в пахотном слое и увеличивает количество водопрочных агрегатов в почве, повышает её водопроницаемость в 2 раза и устойчивость к водной эрозии. Другой важной экологической функцией сидерации является перевод минерального азота почвы и удобрений в органическую форму и повышение коэффициента его использования на 40-60 %.

Abstract. The paper provides a multilateral agro-ecological and phytosanitary assessment of green fertilizer as a constantly renewable source of energy in adaptive landscape agriculture, ensuring the ecological sustainability of modern agroecosystems. The phytosanitary function of stubble sideration is manifested, in reducing the incidence of cultivated plants, in reducing the number of weeds and harmful insects by 1.5-2 times. This makes it possible to reduce the pesticide load on agrophytocenosis, which is of great environmental significance. Stubble green manure with straw fertilizer increases the humus content in the topsoil and increases the amount of water stable aggregates in the soil, increases its water permeability 2 times and resistance to water erosion. Another important ecological function of green manuring is the conversion of mineral nitrogen of soil and fertilizers in organic form and increase the rate of its use by 40-60 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экология, зеленое удобрение, сидерация, плодородие почвы, гумус, агроэкосистема, эрозия почвы, пожнивные культуры, экологическое сельское хозяйство

Keywords: ecology, green fertilizer, green manuring, soil fertility, humus, agro-ecosystem, soil erosion, crop culture, environmental agriculture.

ВВЕДЕНИЕ

Достижения научно-технического прогресса позволило многим странам мира во второй половине XX века перейти в земледелии на интенсивные технологии и увеличить за послевоенные 70 лет производство зерна и другой растениеводческой продукции в 2-3 раза [1,4]. Однако за достижения научно-технического прогресса в земледелии приходится платить большими экологическими потерями как в глобальном масштабе, так и в нашей стране. С развитием земледелия на техногенной основе в АПК России развивались негативные процессы – загрязнение почвы, грунтовых вод и водоемов остаточными веществами минеральных удобрений, пестицидов, тяжелыми металлами, метаболитами, продуктами разрушения почвы водной и ветровой эрозией [2-5].

В 90-е разрушительные годы прошлого столетия, несмотря на резкое падение уровня химизации земледелия России, оно не стало от этого экологически более безопасным, и экологические проблемы стали серьезным препятствием на пути дальнейшего развития сельского хозяйства, создали реальные угрозы для среды обитания человека в нашей стране [3-5]. В промышленных зонах Центра России, в бассейнах крупных рек её европейской части антропогенные нагрузки уже давно превысили установленные нормативы. И экологическое состояние бассейнов Волги, Оки, Москвы-реки и их притоков оценивается как «загрязненное» или «сильно загрязненное» [4].

Наряду с химическим загрязнением остаточными веществами агрохимикатов большой урон экологии и народному хозяйству России наносит водная и ветровая эрозия. В нашей стране 125 млн. га сельскохозяйственных угодий, или 60 % их общей площади, находятся в районах проявления водной и ветровой эрозии. Из них 58 млн. га подвержено эрозии, в результате чего утрачена значительная часть самого плодородного – гумусового слоя почвы, и урожайность полей на таких почвах снижается на 30-70% [4].

Кроме того, эрозия почвы является прямым источником загрязнения окружающей среды, причиной нарушения экологического равновесия в агроландшафтах. Продукты эрозионного разрушения почвы – различные химические соединения – загрязняют реки, озера, луга и пастбища, отравляют грунтовые воды. Мировой и отечественный опыт показывает, что решение экологических проблем в современном земледелии лежит на пути его биологизации. Её основой является оптимизация структуры посевных площадей, при которой наряду с расширением площади посевов бобовых культур, многолетних трав, промежуточных культур перспективным является использование сидерации или зеленого удобрения [4,5].

Зеленое удобрение широко используется в земледелии многих стран мира, и является составной частью экологического сельского хозяйства, которое еще называют органическим или биоорганическим. Его цель – производство экологически чистой продукции [1].

Однако биоорганическое земледелие, базирующееся на использовании только органических удобрений и биопрепаратов, в глобальном масштабе не может решить проблему полного обеспечения населения нашей планеты экологически чистым продовольствием. И, как показывают многолетние исследования многих научных учреждений Географической сети опытов с удобрениями ВНИИ агрохимии, Координационного совета ВАСХНИЛ – РАСХН по севооборотам, эту задачу может успешно решать научно обоснованная органо-минеральная система удобрений, в составе которой наряду с навозом, торфом, соломой большое удобрительное, агроэкологическое и фитосанитарное значение имеет зеленое удобрение [4,5,7].

МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 1961-2009 гг. в полевых опытах на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах учхозов МСХА им. К.А. Тимирязева «Щапово» и «Михайловское» в Подольском районе Московской области, учхозов Смоленского и Ярославского филиалов МСХА им. К.А. Тимирязева, на супесчаных дерново-подзолистых почвах в колхозах и совхозах Красногорского и Клетнянского районов Брянской области. Использовались стандартные методы полевых, лабораторных, агрохимических и статистических исследований в соответствии с современными требованиями методики опытного дела [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ агроклиматических ресурсов и структуры посевных площадей, результаты исследования научных учреждений показывают, что зеленое удобрение может найти широкое применение во всех почвенно-климатических зонах России как в виде сидеральных паров, так и в виде промежуточных посевов [4,5]. Они могли бы занимать в нашей стране до 19 млн. га ежегодно, и при средней урожайности 25 т/га могли бы давать ежегодно 474 млн. т. зеленой массы, в которой содержится 5 млн. т. NPK. Однако в настоящее время сидеральные культуры занимают в России 3,2 млн. га (16 % от возможной площади их возделывания) и дают 80 млн. т. зеленой массы, в которой содержится 0,8 млн. т. NPK.

Особенно перспективно использование зеленого удобрения в Нечерноземной зоне и в других районах достаточного увлажнения, а также на орошаемых землях южных регионов. Урожайность основных сидеральных культур – различных видов люпина, сераделлы, донника и других бобовых сидератов в занятых сидеральных парах Нечерноземной зоны достигает 400-500 ц/га зеленой массы, удобрительная ценность которой не уступает навозу хорошего качества.

Основное предназначение сидерации – пополнение запасов органического вещества в почве [5,6]. Зеленое удобрение является идеальной формой органического удобрения, в составе которого находится полный набор питательных веществ, необходимый для роста и развития культурных растений.

Установлено, что в зеленой массе сидератов содержится 200-250 кг/га азота, что при их запашке в почву равноценно внесению 6-7 ц/га дорогостоящей аммиачной селитры [5]. Особое экологическое значение имеет то, что питательные элементы в составе зеленого удобрения находятся в биологически связанной форме – в виде органического вещества, которое не

вымывается из почвы и не загрязняет почву и грунтовые воды избыточным количеством нитратов и других вредных веществ. А динамика разложения зеленого удобрения в почве складывается таким образом, что наиболее интенсивно оно разлагается в весенне-летний период – в период наиболее активного роста большинства сельскохозяйственных культур, когда они потребляют наибольшее количество питательных веществ, поступающих в почвенный раствор в результате минерализации зеленого удобрения. Другими словами – зеленое удобрение поступает в нужное место и в нужное время, что определяет его высокую удобрительную ценность и большое экологическое значение.

Однако самостоятельная форма сидерации в виде занятых сидеральных паров экономически не выгодная, так как сидеральное поле в течение года не дает товарной продукции. Поэтому экономически выгоднее *промежуточная форма сидерации в виде пожнивных, подсевных, поукосных, озимых и других промежуточных культур*. Такие культуры возделываются в промежуток теплого времени года, свободный от возделывания основных культур севооборота. Они позволяют наиболее полно использовать атмосферные осадки, тепло, удобрения, технику, оросительные системы, рабочую силу и получать два-три урожая в год [4,5].

Помимо получения дополнительного урожая зерна, зеленых кормов или сидеральной массы особое значение имеет *экологическая и фитосанитарная функция* промежуточных культур при самом различном их использовании [5]. Их зеленый покров удлиняет положительное воздействие сельскохозяйственных культур на почву как в летне-осенний период (пожнивные, поукосные, подсевные культуры), так и в ранне-весенний период (озимые промежуточные культуры).

Промежуточные культуры предохраняют почву от перегрева в летний зной, от промерзания зимой, от разрушительного действия ливневых дождей весной, летом и осенью, талых вод – ранней весной. Плотный зеленый покров промежуточных культур подавляет рост и развитие сорняков, снижая засоренность полей, нарушает обычные биологические циклы развития вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур [4,5].

Видовое разнообразие промежуточных культур создает благоприятные предпосылки для реализации *принципов плодосмена и усиления фитосанитарных и экологических функций* севооборота. Эти функции особенно усиливаются и играют большую роль при использовании пожнивных и других промежуточных культур в качестве зеленого удобрения.

Установлено, что в условиях Центрального района Нечерноземной зоны перспективными сидеральными культурами являются пожнивные посевы горчицы белой (*Sinapis alba* L.), рапса (*Brassica napus* L., ssp. *oleifera* Metzger), редьки масличной (*Raphanus sativus* L., var *oleifera* Metzger), сурепицы озимой (*Brassica campestris* L.), фацелии (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Наибольшей устойчивостью к неблагоприятным погодным условиям пожнивного периода здесь отличается горчица белая (*Sinapis alba* L.). При посеве в первой декаде августа её полные всходы появляются на 4-5 день после посева, растения обладают быстрым ростом, хорошей устойчивостью к раннеосенним заморозкам и за 45-50 августовско-сентябрьских дней при азотном удобрении 45-50 кг/га д.в. способны накопить 20-30 т/га зеленой массы и 6-10 т/га корней [4,5].

В отдельные годы общее количество органической сухой массы, синтезированной пожнивной горчицей, достигает 45 ц/га, и с ней в почву поступает до 18 ц/га углерода. В одном центнере абсолютно сухой органической массы пожнивной горчицы содержится 38,6 кг углерода, 3,1 кг азота, 1,1 кг окиси фосфора и 1,9 кг окиси калия. Зеленая масса пожнивной горчицы богата азотом, что обеспечивает узкое соотношение C:N (10-12:1) и ее высокую удобрительную ценность с повышением биологической активности почвы в 1,5-2 раза. При насыщении зернового севооборота этим пожновым сидератом до 50 % площади пашни поступление органического вещества в дерново-подзолистую суглинистую почву увеличивается на 46% [5].

Однако для накопления гумуса в почве с позиций экологии важно, чтобы чрезмерная биологическая активность не приводила к полной минерализации органического вещества, вносимого в почву. Поэтому эффективно сочетание биологически активного зеленого удобрения с удобрением измельченной соломой, которая уравнивает процессы преобразования органического вещества в почве в пользу улучшения гумусового баланса.

Пожнивная сидерация совместно с удобрением измельченной соломой (5-6 т/га) на фоне минеральных удобрений оказывает положительное влияние на плодородие дерново-подзолистой почвы. Так, при её использовании в течение двух шестилетних ротаций зернового севооборота количество гумуса в слое почвы 0-40 см увеличивалось на 0,48 %, то есть практически на столько же, на сколько и в плодосменном севообороте с двумя полями многолетних трав /0,49 %/ [5].

Гумус является важным фактором образования структурных агрегатов в почве. Этим

обстоятельством объясняется тот факт, что повышение содержания гумуса в почве после пожнивной сидерации в наших исследованиях сопровождалось повышением содержания в почве водопрочных структурных агрегатов, снижением плотности почвы и повышением водопроницаемости почвы на 65-70 % (табл. 1).

Такое улучшение агрофизических свойств почвы имеет большое агроэкологическое значение, так как с повышением водопроницаемости почвы поверхностный сток талых и ливневых вод переходит во внутренний сток, и снимается угроза развития водной эрозии почвы [5].

Запашка пожнивного сидерата в зерновом севообороте (83% зерновых) в чистом виде повышала коэффициент использования азота минеральных удобрений ячменем на 13 %, овсом - на 36 %, а при сочетании пожнивного сидерата с удобрением соломой - на 22 и 69 % соответственно. При этом пожнивный сидерат увеличивал закрепление азота в почве с 6,8 до 17,5 %, а при сочетании с удобрением соломой - до 23,9 % [5]. В результате пожнивное зеленое удобрение в сочетании с удобрением соломой снижало непроизводительные потери азота на 35-43 %. Тем самым оно выполняло важную *экологическую функцию* по защите окружающей среды [5].

Таблица 1. Изменение физических свойств слоя 0-20 см среднесуглинистой дерново-подзолистой почвы под посевами ячменя. Учхоз ТСХА «Михайловское» [5].

Вид севооборота	Удобрения	Плотность г/куб. см.	Структура %	Водопроницае- мость, мм/мин
Севооборот, 83 % зерновых культур	NPK	1,31	34,4	2,0
	NPK + сидерат	1,24	37,6	3,3
	NPK+сидерат + солома	1,22	40,1	3,4

Использование азотных и других минеральных удобрений под посев белой горчицы и других быстро растущих пожнивных сидератов из семейства капустовых (горчица белая, рапс, редька масличная, сурепица озимая) является экологически важным приемом перевода питательных веществ минеральных удобрений в состав органической массы зеленого удобрения, которые при ее минерализации эффективно потребляются растениями последующих культур с высоким коэффициентом использования и без загрязнения окружающей среды их остатками.

Нами установлено, что пожнивное зеленое удобрение с узким соотношением углерода и азота повышает биологическую активность почвы и выполняет роль катализатора по разложению растительных остатков в почве. Установлено, что после пожнивного сидерата на следующий год в пахотном слое почвы во время вегетации ячменя или овса разлагалось 55-65 % растительных остатков, после внесения минеральных удобрений - 42-47 %, без удобрений - 36 % [5]. Это имеет большое фитосанитарное и экологическое значение, так как сидерация увеличивает в почве численность сапрофитной микрофлоры, которая является активным антагонистом почвенных грибов - возбудителей многих болезней культурных растений. В результате этих процессов после пожливной сидерации поражение картофеля паршой обыкновенной снижалось в 2,2-2,4 раза, ризоктониозом - в 1,7-5,3 раза, ячменя - корневыми гнилями - в 1,5-2 раза [5].

После запашки зеленой массы пожливной горчицы под посеvy овса в условиях Брянской области эта яровая культура имела ускоренный рост, и в фазу кущения ее растения уходили от поражения личинками шведской мухи, которое снижалось на 30 %.

Экологическая и фитосанитарная функция пожливной сидерации проявляется и в снижении после нее засоренности основных культур севооборота (табл. 2).

Таблица 2. Влияние пожливной сидерации на засоренность посевов ячменя, шт/кв. м. Учхоз ТСХА «Михайловское», Московская область [5].

Севооборот и % зерновых	Удобрения	Всего сорняков шт/кв.м.	В том числе многолетних
Плодосмен, 50	NPK	52,4	31,4
Зерновой, 83	NPK	36	12
Зерновой, 83	NPK + сидерат	19	2
Зерновой, 83	NPK + сидерат + солома	23	8

Такое сороочищающее действие пожнивного сидерата в ряде случаев позволяет снять вопрос о применении гербицидов и тем самым решить важный экологический вопрос - снизить пестицидную нагрузку на агрофитоценоз [5]. На *среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах* Подмоскovie внесения 20 т/га навоза повышало урожайность картофеля на 48 %, равноценное ему количество минеральных удобрений - на 36 %, тогда как заплата зеленой массы поживной горчицы /15-20 т/га/ в чистом виде повышала сбор клубней картофеля на 49,8 %, а в сочетании с удобрением соломой /5-6 т/га/ - на 58,6 %. При этом повышалась товарность клубней и содержание крахмала в них [5].

На *супесчаных дерново-подзолистых почвах* Брянской области после заплаты от 12 до 20 т/га зеленой массы поживных горчицы белой, редьки масличной или рапса озимого урожайность картофеля повышалась на 86 %, после внесения равнозначного количества минеральных удобрений - на 46 %, минеральных удобрений с навозом - на 84 %. Сочетание поживного сидерата с удобрением соломой на фоне минеральных удобрений повышало урожайность зерна ячменя и овса на 50,5 и 51,2 % соответственно, зеленой массы викоовсяной смеси - на 34 %. Зеленое удобрение повышало общую продуктивность плодосменных севооборотов на 17-20 % [5]. Многолетнее применение поживного сидерата с удобрением соломой на фоне минеральных удобрений также эффективно и в зерновом севообороте - повышает плодородие почвы, улучшает фитосанитарную и экологическую ситуацию в севообороте, повышает урожайность зерновых культур, выход зерна и общую продуктивность севооборота. При этом обеспечивается получение зерна пшеницы, ячменя с качеством не ниже, чем в плодосменных севооборотах [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Зеленое удобрение является важным элементом органо-минеральной системы воспроизводства плодородия основных типов почв Нечерноземной зоны России.
2. В полевых универсальных и специализированных севооборотах зеленое удобрение в сочетании с удобрением соломой и минеральными удобрениями является полноценной заменой навоза и других органических удобрений.
3. Зеленое удобрение является важным экологическим и фитосанитарным фактором современного земледелия, призванным обеспечить не только воспроизводство плодородия почвы, высокие урожаи экологически чистой продукции, но и устойчивое экологическое равновесие в агрофитоценозах и окружающем агроландшафте.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ван Мансвелт Я.Д., Темирбекова С.К. 2016. Особенности адаптивного развития экологического сельского хозяйства Западной Европы и России. - Сб. Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС. Т.1. – Большие Вяземы,.- С. 250 - 263.
- [2] Жученко А.А. 2009. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI веке. Теория и практика. Т. 1. - М.: Агрорус.- 816 с.
- [3] Захаренко В.А. 2010. Фитосанитарный мониторинг агроэкосистем и его научно-методическое обеспечение в России. // М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, С. 124–138.
- [4] Лошаков В.Г. 2012. Севооборот и плодородие почвы/Под ред. В.Г. Сычева. - М.: Изд. ВНИИА, 512 с.
- [5] Лошаков В.Г. 2015. Зеленое удобрение в земледелии России /Под ред. В.Г. Сычева. - М.: Изд. ВНИИА,– 300 с.
- [6] Прянишников Д.Н. 1965. Избранные сочинения в 3 томах. М.: Сельхозгиз,
- [7] Сычев В.Г. 2017. Итоги и перспективы исследований в Географической сети опытов с удобрениями. Сб. Совершенствование методологии агрохимического обеспечения современного земледелия. М.: ВНИИА,– С. 6.-11.

**Глава IV/31: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТАХ
ПО ЗОНАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Chapter IV/31: The Effectiveness of Organic Fertilizers in Crop Rotations of Zones in the Russian
Federation**

Сергей М. Лукин

DOI 10.25680/6234.2018.93.65.296

Эл. Почта: vnion@vtsnet.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа, ул. Прянишникова, д.2, 601390 Вяткино, Судогодский р-н, Владимирская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Проведено обобщение материалов полевых опытов с органическими удобрениями, проведенных учреждениями Географической сети опытов с удобрениями в последние 50 лет. Всего в обобщение вошли данные 1610 ротаций севооборотов, включающие 8,3 тысячи наблюдений (вариантов опытов). Установлено, что эффективность органических удобрений зависит от почвенно-климатических условий, вида и дозы удобрения, содержания в нем питательных веществ, структуры севооборота. Наибольшую прибавку урожая органические удобрения обеспечивают на легких дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны – до 1,5 ц. з.е. на 1 т. Эффективность органических удобрений снижается в направлении с севера и северо-запада на юг и юго-восток страны, что обусловлено увеличением содержания в почвах гумуса и питательных веществ и нарастанием дефицита влаги.

Abstract. We generalized the data of field experiments with organic fertilizers conducted by institutions of the Geographical Network in the last 50 years. These were data of 1610 crop rotations, including 8.3 Thousand of variants. The efficiency of organic fertilizers depend on soil and climatic conditions, the type and dose of fertilizers, the content of nutrients, and the structure of the crop rotation. The greatest yield increase of 0.15 tonnes of grain units per 1 tonne of organic fertilizer were provided on light sod-podzol soils in the Non-Chernozem zone. The effectiveness of organic fertilizers was reduced in the direction from the North and North-West to the South and Southeast, due to the increase in the content of soil humus and nutrients, and increasing soil moisture deficit.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: органические удобрения, почвенно-климатические зоны, эффективность удобрений, продуктивность севооборотов, нормативы прибавок урожая от удобрений

Keywords: organic fertilizers, soil and climatic zones, fertilizer efficiency, productivity of the crop rotation, yield increase from fertilizers

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сельском хозяйстве страны используется более 300 видов органических удобрений, различающихся по своему происхождению, свойствам, технологиям производства и применения, воздействию на плодородие почв и окупаемости прибавкой урожая. Вовлечение в удобрительный комплекс имеющихся ресурсов органических удобрений требует проведения их всесторонней оценки, особенно в зависимости от почвенно-климатических условий России [1,2]. Показатели эффективности органических удобрений могут быть использованы для решения комплекса задач: определения оптимальных доз внесения органических удобрений в севооборотах с учетом почвенно-климатических условий; при разработке планов применения удобрений в хозяйствах; определения валового производства сельскохозяйственной продукции за счет использования основных и нетрадиционных видов и форм органических удобрений; составления перспективных и годовых планов развития сельского хозяйства; оценки эффективности использования органических удобрений в производственных условиях.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследований является определение эффективности различных видов органических удобрений в севооборотах по почвенно-климатическим зонам России.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для разработки нормативных показателей эффективности органических удобрений использованы материалы опытов, проведенных учреждениями Географической сети опытов с удобрениями за

последние 50 лет. Источниками информации служили отчеты по полевым опытам, полученные ФГБНУ ВНИИОУ при разработке "Нормативов прибавок урожая сельскохозяйственных культур от применения органических удобрений на 1991-1995 гг." [3], сборники публикаций Географической сети опытов с удобрениями, а также научные статьи в журналах за период с 1991 по 2009 год.

Показатели эффективности органических удобрений представляют собой оплату 1 т удобрений прибавкой урожая. Они рассчитаны для основных видов органических удобрений: подстильного навоза, подстильного птичьего помета, полужидкого навоза и помета, жидкого навоза, компостов, торфа, сапропелей, отходов городского коммунального хозяйства (ОСВ), соломы, сидератов. Всего в обобщение вошли данные 1610 ротаций севооборотов, включающие 8,3 тысячи наблюдений (вариантов опытов).

В связи со значительным варьированием содержания питательных веществ в бесподстильном навозе и помете, дозы их внесения и окупаемость 1 т прибавкой урожая пересчитаны на стандартное содержание в них азота: полужидкий навоз – 0,35 %, жидкий навоз – 0,15 %, навозные стоки – 0,1 %, полужидкий помет – 0,9 %, жидкий помет – 0,3 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенные исследования показали, что в условиях Российской Федерации 1 т подстильного навоза в зависимости от почвенно-климатических условий, доз внесения и сочетания с минеральными удобрениями дает 0,3 до 1,5 ц з. е. (таблица 1).

Таблица 1. Эффективность подстильного навоза на различных типах почв с учетом последствий в севообороте (по данным опытов Геосети)

Типы почв	Средне- годовая доза внесения навоза, т/га	Фон - без минеральных удобрений			
		коли- чество опытов (ротаций)	средне- годовой урожай без навоза ц з.е./га	прибав- ка от навоза, ц з.е./га	оплата 1т навоза, кг з.е.
Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные	<6,0	122	25,8	7,3	153
	6,0-10,0			8,3	91
	> 10,0			9,6	59
Дерново-подзолистые суглинистые	<6,0	260	24,2	6,7	138
	6,0-10,0			7,6	89
	> 10,0			12,5	79
Серые лесные	<6,0	57	25,4	2,9	85
	6,0-10,0			4,8	61
	> 10,0			7,7	56
Черноземы выщелочен- ные, обыкновенные, типичные, карбонатные	<6,0	401	29,7	3,6	81
	6,0-10,0			5,7	70
	> 10,0			8,2	46
Черноземы южные и каштановые	<6,0	102	18,4	2,1	47
	6,0-10,0			3,5	39
	> 10,0			4,5	32

Наибольшую прибавку урожая обеспечивает использование подстильного навоза на легких дерново-подзолистых почвах – до 1,5 ц з. е., в то время как на южных черноземных и каштановых почвах максимальная окупаемость навоза урожаем не превышает 0,47 ц. з. е. Эффективность органических удобрений снижается в направлении с севера и северо-запада на юг и юго-восток Российской Федерации, что обусловлено увеличением содержания в почвах гумуса и питательных веществ и нарастанием дефицита влаги.

Эффективность навоза возрастает по мере насыщения севооборотов пропашными культурами и, наоборот, с увеличением в севообороте доли многолетних трав и зерновых культур происходит снижение эффективности применяемых органических удобрений (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность подстилочного навоза в различных севооборотах (по данным опытов Геосети)

Севообороты	Средне- годовая доза внесения навоза, т/га	Фон - без минеральных удобрений			
		коли- чество опытов (ротаций)	средне- годовой урожай (без навоза) ц з.е./га	прибавка от навоза, ц з.е./га	оплата 1 т навоза, кг з.е.
Зернопаровой	<6,0	101	14,4	2,0	50
	6,0-10,0			3,7	45
	> 10,0			4,5	33
Зернопаропропашной	<6,0	107	22,3	2,4	58
	6,0-10,0			3,4	43
	> 10,0			4,5	30
Зернопропашной	<6,0	266	26,3	4,1	110
	6,0-10,0			6,8	85
	> 10,0			9,0	59
Зернотравяной	<6,0	69	24,1	3,6	72
	6,0-10,0			6,0	65
	> 10,0			9,5	56
Плодосменный	<6,0	322	28,7	5,3	116
	6,0-10,0			6,9	77
	> 10,0			9,5	62
Пропашной	<6,0	86	35,8	3,1	81
	6,0-10,0			7,3	91
	> 10,0			10,8	55

Высокой эффективностью характеризуется применение птичьего помета и торфопометных компостов. Низкая эффективность отмечается при применении торфа в чистом виде и сапропеля. Использование соломы на фоне минеральных удобрений обеспечивает прибавку урожая в расчете на 1 тонну в 2 раза больше, по сравнению с подстилочным навозом.

С увеличением дозы внесения органических удобрений окупаемость 1 т их прибавкой урожая снижается. Окупаемость навоза на фоне внесения минеральных удобрений примерно в 1,5 раза ниже, чем без внесения минеральных удобрений. Особенно это заметно при использовании высоких доз органических и минеральных удобрений. Поэтому при ограниченных ресурсах органических удобрений лучше применять их в меньших дозах на большей площади пашни.

На основе данных по эффективности удобрений в севооборотах, исходя из структуры почвенного покрова, определены нормативные показатели эффективности органических удобрений по природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации. Они могут быть использованы при разработке планов применения удобрений, определении объемов применения удобрений на перспективу, оценке эффективности удобрений в производственных условиях.

В таблице 3 приведены нормативные показатели эффективности подстилочного навоза.

Таблица 3. Нормативные показатели эффективности подстилочного навоза по природно-сельскохозяйственным зонам России

Природно- сельскохозяйственные зоны	Среднего- довая доза внесения, т/га	Число наблю- дений	Урожай- ность в контроле, ц/га з.е.	Прибавка урожая от навоза, ц/га з.е.	Оплата 1 т навоза, кг з.е.
на фоне без минеральных удобрений					
Южнотаежно - лесная	≤5,0	254	21,8	5,0	123
	5,1-10,0			6,0	73
	10,1-15,0			8,1	65
	>15,0			12,8	64
Лесостепная	≤5,0	123	26,9	3,0	86
	5,1-10,0			4,6	62
	10,1-15,0			6,7	54
	>15,0			8,5	36
Степная	≤5,0	93	30,0	2,6	66
	5,1-10,0			4,3	56
	10,1-15,0			8,7	67
	>15,0			8,5	43
на фоне минеральных удобрений					
Южнотаежно - лесная	≤5,0	327	31,1	5,8	125
	5,1-10,0			5,2	57
	10,1-15,0			5,2	40
	>15,0			6,3	32
Лесостепная	≤5,0	88	34,4	2,8	63
	5,1-10,0			3,6	47
	10,1-15,0			4,6	34
	>15,0			9,4	56
Степная	≤5,0	60	35,4	2,0	53
	5,1-10,0			4,0	55
	10,1-15,0			5,3	43
	>15,0			4,1	19

В связи с недостатком экспериментальных данных по эффективности бесподстилочного навоза и помета, компостов, осадков сточных вод, соломы, зеленых удобрений для расчета оплаты 1т урожаем могут быть использованы коэффициенты сравнительной эффективности разных видов и форм органических удобрений (таблица 4).

В среднем по Российской Федерации нормативная прибавка урожая в зависимости от вида применяемых органических удобрений колеблется от 0,1 до 2,1 ц. з. е. на 1 т, при этом в зернопаровых севооборотах она в 1,8 - 2,2 раза ниже, чем в зернопропашных и пропашных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Эффективность органических удобрений зависит от почвенно-климатических условий, вида и дозы удобрения, содержания в нем питательных веществ, структуры севооборота.
2. Наибольшую прибавку урожая органические удобрения обеспечивают на легких дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны – до 1,5 ц. з.е. на 1 т. Эффективность органических удобрений снижается в направлении с севера и северо-запада на юг и юго-восток страны, что объясняется увеличением содержания в почвах гумуса и питательных веществ и нарастанием дефицита влаги.
3. Высокой эффективностью характеризуется применение органических удобрений на основе птичьего помета (подстилочный и бесподстилочный помет, торфопометные компосты). Низкая эффективность отмечается при применении торфа в чистом виде и сапропеля.

Таблица 4. Коэффициенты сравнительной эффективности различных видов и форм органических удобрений по оплате 1т прибавкой урожая в севообороте

Вид и форма удобрений	Поправочный коэффициент
Навоз подстилочный	1,0
Бесподстилочный полужидкий навоз	0,5
Бесподстилочный жидкий навоз	0,3
Стоки навозные	0,1
Подстилочный птичий помет	2,0
Бесподстилочный полужидкий птичий помет	1,4
Бесподстилочный жидкий птичий помет	0,6
Торфонавозные компосты	0,7
Торфопометные компосты	1,4
Торф	0,4
Сапропель	0,3
Осадки сточных вод	0,6
Солома на фоне NPK	2,0
Сидераты	0,9

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Еськов А.И., Новиков М.Н., Лукин С.М. Тарасов С.И., Рябков В.В., Касатиков В.А., Тужилин В.М., Русакова И.В., Тысленко А.М., Еськова Л.И., Гладков А.А., Андреев В.А., Юркин С.Н., Суханов В.А., Каскин К.К., Мерзлая Г.Е. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. Владимир: ВНИПТИОУ, 2001. 493 с.
- [2]Еськов А.И., Лукин С.М., Анисимова Т.И., Брайцева В.И., Еськова Л.И., Игнатова С.И., Касатиков В.А., Маругина Н.И., Новиков М.Н., Рябков В.В., Тарасов С.И., Тужилин В.М., Тысленко А.М., Русакова И.В., Шилов Г.Е., Шилова Н.А., Никитин В.А. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России (информационно-аналитический справочник), Владимир: ГНУ ВНИПТИОУ Россельхозакадемии, 2006. 200 с.
- [3]Нормативы прибавок урожая сельскохозяйственных культур от применения органических удобрений. Владимир: ВНИПТИОУ, 1990. 124 с.

Глава IV/32: ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДородия и ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ Chapter IV/32: Increase of Fertility and Productivity of Soils of Azerbaijan by Organic Fertilizers

Паша Заманов, Рагим Пашаев*, Эльмира Векилова

DOI 10.25680/4622.2018.91.33.297

*Эл. Почта: ragim.pasha@aport2000.ru

Институт Почвоведения и Агрохимии Национальной Академии Наук Азербайджана
AZ1073 г. Баку ул. М. Рагима 5, Азербайджан

РЕЗЮМЕ. Приведены результаты многолетних научно-исследовательских работ по оценке количественного и качественного состояния большого количества органических отходов, накапливающихся в различных зонах Азербайджанской Республики и загрязняющих окружающую среду, которые можно использовать в качестве органических удобрений под сельскохозяйственные культуры. Результаты полевых опытов выявили положительные аспекты органических отходов в поддержании плодородия почв: при их использовании увеличивалось количество питательных элементов (NPK) и гумуса в почве. Применение органических отходов в Азербайджане под различные сельскохозяйственные культуры приобретает все большую актуальность. При этом решается проблема охраны окружающей среды, когда отходы из источника ее загрязнения превращаются в ценное сырье для получения удобрений.

Abstract. We present results of long-term scientific research on the assessment of the quantitative and qualitative condition of large amount of organic waste which can be used as organic fertilizer for agricultural crops. Currently, the organic material accumulates in various areas of the Azerbaijan Republic and pollutes the environment. The results of field experiments revealed the positive aspects of organic wastes in maintaining soil fertility: their use increases the amount of nutrients (NPK) and humus in the soil. The use of organic waste in Azerbaijan under different crops is becoming increasingly important. This helps to solve a problem of protection of the environment when waste from the source of pollution becomes a valuable raw material for producing fertilizers.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: плодородие почв Азербайджана, органические удобрения, урожайность сельскохозяйственных культур

Keywords: soil fertility of Azerbaijan, organic fertilizers, crop yields

ВВЕДЕНИЕ

Почва может обеспечивать биологическую продуктивность в течение долгого времени, но также способна очень быстро утрачивать свой природный потенциал – плодородие. Поэтому необходимы охрана и рациональное использование почвы, которую Стокгольмская конференция ООН (1972 г.) признала жизненно важным и ограниченным ресурсом [1]. Давая оценку плодородию почвы, следует прежде всего обратить внимание на обеспечение почвы органическим веществом. Органическое вещество выполняет в почве 2 важные функции, которые недоступны современным агрохимическим технологиям и сельскохозяйственной технике: 1) сохранение хорошего структурного состояния почвы, когда отдельные почвенные коллоиды объединяются в более крупные агрегаты с образованием стабильной почвенной структуры, благодаря этому становится возможным интенсивный газовый обмен, легкое проникновение влаги, активный рост корней и высокая биологическая активность; 2) питательные вещества и вода связаны достаточно рыхло, и они медленно и непрерывно поступают в растения. Поэтому органическое вещество обеспечивает высокое содержание в почве стабильных почвенных структур и выполняет функции трансформатора питательных веществ и воды [1]. Научой и практикой установлено, что длительное применение одних минеральных удобрений приводит к снижению содержания в почвах гумуса, уменьшению потенциальной возможности почв обеспечивать получение высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и способности почв переводить остатки пестицидов, тяжелых металлов в недоступные для растений соединения [2]. Известно, что важным приемом повышения плодородия почв, позволяющим улучшить их физические, водно-физические и агрохимические свойства, является внесение органических удобрений [3]. Проведенными исследованиями выявлено, что для сохранения плодородия и продуктивности почвы необходимо ежегодно вносить органические удобрения по 10-12 т/га, чтобы вернуть в почву то количество элементов питания, которое выносят сельскохозяйственные растения: азота - 75-80, фосфора - 25-30, калия - 60-70 кг/га, 500 кг/га растворимого гумуса и других элементов, в которых нуждаются растения. Каждая тонна органических удобрений содержит в среднем: 50-100 кг гумуса, 5-10 кг азота, 2.5-3.0 кг фосфора, 4-6 кг калия в чистом виде, а также микроэлементы и полезные микроорганизмы [4]. В пахотных почвах Азербайджанской Республики за прошедший период при длительном возделывании сельскохозяйственных культур без применения или с использованием недостаточных количеств удобрений происходила своеобразная «биологическая» деградация почвы. Это объясняется тем, что, теряя гумус, почва теряет способность поглощать и удерживать воду, при этом усугубляются процессы дегумификации и истощения запасов питательных веществ [5]. Проведенные расчеты показали, что при наличии в республике 1700000 га земель, занятых под сельскохозяйственные культуры, необходимо вносить 20.4 млн. т органических удобрений из расчета 12 т/га. Традиционное удобрение – навоз по праву занимает среди удобрений главное место. Однако в Азербайджане годовое производство навоза не превышает 9 млн. т, что может обеспечить только 750000 га площади. Почти 1 млн. га пашни долгие годы не удобряют, кроме того имеющийся в хозяйстве навоз употребляют под сельскохозяйственные культуры в парниках и теплицах. Посевные площади основных культур (хлопчатника, табака, кукурузы, зерновых, плодовых) не получают органические удобрения. Это, естественно, приводит к уменьшению количества гумуса, ухудшению агрохимических и структурно-агрегатных свойств почвы. Поэтому возникает острая необходимость изыскания новых источников для обеспечения посевных площадей республики

органическими удобрениями [6]. Решением этого вопроса занимается лаборатория органических удобрений Института Почвоведения и Агрохимии НАН Азербайджана. Цель работы – изучение возможности поддержания плодородия почв Азербайджана при использовании местных органических отходов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки количественной ситуации с местными органическими отходами в каждой зоне Азербайджана были проведены экспедиции, которые выявили запасы органических отходов в Республике.

Для изучения влияния органических отходов на содержание питательных элементов, гумуса в почве и урожайность сельскохозяйственных растений были заложены полевые опыты в различных зонах Азербайджана: 1) Апшеронский полуостров под культурой миндаль в условиях орошаемых серо-бурых почв; 2) Нахичеванской Автономной Республики под табак в условиях орошаемых сероземов; 3) Ленкоранской зоне под культурой чай в условиях желтоземно-подзолистых почв; 4) Ширванской зоне под культурами хлопчатник и подсолнечник в условиях орошаемых серо-луговых почв.

Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. В опытах испытывали действие бытовых отходов, навоза, растительных остатков, ила пресноводных водоемов, компостов и др. Все материалы, использованные в качестве органических удобрений, брали в дозе от 10 до 40 т/га, их вносили перед основной вспашкой.

По концентрации загрязняющих веществ они соответствовали нормативным требованиям. Все агротехнические мероприятия (полив, борьба с вредителями растений и др.) проводили согласно агроправилам которые приняты для данных зон.

Лабораторные анализы по выявлению количества питательных элементов в отходах проводили по общепринятым методикам. В почвенных образцах содержание гумуса определяли по методу Тюрина, аммиачный азот – фотоколориметрическим методом с реактивом Несслера, подвижный фосфор – по Мачигину, обменный калий – по Масловой. Пробы растительных отходов анализировали на содержание азота, фосфора и калия после мокрого озоления смесью серной и хлорной кислот по методу Гинзбург. Количество органического вещества во всех анализируемых образцах определяли методом сжигания проб в муфельной печи [7]. Компосты из отходов изготавливали методом биологической конверсии [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значительный ущерб природе и здоровью людей может нанести вмешательство в природные круговороты веществ - активная производственная и сельскохозяйственная деятельность, а также образование бытовых отходов. Основным критерием загрязнения окружающей среды является привнесение новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов или превышение их естественного уровня. При этом загрязнению подвергаются атмосфера (воздушная среда), гидросфера (водная среда) и литосфера (твердая поверхность) Земли. Для предотвращения загрязнения поверхности Земли необходимы предупредительные меры: не допускать засорения почв промышленными и бытовыми сточными водами, твердыми бытовыми и промышленными отходами; проводить санитарную очистку почв и территорий населенных мест, где такие нарушения были выявлены.

Исследования и расчеты лаборатории показали, что в Азербайджане имеется около 40 наименований органических отходов весом почти 22 млн. т. К таким источникам относятся бытовые и коммунальные отходы, сухой осадок сточных вод, ботва сельскохозяйственных растений, подстилка лесных и других зеленых насаждений, отходы промышленной переработки сельскохозяйственных продуктов и опилки деревообрабатывающих заводов, зеленые и сухие подрезки виноградных, чайных и плодовых плантаций, соли минеральных и термальных вод, илы пресноводных водоемов, производимый в республике навоз (крупнорогатого скота, овечий, птичий, свиной, лошадиный) и т.п. Было установлено, что 21.8 млн. т этих отходов и загрязнителей окружающей среды содержат: 176 тыс. т азота, 75 тыс. т фосфора, 212 тыс. т калия в чистом виде, более 6400 тыс. т органических веществ, а также значительное количество микроэлементов и полезных микроорганизмов. При переводе на стандартные удобрения содержание в составе отходов азота, фосфора и калия в чистом виде составляет 1790 тыс. т минеральных удобрений, из них 862 тыс. т азотных, 396 тыс. т фосфорных, 529 тыс. т калийных удобрений (табл. 1).

Таблица 1. Органические отходы, загрязняющие окружающую среду Азербайджанской Республики, и содержание в них необходимых для растений элементов питания

№	Названия отходов	Количество отходов (тыс. тонн)	Содержание в составе отходов минеральных элементов питания (НРК) в чистом виде (тыс. тонн)					При переводе на вес стандартных минеральных удобрений (тыс. тонн)		
			N	P	K	Общее содержание минеральных элементов	Органическое вещество	Азот (коэф. 4,9)	Фосфор (коэф. 5,3)	Калий (коэф. 2,5)
1	Навоз	9000	62.1	27.0	90.0	179.1	2160.0	304.3	143.1	225.0
2	Коммунально-бытовые отходы	5600	28.0	21.3	43.7	93.0	1792.0	137.2	112.9	109.3
3	Торф	119	9.0	0.5	1.2	10.7	70.0	44.1	2.7	3.0
4	Растительные остатки	837	10.8	4.2	24.3	39.3	293.0	53.0	22.3	60.8
5	Производственные отходы	476.5	5.3	5.7	13.3	24.3	133.4	26.0	30.2	33.3
6	Осадки сточных вод	1200	8.4	4.8	30.0	43.2	432.0	41.2	25.4	75.0
7	Лесная подстилка, в том числе подстилка от озеленения городов	170	3.7	1.0	4.6	9.3	61.2	18.1	5.3	11.5
8	Илы пресноводных водоёмов	4400	48.4	10.1	4.4	62.9	1408.0	237.2	53.6	11.0
9	Сидеральные культуры	20	0.12	0.026	0.082	0.228	7.4	0.6	0.14	0.2
Всего		21822.5	175.82	74.6	211.6	462.0	6357.0	861.7	395.6	529.1

Данные свидетельствуют, что количество общего азота в полуперепревшем навозе крупного, мелкого рогатого скота, конском и свином составляет соответственно 0.69, 0.86, 0.59 и 0.84%, в птичьем помете – 1.63%; фосфора – соответственно 0.30, 0.47, 0.26, 0.58 и 1.54%; калия – 1.0, 0.86, 0.59, 0.62 и 0.85%; органического вещества – 24.0, 28.0, 22.6, 21.9 и 44.0%.

В растительных остатках сельскохозяйственных культур среднее содержание азота составляет 2.0, фосфора – 0.5, калия – 2.1, органического вещества – 23.9%, в иле пресноводных водоемов – соответственно 1.0, 0.4, 1.1 и 26.0%, в бытовых отходах – 0.26, 0.25, 1.2 и 32.0%.

Учитывая приведенные данные о составе органических отходов и исходя из их неравномерного размещения по зонам, были разработаны технологии приготовления компостов в каждой отдельной зоне Азербайджана и их использования в различных видах, дозах и соотношениях под сельскохозяйственные культуры. Отдельно изучали содержание питательных элементов в их составе, их действие на агрохимические свойства, экологию и содержание гумуса в почве. Каждый из приготовленных компостов, согласно имеющимся в данной зоне отходам, имел свой состав и название [8].

Компост «Апшерон» получен из следующих компонентов: твердый бытовой отход (ТБО) – 40, осадки сточных вод (ОСВ) – 30, навоз – 10, остатки сельскохозяйственных культур – 15, зола – 3, комплексное органо-минеральное микроудобрение – 1, соль Дарыдагской термальной воды (по названию горы Дарыдаг) – 1%. Химический состав компоста: N – 1.95, P₂O₅ – 1.37, K₂O – 1.63, органическое вещество – 24.0%. Компост «Апшерон» применяли под миндаль в условиях орошаемой серо-бурой почвы Апшеронского полуострова. При этом прибавка урожая миндаля с каждого гектара составила 4.0 ц. по сравнению с контролем б/у [9].

В состав компоста «Нахчыван» входят следующие компоненты: навоз – 50, батабатский торф (по названию озера Батабат в Нахчыванской автономной Республике) – 10, отходы консервного завода – 10, ботва сельскохозяйственных растений – 10, птичий помет – 10, простой суперфосфат – 4, сульфат аммония – 4, зола – 2%. Химический состав компоста: N – 1.50, P₂O₅ – 0.85, K₂O – 1.15, органическое вещество – 32%. Компост применяли под табак в условиях орошаемого серозема Нахчыванской АР. Прибавка урожая табачного листа с каждого гектара составила 12 ц. по сравнению с контролем б/у [10].

В состав компоста «Лянкяран» входят: навоз – 50, отходы чайных плантаций и овощных культур – 38, птичий помет – 10, простой суперфосфат – 1, сульфат аммония – 0.5, комплексное органоминеральное микроудобрение – 0.5%. Химический состав: N – 1.36, P₂O₅ – 0.65, K₂O – 1.34, органическое вещество – 27.7%. Компост вносили в желтоземно-подзолистую почву Лянкяранского р-на на чайной плантации, при этом прибавка урожая зеленого чайного листа с каждого гектара составила 3.7 ц. по сравнению с контролем б/у [11].

Компост «Ширван» изготовлен из следующих отходов: навоз – 60, отходы консервного завода – 10, ботва сельскохозяйственных культур – 10, птичий помет – 10, лесная подстилка – 6, простой суперфосфат – 2, сульфат аммония – 2%. Химический состав компоста: N – 1.30, P₂O₅ – 0.82, K₂O – 1.02, органическое вещество – 41%. Компост «Ширван» применяли под хлопчатник в условиях орошаемой серо-луговой почвы Уджарского р-на, при этом прибавка урожая хлопка-сырца с гектара составила 2.8 ц. по сравнению с контролем б/у.

Результаты влияния органических отходов, распространенных в Ширванской зоне, на содержание усвояемых питательных элементов и гумуса в серо-луговой почве Уджарского р-на под культурой подсолнечника приведены в табл. 2.

Согласно полученным данным, содержание аммиачного азота в пахотном слое почвы при внесении бытовых отходов возросло на 18.1, при внесении навоза – на 17.8, при внесении растительных остатков – на 15.1 мг/кг почвы, при внесении ила пресноводных водоемов – на 12.8 мг/кг почвы по сравнению с контрольным вариантом, где оно составляло 16.5 мг/кг почвы.

Таблица 2. Влияние органических отходов, распространенных в Ширванской зоне, на содержание питательных элементов и гумуса в серо-луговой почве под культурой подсолнечника

№	Варианты	Аммиачный азот, мг/кг почвы	Подвижный фосфор, мг/кг почвы	Обменный калий, мг/кг почвы	Гумус, %
1	Контроль б/у	16.5	22.0	275.0	2.0
2	Бытовые отходы 20 т/га	34.6	28.0	402.0	2.10
3	Навоз 20 т/га	34.3	27.8	394.0	2.09
4	Растительные остатки 20 т/га	31.6	27.1	378.0	2.05
5	Ил пресноводных водоемов 20 т/га	29.3	26.0	355.0	2.02

Количество подвижного фосфора возросло соответственно в вариантах опыта на 6.0, 6.8, 5.1, 4.0 мг/кг почвы по сравнению с контролем (22.0 мг/кг почвы); обменного калия – на 127, 119, 103, 80.0 мг/кг почвы по сравнению с контролем (275 мг/кг почвы.); содержание гумуса – на 0.10, 0.09, 0.05, 0.02% по сравнению с контролем (2.0%) [12].

Проведенные полевые опыты с хлопчатником, кукурузой, табаком, чаем, зерновыми, овощными, плодовыми культурами выявили положительное влияние использования органических отходов, как на повышение плодородия почвы, так и на продуктивность растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Использование различных видов и доз компостов способствовало увеличению содержания гумуса, доступных форм питательных элементов (NPK) в почве.
2. В соответствии с результатами исследования предложены дозы удобрений для поддержания естественного плодородия почв республики. В настоящее время проводятся научно-исследовательские работы по выявлению путей получения высоких, экологически чистых урожаев однолетних и многолетних культур методом улучшения почвы с помощью местных отходов, по разработке режима питания (за счет органических удобрений) овощных, кормовых и технических культур в различных почвенно-климатических условиях республики.
3. Применение органических отходов в Азербайджане под различные сельскохозяйственные культуры приобретает все большую актуальность. При этом решается проблема охраны окружающей среды, когда отходы из источника ее загрязнения превращаются в ценное сырье для получения удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Buchner A., Sturm H., Gezielter Duengen. Die organische Substanz des Bodens. Frankfurt (Main), 1979. p.34–108.
- [2] Титова В.И., Дабахова Е.В., Ветчинников А.А. Влияние различных видов органических удобрений на воспроизводство плодородия нарушенных почв // *Агрохимия*. 2011. № 5. С.9-17.
- [3] Алиев С.А. Условия накопления и природа органического вещества почв. Баку, 1966. 280 с.
- [4] Zamanov P.B., Pashayev R.A., Vekilova E.M. Soil fertility and plant productivity rise by the organic wastes application // *Word Congress Soil Sci. Thailand*, 2002. V. II. p.520.
- [5] Заманов П.Б., Исаева Ф.Г., Векилова Э.М., Талыбова С.Т., Рустамова Э.Э., Шахмамедова Л.Ш. Действие новых видов органических удобрений на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // *Тр. по почвоведению и агрохимии*. Баку, 2004. с.544-560.
- [6] Векилова Э.М., Талыбова С.Т., Исаева Ф.Г., Агаев А.З. Роль органических удобрений в улучшении почвенных процессов // *Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. «Актуальные проблемы земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства»*. Пенза, 2004. с.74-75.
- [7] *Практикум по агрохимии* / Под ред. Ягодина Б.А. М.: Агропомиздат, 1987. 512 с.
- [8] Заманов П.Б., Векилова Э.М. Методы приготовления путем биоконверсии на базе местных отходов новых экологически чистых органических удобрений и их эффективность // *Мат-лы I Международ. научн.-техн. конф. «Современные проблемы экологии, методы и средства их решения»*. Баку, 1994. с.43–44.
- [9] Пашаев Р.А. Эффективность использования ила пресноводных водоемов в качестве удобрения // *Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. «Интеграция науки и бизнеса в агропромышленном комплексе»*, том 3, Курган ГСХА, 2014. с.271–274.
- [10] Исаева Ф.Г., Талыбова С.Т., Векилова Э.М., Агаев А.З. Влияние отходов производства на урожайность сельскохозяйственных культур // *Мат-лы IV съезда Докучаевского общ-ва почвоведов «Почвы– национальное достояние России»*. Новосибирск, 2004. с.58.
- [11] Векилова Э.М. Эффективность применения органических отходов под культуру чая // *Аграрная наука Азербайджана*. 2008. № 3. с.50–51.
- [12] Пашаев Р.А. Влияние иловых отложений пресноводных водоемов на плодородие орошаемых серо-луговых почв под культурой подсолнечник // *Почвоведение и Агрохимия Национальной Академии Наук Азербайджана*, том 21 № 3, Баку «Элм» 2013, с.132-136

Глава IV/33: ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ
Chapter IV/33: Fertility of Sod-Podzolic Soils and Efficiency of Fertilizers in Agricultural Landscapes of North-West Russia

Алексей И. Иванов^{*1,2}, Жанна А. Иванова¹, Александр А. Конашенков¹

DOI 10.25680/5826.2018.36.95.298

*Эл. Почта: ivanovai2009@yandex.ru

1. Агрофизический научно-исследовательский институт 98 ул, Гражданский пр., 14, 195220 г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

2. Северо-Западный научный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, ш. Подбельского, 7, 196608 г. Санкт-Петербург - Пушкин, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ. Воспроизводство почвенного плодородия – ключевой вопрос организации товарного земледелия в зоне распространения дерново-подзолистых почв [1-5]. В серии полевых экспериментов установлено: по степени неоднородности свойств агроландшафты и почвенные комбинации авто- и полугидроморфных дерново-подзолистых почв формируют убывающий ряд: литогенные мозаики на холмистых равнинах > литогенные мозаики на моренных равнинах > комплексы на холмистых равнинах > комплексы на озерно- и водно-ледниковых равнинах > пятнистости на равнинах разного генезиса; повышение плодородия дерново-подзолистых почв до хорошего и высокого уровня увеличивает продуктивность полевых и овощных севооборотов в 2,8-4,2 и 3,7-5,0 раз; моноазотные системы удобрения на окультуренных почвах, увеличивают продуктивность севооборотов на 24-46 %; точные системы удобрения повышают окупаемость 1 кг NPK урожаем овощных культур на 18-21 %, полевых культур – на 12-17 %, рентабельность – на 38-49 %.

Abstract. Reproduction of soil fertility is a key issue of organizing commercial agriculture in the area the distribution of sod-podzolic soils [1-5]. In a series of field experiments the degree of heterogeneity was determined for properties of agricultural landscapes and for soil associations of auto- and semi-hydromorphic sod-podzolic soils. They range in the following decreasing order: lithogenic mosaic in the rolling plains > lithogenic mosaic on morainic plains > complexes in the rolling plains > complexes of lake – and glacier formed plains > spotting on plains of different genesis. Increasing the fertility of sod-podzolic soils to good and high level increases the productivity of field and vegetable crop rotations in the 2.8-to 4.2 and 3.7-5.0 times. Nitrogen fertilizers on cultivated soils increase the productivity of crop rotations by 24-46 %. Precision fertilizer application increases the efficiency of 1 kg NPK harvest of vegetable crops by 18-21 %, of field crops by 12-17 %, and the profitability by 38-49 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дерново-подзолистая почва, агроландшафт, плодородие, агрономическая эффективность, точная система удобрения

Keywords: sod-podzolic soil, landscapes, fertility, agronomic efficiency, precise fertilization system

ВВЕДЕНИЕ

Воспроизводство почвенного плодородия – ключевой вопрос организации товарного земледелия в зоне распространения дерново-подзолистых почв, отличающихся комплексом неблагоприятных агропроизводственных свойств. Академик Прянишников [1], подводя итоги длительных сравнительно-географических исследований, так оценил их: «Дерново-подзолистые почвы столь бесплодны от природы, что земледельцу приходится больше заботиться не о сохранении их плодородия, а о воссоздании его заново». На эффективность регионального земледелия негативно влияет низкая гумусированность и повышенная кислотность почв, неудовлетворительное мелиоративное и культуртехническое состояние сельскохозяйственных земель (переувлажненность, мелкоконтурность, закустаренность и завалуненность), а также выраженная пространственная неоднородность [2,3,5]. К началу 90-х годов доля хорошо окультуренных почв увеличилась до 17-20 % [3-5]. Средневзвешенные показатели пахотных почв при этом увеличились по pH_{KCl} с 5,1 до 5,5, содержанию подвижных фосфатов и калия – с 78 до 135 и со 122 до 152 мг/кг соответственно. У хорошо окультуренных почв Псковской области pH_{KCl} достиг значения 6,4, содержание гумуса – 2,4 %, легкогидролизуемого азота – 72 мг/кг, подвижного

фосфора и калия - 293 и 207 мг/кг, соответственно [4,5]. В условиях глубокого кризиса в прошедшие 20 лет товарное земледелие региона сконцентрировалось на наиболее окультуренных почвах, подвергая их риску скрытой деградации [6]. Целью исследования, проводимого с конца 80-х годов, был поиск средств и методов управления продукционным процессом посевов и повышения плодородия зональных почв, гарантирующих высокую экономическую эффективность и экологическую безопасность. Его основными направлениями были: оценка фактического состояния и происхождения пространственной неоднородности важнейших агропроизводственных свойств почвы; комплексное изучение эффективности обоснованных вариантов системы удобрения в различных севооборотах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение неоднородности важнейших агропроизводственных свойств дерново-подзолистых почв осуществлялось в серии агроэкологических полигонов общей площадью более 5000 га. Для их обследования применялась методика геореференсированного прецизионного обследования с растром опробования 0,25 га [7]. Агроэкологические полигоны размещались на различных типах агроландшафтов (моренных, водно- и озерно-ледниковых равнинах, моренных холмистых возвышенностях), занятых естественной растительностью и пашней.

Система полевых экспериментов включала 2 длительных фундаментальных эксперимента, 2 ландшафтных опыта и серию детализирующих микрополевых опытов в полиэтиленовых сосудах без дна площадью 1 м². Первый фундаментальный полевой опыт был заложен в 1987 году в учхозе "Удрайское" Великолукской ГСХА на хорошо окультуренной легкосуглинистой остаточно-карбонатной дерново-подзолистой почве на базе зернопропашного севооборота [5,6]. Второй фундаментальный опыт «агрофизический стационар» был заложен в Меньковском филиале АФИ в 2006 г. (рис. 1). Он представляет собой 3-хфакторный стационарный эксперимент в системе зернотравянопропашного и овоще-кормового севооборотов. Первый фактор - тип севооборота, второй – уровень окультуренности почвы (средний, хороший и высокий), третий – минеральная система удобрения (без удобрений - КПД ФАР 1-3 %, НРК1 – КПД ФАР 2-4 % и НРК2 – КПД ФАР 3-5 %). Почва опыта дерново-слабоподзолистая, пылевато-крупнопесчаная супесь.



Рисунок 1 – Общий вид опытных полей Меньковского филиала АФИ (фото Петрушин А.Ф.)
(1 – агрофизический стационар; 2 – ландшафтный полевой опыт)

В фундаментально-прикладных ландшафтных опытах по отработке научных основ точных систем удобрения объектами исследования выступали различные почвенные комбинации (пятнистости дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных почв, мозаики литогенного происхождения, сформированные на морене от песчаного до тяжелосуглинистого гранулометрического состава), культуры полевых и овощных севооборотов, а так же минеральные и органо-минеральные системы удобрения и отдельные приёмы их прецизионного внесения (рис. 2). Дерново-подзолистые почвы опытов имели резкие отличия по степени окультуренности (от слабо до хорошо окультуренных), гранулометрическому составу (от песчаного до

среднесуглинистого), агрофизическим и агрохимическим кондициям. Содержание гумуса в них варьировало от 0,92 до 2,71 %, pH_{KCl} – от 4,34 до 6,35, содержание подвижных фосфатов – от 125 до 550 мг/кг и подвижного калия – от 22 до 456 мг/кг. Учёт урожая во всех опытах проводился сплошным весовым методом. Повторность в опытах 3-5-кратная. Статистическая обработка результатов исследований выполнена дисперсионным методом анализа с использованием пакета статистических программ «STAT».



Рисунок 2 – Обработка ячменя гербицидом в ландшафтном опыте (фото Петрушин А.Ф.)

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе геореференсированного исследования серии агроэкологических полигонов было установлено, что выраженная пространственная неоднородность ^{Мозаика} ^{Пятнистость} является прямым следствием пестроты почвообразующих пород и ландшафтной дифференциации условий почвообразования. По степени неоднородности агроландшафты и почвенные комбинации авто- и полугидроморфных дерново-подзолистых почв на них формируют убывающий ряд: литогенные мозаики на холмистых равнинах > литогенные мозаики на моренных равнинах > комплексы на холмистых равнинах > комплексы на озерно- и водно-ледниковых равнинах разной степени абразии > пятнистости на пологоволнистых равнинах разного генезиса. Антропогенез способен смягчить или обострить пестроту почвенного плодородия. В наиболее контрастных структурах почвенного покрова в виде мозаик литогенный фактор предопределяет варьирование параметров плодородия как в лесу (V – 19–56 %), так и на пашне (V – 17–53 %) (рис. 3).

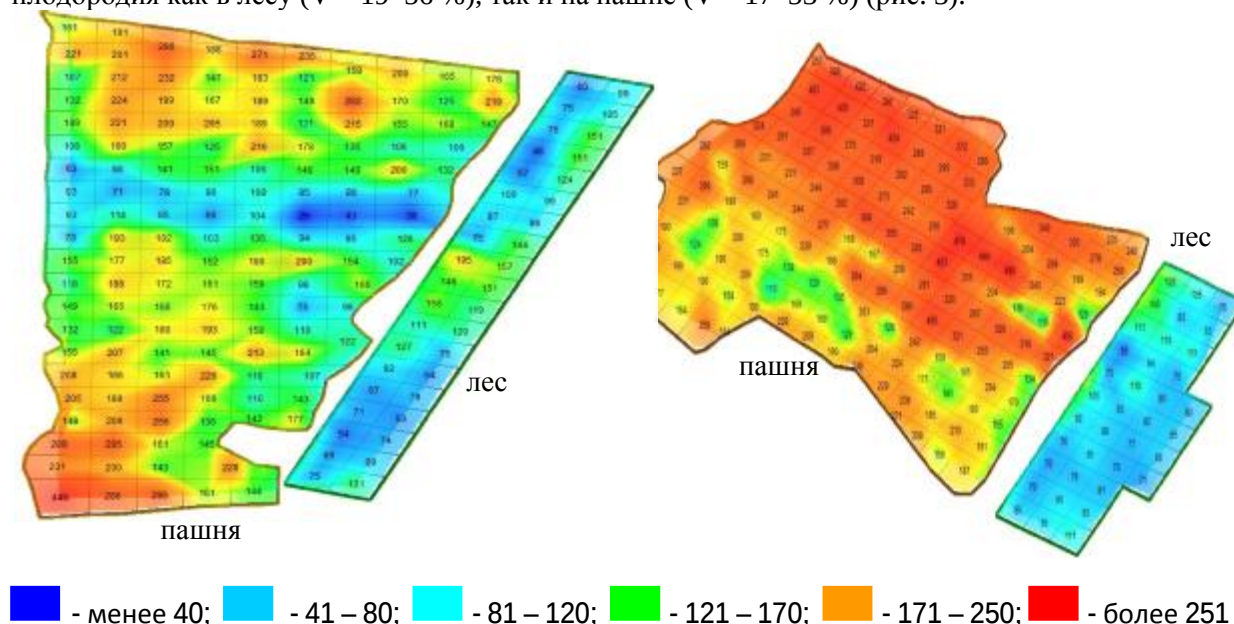


Рисунок 3– Пространственное распределение содержания подвижного калия (мг/кг) в Апах и А1+А2(А2В)

На пятнистостях резче проявляется влияние антропогенного фактора дифференциации ($V = 5-19\%$ - в лесу и $6-26\%$ - на пашне). Грубое нарушение агротехнических требований к равномерности внесения удобрений и мелиорантов в годы химизации привело к увеличению коэффициентов вариации агрохимических свойств в целом по Псковской области с $32-52$ до $78-89\%$ [8]. В стационарном полевом опыте двухкратное за ротацию севооборота внесение по 60 т/га навоза с распространённой в производстве неравномерностью $50-100\%$ привело к увеличению коэффициента пространственной вариации показателей питательного режима в $2,5-12$ раз, существенному росту риска получения некачественной по содержанию нитратов продукции и двухкратному снижению рентабельности и окупаемости (с $10,4$ до $5,1$ кг з.ед./1кг NPK) органической системы за ротацию севооборота [9]. Напротив, научно обоснованная дифференциация доз удобрений и равномерное их внесение внутри однородных контуров позволяют снизить коэффициент пространственной вариации основных агрохимических показателей от 3 до 5 раз за $20-25$ лет. Процесс нивелирования свойств может быть ускорен в $4-5$ раз при использовании точной системы удобрения, базирующейся на прецизионном окультуривании, снизившим вариабельность с $14-67$ до $5-24\%$ за 6 лет [10]. У половины контуров дерново-карбонатного почвенного покрова Ордовикского плато Ленинградской области внутренние коэффициенты вариации свойств превышают 30% , достигая в максимуме $80-100\%$. Пестрота агрофизических свойств существенно меньше, но у контрастных почвенных комбинаций достигает 30 и более %, по таким принципиальным показателям как физическая глина, наименьшая влагоёмкость и др. [7]. Эффективное внесение удобрений здесь проблематично [11].

С экономических позиций оправданным оказался перенос товарного земледелия и части кормопроизводства только на угодья с наиболее плодородными почвами, позволяющими повысить продуктивность в $2,8-4,2$ раза на хорошо окультуренном и в $3,7-5,0$ раз – на высоко окультуренном фоне. Однако их длительное применение привело к развитию скрытых деградационных процессов. По нашим оценкам, среднегодовое ухудшение наиболее важных агропроизводственных характеристик пахотного слоя почвы в зависимости от конкретных условий составило $0,03-0,20$ по pH_{KCl} , $0,015-0,020\%$ - по содержанию гумуса, $6-20$ и $10-80$ мг/кг – по содержанию подвижного фосфора и калия соответственно. Скорость деградационных процессов у высоко- и хорошо окультуренных почв в $2-3$ раза выше, чем у слабо- и среднеокультуренных аналогов. В результате к настоящему времени общая площадь хорошо окультуренных пахотных почв сократилась в $1,5-1,7$ раза. Доля почв с повышенной кислотностью увеличилась до 44% , низким содержанием гумуса – до 63% , калия – до 28% , фосфора – до 11% [12]. Применение навоза лишь несколько сдерживает подкисление почвы и деградацию её калийного состояния, но не предотвращает их. Поэтому часто окультуренные к началу 90-х годов почвы в настоящее время характеризуются ничтожными показателями кислотно-основных свойств (pH_{KCl} $4,0-4,5$; $S_{обм.}$ – $1-3$ смоль(экв)/кг; V – $15-30\%$) и обеспеченности подвижными соединениями калия ($25-60$ мг/кг). Разбалансированное минеральное питание культур на деградированных почвах делает практически невозможным получение качественных овощей и биологически ценных кормов. По данным опытов, здесь вероятно получение продукции, недоброкачественной по содержанию некоторых тяжёлых металлов, даже на фоне благополучного их состояния в почве. Прямым следствием этого стало так же обострение агроклиматических и фитосанитарных рисков.

Органические системы удобрения, как и минеральные на неоднородных дерново-подзолистых почвах в овощных севооборотах существенно уступают органо-минеральным системам. Они не балансируются по азоту и калию. Попытки компенсировать их недостаток гиперинтенсивным применением навоза ($80-120$ т/га в год) привели к резкому усилению выветривания калийсодержащих гидрослюдястых минералов, лёссаважа и переосаждению продуктов миграции в нижней части иллювиального горизонта. В ландшафтных опытах было установлено, что дифференцированное применение органических удобрений обосновано только на фоне высокого уровня пестроты плодородия. Основанием для пространственной дифференциации их доз могут служить данные обеспеченности почвы органическим веществом или высота над уровнем моря при выраженном пересеченном рельефе.

Точная органо-минеральная система удобрения, предусматривающая дозирование с ежегодным учётом фактической неоднородности свойств почвы обеспечила увеличение окупаемости 1 кг NPK относительно принятой системы урожаем овощных культур на $18-21\%$, полевых культур – на $12-17\%$. Агрономическая эффективность точной системы, основанной на прецизионном окультуривании почвы оказалась выше ещё на $3-34\%$. На фоне среднегодовой продуктивности

овощного севооборота в 9,6 – 9,9 т/га з.ед. превосходство в рентабельности перед принятой системой достигло 38 – 49 %, достигнув уровня в 253 – 401 %. При этом существенно снизился коэффициент пространственной вариабельности урожайности овощных и полевых культур с 32 – 53 и 15 – 30 до 9 – 32 и 10 – 15 % соответственно, увеличилось содержание в товарной продукции сырого протеина на 9 – 42 %, калия – на 7 – 59 %, витаминов – на 11 – 128 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Недостаточная окультуренность и повышенная неоднородность свойств почв агроландшафтов Северо-Запада России ограничивают развитие земледелия. Повышение плодородия дерново-подзолистых почв до хорошего и высокого уровня увеличивает продуктивность полевых и овощных севооборотов в 2,8-4,2 и 3,7-5,0 раз.
2. По уровню неоднородности агроландшафты и почвенные комбинации авто- и полугидроморфных дерново-подзолистых почв на них формируют убывающий ряд: литогенные мозаики на холмистых равнинах > литогенные мозаики на моренных равнинах > комплексы на холмистых равнинах > комплексы на озерно- и водноледниковых равнинах разной степени абразии > пятнистости на пологоволнистых равнинах разного генезиса. Действие антропогенного фактора на неоднородность имеет дуалистический характер.
3. На окультуренных дерново-подзолистых почвах высоко эффективны моноазотные системы удобрения, увеличивающие продуктивность севооборотов на 24-46 %. Скрытая деградация достигает среднегодовых параметров 0,03–0,20 по pH_{KCl} , 0,015–0,020 % - по содержанию гумуса, 6–20 и 10–80 мг/кг – подвижного фосфора и калия соответственно.
4. Точные системы удобрения повышают окупаемость 1 кг NPK урожаем овощных культур на 18-21 %, полевых культур – на 11–17 %. На фоне среднегодовой продуктивности овощного севооборота в условиях литогенной мозаики в 9,6–9,9 т/га з.ед. превосходство в рентабельности перед принятой системой достигло 38–49 %, достигнув уровня в 253–401 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Прянишников Д.Н. Об удобрении полей в севооборотах (избр. статьи). М.: МСХ РСФСР, 1962. - 256 с.
- [2]Сапожников Н.А., Корнилов М.Ф. Научные основы систем удобрения в Нечернозёмной зоне. Л.: Колос, 1977. - 296 с.
- [3]Небольсин А.Н. и др. Научные основы и технология использования удобрений и извести. С.-П.: СЗНИИСХ, 1997. - 52 с.
- [4]Иванов И.А., Иванов А.И., Иванова В.Ф. Научно-производственные основы системы удобрения в Нечернозёмной зоне. Великие Луки, 2002. – 216 с.
- [5]Иванов И.А., Спасов В.П., Иванов А.И. Почвы Псковской области и их сельскохозяйственное использование. Великие Луки, 1997. – 273 с.
- [6]Иванов А.И., Иванова Ж.А., Воробьёв В.А., Цыганова Н.А. Агроэкологические последствия длительного использования дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 2016. - № 4. – С. 10 – 17.
- [7]Иванов А.И. и др. Оценка параметров пространственной неоднородности показателей почвенного плодородия // Агрохимия. – 2014. - № 2. – С. 39 – 49.
- [8]Конашенков А.А. Научное обоснование систем удобрения для прецизионного применения в условиях Северо-Запада России. Автореф. дисс. докт. с.-х. наук. СПб.: АФИ, 2014. – 40 с.
- [9]Иванов А.И., Конашенков А.А. Агроэкологические последствия неравномерного внесения навоза в овощном севообороте // Агрохимия. – 2012. - № 6. – С. 66 – 72.
- [10]Иванов А.И., Конашенков А.А. Методико-технологические аспекты и результаты оценки точных систем удобрения // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. - № 3. – С. 20-24.
- [11]Якушев В.П. и др. Реализация системы удобрения в точном земледелии // Земледелие. – 2008. – № 5. - С. 18 – 20.
- [12]Архипов М.В. и др. Оценка биопотенциала производства продовольствия в Северо-Западном регионе России. С-Пб.-Пушкин, 2016. - 136 с.

**Глава IV/34: ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗИРОВОК И СООТНОШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЛАНДШАФТНОМ
ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

**Chapter IV/34: Optimization of Dosages and Ratios of Nutrition Elements of Agricultural Crops in
Landscape Agriculture**

Иван И. Гуреев

DOI 10.25680/5356.2018.93.30.299

Эл. Почта: gureev06@mail.ru

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, ул. Карла Маркса 70Б, 305021 Курск, Россия
Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова, ул. Карла Маркса 70, 305021
Курск, Россия

РЕЗЮМЕ. На основе функциональной листовой диагностики созданы метод и прибор инструментального диалога человека с растением, как с живым существом. Следствием формализации этого диалога явилось программное обеспечение и оптимизационная компьютерная модель потребности растений в неограниченном количестве элементов питания, впервые учитывающая «online» взаимодействие между ними. В модели заложено уникальное свойство, позволяющее нейтрализовать негативное влияние на растения находящихся в почве избыточных питательных веществ коррекцией дозровок дефицитных элементов. Посредством модели математическими методами оперативно «по запросу растений» формируют сбалансированные удобрительные смеси и оптимизируют питательную среду. Экономико-экологическая эффективность инновации подтверждена Государственными испытаниями, проведенными Центрально-Чернозёмной машиноиспытательной станцией (Курская область, Россия).

Abstract. On the basis of functional leaf diagnostics, a method and instrument of an instrumental dialogue of a person with a plant, as with a living being, was created. The consequence of the formalization of this dialogue was software and an optimization computer model of the plants' need for an unlimited number of power elements, which for the first time takes into account the "online" interaction between them. The model contains a unique property that allows neutralizing the negative effect on the plants of excess nutrients in the soil by correcting the dosages of scarce elements. By means of a mathematical model, the balanced fertilizer mixtures and optimize the nutrient medium are promptly "requested by plants". The economic and ecological efficiency of innovation is confirmed by State tests conducted by the Central Chernozem Machine Testing Station (Kursk Region, Russia).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ландшафтное земледелие, функциональная диагностика, элементы питания, хлоропласты, фотохимическая активность, микроудобрение, ячмень, озимая пшеница, листовая подкормка.

Keywords: landscape agriculture, functional diagnostics, nutrition elements, chloroplasts, photochemical activity, micro fertilizer, barley, winter wheat, foliar top dressing.

ВВЕДЕНИЕ

Наращивание производства качественной земледельческой продукции невозможно без сбалансированной обеспеченности растений удобрениями в течение всей вегетации. С другой стороны, нерациональное использование удобрений, помимо удорожания продукции, ведёт к ухудшению её качества, закислению почв и другим негативным экологическим последствиям. Поэтому актуальна систематическая диагностика потребности растений в питании, особенно в ландшафтном земледелии, предполагающем углубленную адаптацию системы удобрения к вариabельным условиям агроландшафта. Широко используемая почвенная диагностика балансовым методом ориентирована на внесение основного удобрения и недостаточна для оптимизации питания растений. Ограниченный макроэлементами питания балансовый метод не учитывает взаимодействия между питательными веществами в растениях и вариabельности почвенно-климатических условий, сказывающейся на усвоении подвижных форм. Наиболее приближена к физиологическим процессам в растениях функциональная листовая диагностика, дополняющая почвенную диагностику и обеспечивающая максимальный уровень адаптивности.

Базируется она на свойствах хлоропластов растений, фотохимическая активность которых взаимосвязана с потребностью в элементах питания (метод Плешкова А.С. и Ягодина Б.А.) [1]. Однако известным методом диагностирование каждого из элементов питания проводят обособленно от других компонентов питательной среды, отчего невозможно оценить их взаимодействие и оптимальное соотношение, оказывающее определяющее действие на продуктивность растений и качество урожая [2]. Это разбалансирует систему питания растений и порождает неопределённость – если дефицит элементов можно восполнить подкормками, то на их избыток известным методом влиять невозможно.

ЦЕЛЬ МЕТОДА

Важной предпосылкой эффективного использования удобрений является учёт взаимодействия в растениях между элементами питания при диагностировании их потребности. Для этого необходимо формализовать модель взаимоувязанного факторного пространства по влиянию элементов питания на фотохимическую активность хлоропластов, позволяющей с учётом связи между элементами оценить долю влияния каждого из них и отсеять второстепенные.

ПРИНЦИП И ПРОЦЕДУРА

Модель взаимоувязанного факторного пространства формализуют по данным, полученным способом математического планирования эксперимента. При наличии модели математическими методами оптимизируют питательную среду [3, 4]. На начальном этапе оптимизации питания конкретной культуры выделяют элементы, значимо влияющие на фотохимическую активность хлоропластов (Рисунок 1).

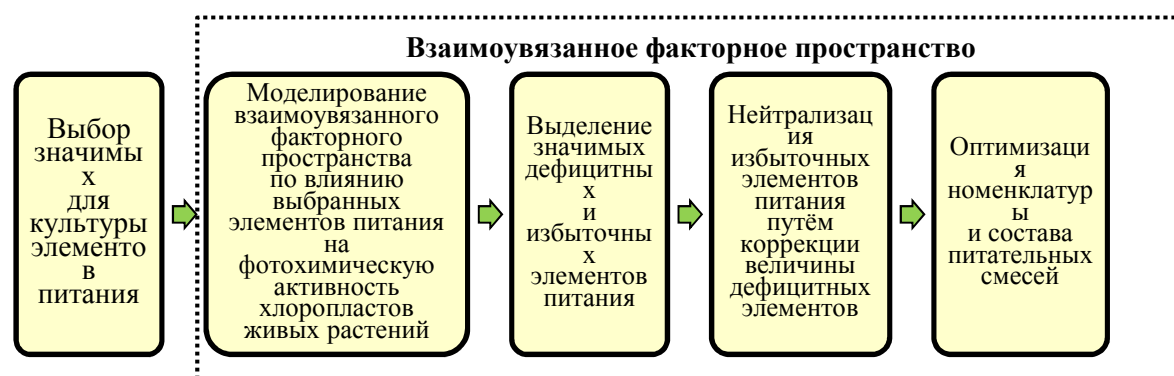


Рисунок 1 – Алгоритм оптимизации питания сельскохозяйственных культур

Затем испытанием неповторяющихся смесей элементов питания реализуют план эксперимента и формализуют взаимоувязанное факторное пространство. В основу плана эксперимента положена кибернетическая модель с входными управляемыми факторами (элементами питания) и выходным критерием оптимизации (относительным показателем фотохимической активности хлоропластов Y):

$$Y = 100 \frac{F - F_6}{F_6}, \%;$$

где F – фотохимическая активность хлоропластов в присутствии смесей диагностируемых элементов питания;

F_6 – базовая величина фотохимической активности без использования питательных смесей.

В соответствии со свойствами хлоропластов положительное значение Y свидетельствует о дефиците, отрицательное – об избытке элемента питания. Для сокращения трудоёмкости эксперимента без существенной потери информативности вместо полного плана эксперимента используют дробную реплику (метод дробной реплики) [5]. После реализации плана дробной реплики с помощью диаграмм рассеяния по величине отклика $|Q_i|$ выделяют i -ые значимые дефицитные и избыточные элементы питания. Выделение элементов ограничивают при $|Q_i| < Q_{ik}$:

$$Q_{ik} = \frac{2t_{кр}}{n} \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^n S^2\{Y_j\}};$$

где $S^2\{Y_j\}$ дисперсия в j -ой строке плана дробной реплики;
 $t_{кр}$ критерий Стьюдента на уровне 95-процентной доверительной вероятности;
 m, n количество повторности и неповторяющихся смесей элементов питания.

Избыточные элементы питания в диаграммах рассеяния последовательно стабилизируют на нулевом уровне и нейтрализуют коррекцией величины дефицитных элементов. Установленный дефицит питания покрывают питательными смесями, исходя из нормированных максимальных (на 100% дефицита) доз элементов питания C_{100} при одноразовых листовых подкормках. Потребность в каждом из дефицитных удобрений P_y определяют по зависимости:

$$P_y = \frac{C_{100}Y_d}{C_y}, \text{ г/га}; (1),$$

где Y_d - оптимизированные диагностические данные, %;

C_y - содержание в удобрении действующего вещества элемента питания, %.

По формуле (1) определяют компоненты смеси стандартных удобрений в номенклатуре и количестве, необходимом для оптимизации питания растений листовыми подкормками.

Для реализации инновационного метода создан прибор Аквадонис, посредством которого осуществляют инструментальный диалог человека с растением, как с живым существом (Рисунок 2) [6]. Основой прибора является фотометр для засветки суспензии хлоропластов близкой к реальным условиям солнечного излучения. Программное обеспечение прибора оптимизирует питание растений с учётом взаимодействий между элементами питания. Прибор компактен, оснащён автономным источником питания, в полевых условиях позволяет определять потребность растений в 15 макро- и микроэлементах.



Рисунок 2 - Прибор функциональной листовой диагностики Аквадонис

РЕЗУЛЬТАТЫ

Эффективность инновационного метода дробной реплики в сравнении с методом Плешкова А.С. и Ягодина Б.А. подтверждена трёхлетними Государственными испытаниями на ячмене и озимой пшенице (шесть годо-опытов), проведенными в Курской области Центрально-Чернозёмной машиноиспытательной станцией [7-9]. Результаты испытаний отражены в заключительных протоколах станции (№№ 1210012, 1210042, 1210092, 9140026, 9140126, 9140066, 9140046) и приведены в Таблице 1.

По сопоставляемым показателям (кроме содержания клейковины в зерне озимой пшеницы, где сравниваемые методы примерно одинаковы) преимущество у метода дробной реплики. Основным источником его эффективности является значительная экономия совокупных затрат (24-40%), полученная за счёт оптимизации использования удобрений, что попутно обеспечило и экологический эффект в виде щадящего химического воздействия на окружающую среду.

ВЫВОДЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДА

Оптимизация состава питательных смесей на основе функциональной листовой диагностики с учётом взаимодействия между элементами питания позволила в полной мере реализовать способность растений самостоятельно адаптироваться к условиям вегетации. Следствием этого

явилась существенная экономия используемых удобрений и позитивные экологические последствия.

Таблица 1– Эффективность методов диагностики потребности культур в элементах питания
(Центрально-Чернозёмная машиноиспытательная станция, 2012-2015 гг.)

Культура	Варианты опыта		Урожайность зерна, т/га	Содержание клейковины в зерне, %	Годовая экономия совокупных затрат, руб./га
	Обработка семян микроудобрениями	Листовая подкормка			
Ячмень, среднее за 2012-2014 гг.	Нет (контроль)	Нет	3,07	-	-
	Аквамикс, 100 г/т	По данным функциональной листовой диагностики с обособленным испытанием элементов питания (метод Плешкова А.С. и Ягодина Б.А.)	3,71	-	1830
	Аквамикс, 100 г/т	По данным функциональной листовой диагностики с испытанием питательных смесей (метод дробной реплики)	3,74	-	2571
Озимая пшеница, среднее за 2013-2015 гг.	Нет (контроль)	Нет	4,07	24,9	-
	Аквамикс, 100 г/т	По данным функциональной диагностики с обособленным испытанием элементов питания (метод Плешкова А.С. и Ягодина Б.А.)	4,69	29,1	2195
	Аквамикс, 100 г/т	По данным функциональной диагностики с испытанием питательных смесей (метод дробной реплики)	4,75	29,0	2726

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Функциональная листовая диагностика с учётом взаимодействия между элементами питания в растениях позволяет оптимизировать использование удобрений и значительно экономить затраты на них.
2. Метод и прибор функциональной листовой диагностики является инструментом диалога человека с растением, как с живым существом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]А.с. 952168 СССР, М. Кл.³ A01G 31/02. Способ обеспечения растений минеральными элементами / А.С. Плешков, Б.А. Ягодин (СССР). № 2970658/30-15; заявл. 31.07.80; опубл. 23.08.82, Бюл. № 31.

- [2]Агрохимия / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др.; Под ред. Б.А. Ягодина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1989. - 639 с.
- [3]Пат. 2417576 Российской Федерации, МПК A01G 7/00. Способ диагностики потребности растений в минеральных элементах питания / Гуреев И.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии». № 2009134741/21; заявл. 16.09.2009; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 13.
- [4]Пат. 2541310 Российской Федерации, МПК A01G 7/00. Способ диагностики потребности растений в минеральных элементах питания / Гуреев И.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии». № 2013118542/13; заявл. 22.04.2013; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4.
- [5]Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум): Учеб. пособие / В.П. Бородюк, А.П. Вошинин, А.З. Иванов и др. М.: Высшая школа, 1983. 216 с.
- [6]Гуреев, И.И. Перспективы функциональной диагностики потребности растений в питательных веществах // АПК Юга России: состояние и перспективы: Сб. докл. Региональной науч.-практ. конф. Майкоп: Магарин О.Г., 2014. С. 44–47.
- [7]Гуреев, И.И. Технологии выращивания ячменя с использованием микроэлементных удобрений и регуляторов роста / И.И. Гуреев, М.Н. Жердев, А.Л. Брежнев // Земледелие. - 2015. - № 3. - С.34-36.
- [8]Гуреев, И.И. Функциональная диагностика потребности растений в питательных веществах / И.И. Гуреев, М.Н. Жердев, А.Л. Брежнев, В.Г., Черноногов, В.Н. Солоничкин // Земледелие. - 2015. - № 4. - С.26-29.
- [9]Гуреев, И.И. Совершенствование агротехнологии выращивания озимой пшеницы с использованием удобрений, содержащих микроэлементы / И.И. Гуреев, М.Н. Жердев, А.Л. Брежнев // Земледелие. - 2016. - № 8. - С.25-28.

Глава IV/35: ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМ КАЛИЯ В ПОЧВАХ АГРОЛАНДШАФТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Chapter IV/35: Transformation of Potassium Forms at Long-Term Application of Fertilizers in Soils of Agrolandscapes

Любовь В. Никитина

DOI 10.25680/4339.2018.18.76.300

Эл. Почта: kalinik@bk.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, ул. Прянишникова 31а, 127550 Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Впервые в агроландшафте в условиях длительного полевого опыта изучено влияние разных систем удобрения на калийный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы. Показано, что в зернопропашном севообороте при длительном сельскохозяйственном использовании почвы без применения удобрений в результате некомпенсируемого выноса калия с урожаем в почве варианта без удобрений устанавливается и в дальнейшем сохраняется без изменений минимальное содержание обменного калия (K_2O_{min}). Устойчивость в течение длительного времени минимального уровня обменного калия в почве при дефицитном балансе обеспечивается дополнительным высвобождением этого элемента из необменных форм. Интенсивность мобилизации растениями необменного калия в суглинистой почве без применения удобрений составила 39,5 кг/га в год. Длительное применение разных систем удобрения в зернопропашном севообороте агроландшафта оказывало неодинаковое влияние на калийный режим почвы.

Abstract. The influence of different fertilizer systems on the potassium regime of sod-podzolic heavy loamy soil was studied for the first time in an agrolandscape under conditions of a long-term field experiment. It was shown that under long-term agricultural use of the soil in a grain crop rotation in the variant without fertilization as a result of the uncompensated removal of potassium by crops a minimum content of exchangeable potassium (K_2O_{min}) is reached and remains unchanged in the future. Stability for a long time of the minimum level of exchangeable potassium in the soil with a deficit balance is ensured by the additional release of this element from non-exchangeable forms. The intensity of mobilization of non-exchange potassium by plants in loamy soil without fertilization amounted to 39.5 kg/ha per year. Long-term use of different fertilizer systems in the grain crop rotation of the agrolandscape had unequal effects on the change in the forms of soil potassium.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафт, агроценоз, дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва, зернопропашной севооборот, системы удобрения, минимальное содержание обменного калия (K_2O_{min}).

Keywords: agrolandscape, agrocnosis, sod – podzolic heavy loamy soil, grain – crop rotation, fertilizer systems, the minimum content of exchangeable potassium

ВВЕДЕНИЕ

Благоприятный режим калия в агроландшафтах является одним из обязательных условий их эффективного функционирования. В России в период интенсивной химизации сельскохозяйственного производства практически повсеместно прослеживалась устойчивая тенденция накопления в пахотных почвах агроландшафтов питательных веществ, что способствовало увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и повышению плодородия почв [1]. Темпы накопления различались по зонам страны и наиболее высокими были в Нечернозёмной зоне, где распространены дерново-подзолистые почвы, наименее обеспеченные калием [2,3]. Изучению влияния длительного применения удобрений в севооборотах на калийный режим пахотных дерново-подзолистых почв агроландшафтов посвящено много исследований. Было показано, что в почвах тяжелого гранулометрического состава без внесения удобрений не во всех случаях наблюдалось снижение содержания калия в почве и закономерное его накопление при длительном применении удобрений [2,3,4].

Целью исследований данной работы было изучить трансформацию форм калия в агроландшафте Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии (Московская область, пос. Барыбино) под влиянием длительного применения различных систем удобрения (органическая, минеральная, органо-минеральная) и оценить их роль в регулировании калийного режима.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены в длительном полевом опыте СШ-5 (ЦОС ВНИИ агрохимии), расположенном в Московской области (Рисунок 1). Преобладающими почвами исследуемого ландшафта являются дерново-подзолистые почвы тяжелого гранулометрического состава. Опыт был заложен в 1964-1966гг. в трех полях. Схема опыта описана в работах [5,6] и предполагала внесение органических и минеральных удобрений в эквивалентных количествах по дозам питательных веществ.

До закладки опыта исследуемая почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями (0-20 см): pH_{KCl} - 4,2, Нг - 5,4 мг-экв/100 г почвы; гумус - 1,53%; P_2O_5 подв. (по Кирсанову) - 6,3 мг/100 г почвы; $K_2O_{обм.}$ (по Масловой) - 12,0 мг/100г почвы [6].

Изучение действия органических, минеральных удобрений и их совместного внесения на калийный режим почвы проводили после окончания 7-ой ротации в поле 3 в интенсивном зернопропашном севообороте: картофель ранний, озимая пшеница, свекла кормовая, ячмень яровой (насыщенность пропашными культурами – 50%).

В почвенных образцах, отобранных после завершения 7-ой ротации, из пахотного горизонта разноудобренных вариантов опыта СШ-5 проведено определение показателей калийного режима: обменного калия – в 1 М вытяжке CH_3COONH_4 (метод Масловой), гидролизуемой фракции необменного – в вытяжке 2Н HCl (метод Пчелкина) и необменного калия – в вытяжке 10% HCl при кипячении (метод Гедройца). Калий во всех аналитических исследованиях определяли при помощи пламенного фотометра. Опытные данные обрабатывали методом корреляционного анализа с помощью программы Excel. В качестве интегрального показателя, характеризующего функционирование агроэкосистемы, использован коэффициент возмещения выноса или

интенсивность баланса (И.Б.). В наших исследованиях она определялась как отношение количества калия, внесенного с удобрениями (П), к выносу его урожаем (Р), то есть:

$$\text{И.Б. (\%)} = \text{П}/\text{Р} \times 100 [7].$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты, полученные в данном опыте, показали снижение уровня плодородия в почве варианта без удобрений с течением времени, что привело к получению наименьшей продуктивности севооборота, и в среднем за 28 лет она составила 20,5 ц з.е./га. Длительное внесение удобрений обеспечивало повышение плодородия почвы по агрохимическим показателям и приводило к росту продуктивности агроценоза [6].

Внесение навоза в количестве 12,5 т/га в год повышало продуктивность севооборота относительно варианта без удобрений, прибавка в среднем за 28 лет опыта составила 7,5 ц з.е./га. Внесение минеральных удобрений на уровне 1 НРК в количествах эквивалентных их содержанию в навозе, обеспечивало бóльшую продуктивность, и прибавка урожая составила 16,5 ц з.е./га (табл. 1).

Увеличение насыщенности севооборота удобрениями в вариантах навоз+ НРК и 2НРК, обеспечивало их близкую эффективность – 45-46 ц з.е./га и практически равную прибавку урожайности 25-26 ц з.е./га. Дальнейшее увеличение доз удобрений при совместном внесении навоза и минеральных удобрений, прибавка урожайности в вариантах навоз+ 2НРК и навоз+ 3НРК по сравнению с эквивалентным количеством питательных веществ минеральных удобрений была на 1,6-3,5 ц з.е./га выше.

Многолетняя динамика изменения обеспеченности почвы обменным калием пахотного горизонта при всех системах удобрения свидетельствовала об увеличении его количества после 28 лет опыта (табл. 2). Следует отметить, что действие длительного применения минеральных удобрений на изменение содержания обменной формы калия в почве было значительно слабее, чем систем удобрения с использованием навоза.

Изучение трансформации форм почвенного калия в исследуемой почве показало, что в варианте без удобрений при длительном некомпенсируемом выносе калия с урожаем содержание $K_2O_{обм.}$ за годы исследований снизилось до минимального уровня ($K_2O_{мин.}$), равного 8,6 мг/100 г почвы. Основные потери наблюдали в период 8-12 лет, в последующие годы достигнутый уровень $K_2O_{обм.}$ практически не изменялся, несмотря на продолжающийся вынос калия с урожаем. Устойчивость в течение длительного времени содержания в почве $K_2O_{обм.}$ при дефицитном балансе калия обеспечивалась дополнительной мобилизацией почвенных запасов питательного элемента. Величина использования калия из необменных форм в сумме за 7 ротаций составила 1107 кг K_2O /га или 39,5 кг K_2O /га в год [6].

Таблица 1- Влияние длительного внесения удобрений на продуктивность зернопропашного севооборота (поле 3, в среднем за 28 лет опыта)

Варианты опыта	Среднегодовые дозы удобрений, кг/га			Продуктивность севооборота	Прибавка урожайности к контролю
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ц з.е./га/год	
Без удобрений	-	-	-	20,5	-
Навоз	63	31	75	28,0	7,5
Навоз+ NPK	118	64	155	45,2	24,7
Навоз+ 2NPK	173	97	235	55,0	34,5
Навоз+ 3NPK	228	130	315	59,1	38,6
NPK	55	33	80	37,0	16,5
2NPK	110	66	160	46,4	25,9
3NPK	165	99	240	51,5	31,0
4NPK	220	132	320	57,5	37,0
НСР ₀₅				3,2	

Таблица 2- Изменение содержания $K_2O_{обм.}$ в почве при различном балансе калия

Варианты опыта	Среднегодовая доза калия, кг/га	ИБ калия, % (в среднем за 28 лет)	Содержание обменного калия в почве, мг/100 г почвы		
			исходное	конечное	изменение за 28 лет
Без удобрений	-	-	12,0	8,6	- 3,4
Навоз	75	102	12,5	12,6	+ 0,1
Навоз+ NPK	155	120	11,4	20,0	+ 8,6
Навоз+ 2NPK	235	128	12,8	33,6	+ 20,8
Навоз+ 3NPK	315	144	12,6	34,2	+ 21,6
NPK	80	87	11,1	12,4	+ 1,3
2NPK	160	118	11,9	16,2	+ 4,3
3NPK	240	133	11,4	23,8	+ 12,4
4NPK	320	153	11,7	25,4	+ 13,7

Влияние многолетнего внесения навоза и минеральных удобрений при дефицитном и уравновешенном балансе проявлялось в сохранении содержания $K_2O_{обм.}$ в почве агроценоза на исходном уровне (12,4-12,6 мг/100 г почвы) и необменного гидролизующего – на уровне варианта без удобрений, что обеспечивалось также за счет мобилизации калия из менее доступной обменной формы, определяемой по методу Гедройца. Количество этой формы калия в вариантах с внесением навоза и 1NPK снизилось по сравнению с вариантом без удобрений на 13,0 мг и 23,0 мг/ 100 г почвы соответственно (табл. 3).

При минеральной системе удобрения (2NPK-4NPK) с увеличением доз калия (160-320 кг $K_2O/га/год$) наблюдалось снижение дефицита баланса этого элемента и увеличение содержания его обменной и обменной гидролизующей форм. Однако, достоверное увеличение наблюдалось только в вариантах 3NPK и 4NPK со среднегодовыми дозами 240-320 кг $K_2O/га$ при интенсивности баланса 133-153%. Количество труднодоступного обменного калия, определяемого с использованием 10%-ой HCl при кипячении, снижалось в этих вариантах на 12,0-15,0 мг или на 7-9% относительно содержания этой формы в почве варианта без удобрений (табл. 3).

Таким образом, при минеральной системе удобрения отмечается отсутствие более прочного закрепления почвой этого элемента питания. Видимо, в зернопропашном севообороте под действием длительного внесения высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений и интенсивной механической обработки почвы происходило постепенное дезагрегирование пахотного слоя, разрушение глинистого материала и вынос его за пределы пахотного горизонта с тонкодисперсными фракциями минералов, способных более прочно фиксировать калий. О негативном действии высоких доз физиологически кислых минеральных удобрений и интенсивной механической обработки почвы на процесс разрушения глинистого материала ранее отмечалось в литературе [6,8].

Совместное внесение навоза и повышенных доз NPK (K235-315 кг/га/год) обеспечивало положительный баланс калия и повышение содержания $K_2O_{обм.}$ на 25,0-26,0 мг относительно варианта без удобрений, в то время как, такие же дозы внесения калия в вариантах 3NPK и 4NPK обеспечивали его накопление в меньшем количестве (15,2-16,8 мг/100 г почвы). Также в интенсивно удобренных вариантах с внесением высоких доз NPK на фоне навоза наблюдали достоверное увеличение в почве содержания обменного гидролизующего калия, оно составило 14,0-21,0 мг, или 34-51% к варианту без удобрений. Достоверное увеличение труднодоступного обменного калия (44,0 мг, или 26% относительно варианта без удобрений) происходило только в почве варианта навоз+3NPK со среднегодовой дозой 315 кг $K_2O/га$. Следовательно, в пахотном слое вариантов навоз+2NPK и навоз+3NPK проявилась калийфиксирующая способность почвы.

Таблица 3- Влияние длительного применения удобрений на калийный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы

Варианты опыта	Доза K_2O , кг/га в год	Количество K_2O обм. в почве (по Масловой)	Изменение количества K_2O обм. от удобрений ($\pm$)	Общее количество K_2O необм. Гидролизуемого (по Пчёлкину)	Количество обменного K_2O */ (по Пчёлкину)	Общее количество K_2O необм. (по Гедройцу)	Количество K_2O необм.*/ (по Гедройцу)
		мг на 100 г почвы					
Без удобрений	-	8,6	-	41	-	170	-
Навоз	75	12,6	+ 4,0	43	+ 2,0	157	- 13,0
Навоз+ NPK	155	20,0	+ 11,4	50	+ 9,0	166	- 4,0
Навоз +2 NPK	235	33,6	+ 25,0	55	+ 14,0	197	+ 27,0
Навоз +3NPK	315	34,2	+ 25,6	62	+ 21,0	214	+ 44,0
1NPK	80	12,4	+ 3,8	41	-	147	- 23,0
2NPK	160	16,2	+ 7,6	44	+ 3,0	147	- 23,0
3NPK	240	23,8	+ 15,2	52	+ 11,0	158	- 12,0
4NPK	320	25,4	+ 16,8	54	+ 13,0	155	- 15,0
HCP ₀₅			1,7		6,0		30,0

*/ Количество обменно-фиксированного калия удобрений определено за вычетом количества калия в варианте без удобрений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В агроландшафте в условиях зернопропашного севооборота без применения удобрений при длительном дефицитном балансе содержание обменного калия в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве снижается до стабильно низкого «минимального» уровня. Устойчивость в течение длительного времени минимального содержания в почве K_2O обм. при дефицитном балансе обеспечивалась мобилизацией этого элемента из обменных форм.
2. Многолетняя динамика изменения обеспеченности почвы обменным калием пахотного горизонта при всех системах удобрения свидетельствовала об увеличении его количества после 28 лет опыта. Однако действие длительного применения минеральных удобрений на изменение содержания обменной формы калия в почве было значительно слабее, чем систем удобрения с совместным использованием навоза и NPK.
3. Действие навоза и минеральных удобрений при уравновешенном и дефицитном балансе калия проявлялось, прежде всего, в сохранении содержания обменного K_2O в почве на исходном уровне и обменного гидролизуемого – на уровне варианта без удобрений за счет мобилизации калия из менее доступной обменной формы.
4. С ростом интенсивности баланса в вариантах 2NPK -4NPK в исследуемой почве повышалось содержание K_2O обм., отмечено накопление наиболее подвижной гидролизуемой фракции обменного калия и отсутствие более прочного его закрепления.
5. Совместное внесение органических и минеральных удобрений, особенно при повышенных дозах последних, в большей степени способствовало формированию запаса калия в почве и сохранению её минеральной части от разрушения.



Рисунок 1 - Производственно-демонстрационные и полевые опыты на Центральной опытной станции ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» (Московская обл., г. Домодедово, микрорайон Барыбино). <http://www.vniia-pr.ru/news/13jul16.htm>

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Любарская Л.С. 1974. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на урожай культур и свойства почвы //Сборник статей «Влияние длительного применения удобрений на плодородие почв и продуктивность севооборотов». Москва, С. 139-156.
- [2] Хлыстовский А.Д. 1992. Плодородие почвы при длительном применении удобрений и извести. Москва: Издательство «Наука», 190с.
- [3] Литвак Ш.И., Бабарина Э.А., Никитина Л.В., Човжик В.П. 1990. Влияние различных систем удобрения на продуктивность полевого севооборота и фосфорно-калийный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы. Журнал Агрохимия. №8. С.43-49.
- [4] Минеев В.Г. 1999. Агрохимические и экологические функции калия. Москва: Издательство МГУ, 332с.
- [5] Ефремов В.Ф. 2004. Действие и последствие систем удобрения в зерновом севообороте. Журнал Плодородие. №4(19). С.10-11.
- [6] Чижикова Н.П. 1990. Изменение минералогического состава тонких фракций и их подвижности в дерново-подзолистых почвах под влиянием вносимых удобрений. Москва: Издательство Почвенного института им. В.В. Докучаева. С. 16-29.
- [7] Литвак Ш.И., Бабарина Э.А., Никитина Л.В. 1991. Баланс фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах. Журнал Химизация сельского хозяйства. №10. 18-21.
- [8] Байбеков Р.Ф. 2003. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений. Москва: Издательство ЦИНАО, 185с.

Глава IV/36: ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Chapter IV/36: Effectiveness of Potassium Fertilizers in Various Agrolandscapes of the Russian Federation

Валерий А. Борисов*¹, Станислав С. Литвинов¹, Николай В. Гренадеров¹, Игорь Ю. Васючков¹, Ольга Н. Успенская¹, Сергей Н. Дерюшников², Татьяна Г. Колебошина³, Анатолий И. Юров⁴, Евгений В. Воронкин⁵, Вячеслав Г. Колодкин⁶

DOI 10.25680/6694.2018.45.57.301

*Эл. Почта: vnioh@yandex.ru ; gamov_igor@mail.ru

- 1.ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 140153, Московская обл., Раменский район, Верея, стр. 500; Россия
- 2.ФГБНУ Воронежская овощная опытная станция, 396116, Воронежская обл., Верхнехавский район, НИИОХ п., Садовая ул., д. 3А; Россия
- 3.ФГБНУ Быковская бахчевая селекционная опытная станция, 404067, Волгоградская обл., Быковский район, Зелёный, Сиреневая ул., д. 11; Россия
- 4.ФГБНУ Бирючукская овощная селекционная опытная станция, 346414, Ростовская обл., Новочеркасск, Селекционная ул., д. 19; Россия
- 5.ФГБНУ Западно-Сибирская овощная опытная станция, 656904, Алтайский край, Барнаул г., Лебяжье, Опытная станция ул., д. 22; Россия
- 6.ФГБНУ Приморская овощная опытная станция, 692779, Приморский край, Артём г., Суражевка, Кубанская ул., д. 57/1. Россия

РЕЗЮМЕ. Исследования в 2014-2015 годах в 6 различных агроландшафтах РФ выявили высокую эффективность калийных удобрений, внесённых под различные овощные и бахчевые культуры на азотно-фосфорном фоне. Отмечено положительное действие калия на урожайность, качество и лёжкость овощей даже при высоком содержании обменного калия в почвах. В лесной зоне на аллювиальных суглинках Московской области при орошении дождеванием достигнута средняя урожайность овощных культур 71,9 т/га, а в степной зоне на тяжелосуглинистых чернозёмах при капельном орошении – 78,4 т/га. Минимальная продуктивность овощебахчевых культур получена на супесчаных светлокаштановых почвах сухой степи Волгоградской области в неорошаемых условиях – 12,4 т/га. Во всех изученных контрастных по условиям увлажнения и почвенному плодородию агроландшафтах эффективность калийных удобрений колебалась от 12% (Приморская зона) до 40% (сухостепная зона).

Abstract. Research from 2014-2015 in six different agrolandscapes of the Russian Federation revealed a high effectiveness of potassium fertilizers, which was achieved under various vegetables and types of gourds in a nitrogen-phosphoric fertilization regime. We observed a positive effect of potassium on the yield, quality and the shelf life of vegetables, even with high content of exchangeable potassium in soils. In the forest zone on alluvial loam in the Moscow region under sprinkler irrigation systems we achieved an average yield of vegetable crops of 71.9 t/ha, while in the steppe zone on heavy loamy Chernozem under drip irrigation 78.4 t/ha were achieved. The minimum productivity of vegetables crops of 12.4 t/ha was received on chestnut soils in the sandy dry steppe of Volgograd region under dryland conditions. In all landscapes studied from the contrast in terms of moisture and soil fertility, the potassium fertilizer efficiency ranged from 12% (Primorskiy zone) to 40% (dry steppe).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Овощные культуры, пойменные, лесостепные, степные, сухостепные, приморские агроландшафты, азотно-фосфорные и калийные удобрения, урожайность, качество, сохранность овощей.

Keywords: vegetable crops, meadow lowlands, forest-steppe, steppe, dry steppe, coastal agrolandscapes, nitrogen-phosphorous and potassium fertilizers, yields, quality, shelf life of vegetables

ВВЕДЕНИЕ

В 2014-2015 гг. ФГБНУ ВНИИО совместно с опытными станциями проводил исследования по эффективности калийных удобрений производства ПАО «Уралкалий» на овощных культурах. Полевые опыты были заложены в различных агроландшафтах: в Московской области на

аллювиальных луговых почвах, в Воронежской области на типичных чернозёмах, в Ростовской области на обыкновенных чернозёмах, в Волгоградской области на светлокаштановых почвах, в Алтайском крае на выщелоченных чернозёмах и в Приморском крае на бурых лесных почвах.

Перспективность использования хлористого калия в овощеводстве до настоящего времени вызывает оживлённую дискуссию. Некоторые авторы считают, что хлористый калий ухудшает качество картофеля и овощей и применять его необходимо очень осторожно. Эти опасения связаны с данными некоторых авторов в опытах с сырыми калийными солями (сильвинит, карналлит, каинит), содержащими повышенное количество натрия и хлора [1,2]. Однако, другие результаты исследований [3, 4, 5] не выявили отрицательного влияния хлористого калия на качество овощных культур. Более того, имеются данные об ухудшении качества таких культур, как томат, капуста, морковь в отсутствии калийных удобрений. Однако эти опыты были проведены в основном в условиях Нечернозёмной зоны в ограниченном количестве, поэтому не было полной ясности действия хлористого калия гранулированного на урожайность и качество овощных культур.

Совместно с ПАО «Уралкалий» эти работы были проведены в 6 различных агроландшафтах, отличающихся контрастными почвенно-климатическими условиями, с различными овощными культурами по общепринятым методикам. В схему опытов были включены варианты без удобрений, азотно-фосфорный фон и 3 дозы хлористого калия, что позволило выяснить эффективность этого удобрения.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования осуществляли по общепринятым методикам по проведению полевых опытов в овощеводстве [6] и методических указаний по проектированию применения удобрений в интенсивном овощеводстве открытого грунта [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Московская область. Полевые опыты были проведены на опытном поле ФГБНУ ВНИИО, расположенном в пойме р. Москвы на пойменных аллювиальных луговых среднесуглинистых почвах с содержанием гумуса 3,1-3,4%, $pH_{\text{сол}}$ 5,8-6,1, P_2O_5 , 150-170 мг/кг, K_2O 116-145 мг/кг (по Чирикову). Изучалась эффективность гранулированного хлористого калия на белокочанной капусте, моркови и свёкле столовой в условиях орошения дождеванием (ГТК 1,56).

В результате учёта урожайности культур и анализа качества продукции выяснено, что прибавка урожайности кочанов капусты от внесения K_{270} возросла на 21%, корнеплодов моркови от K_{180} – на 17%, корнеплодов свёклы столовой от K_{120} – на 15%. Хлористый калий способствовал повышению стандартности кочанов и корнеплодов, увеличению содержания сахаров, аскорбиновой кислоты и каротина в овощах, а также в большинстве случаев снижал концентрацию нитратов в овощах. Следует отметить положительную роль хлористого калия в повышении лёжкости овощей при хранении продукции за счёт снижения болезней.

Воронежская область. Исследования были проведены на Воронежской овощной опытной станции (Верхне-Хавский район) на типичных тяжелосуглинистых чернозёмах с реакцией почвенной среды $pH_{\text{сол}}$ 6,3-6,5, суммой обменных оснований 416 мг-экв/кг, содержанием гумуса 6,2-6,5%, подвижного фосфора 190-210 мг/кг и обменного калия 120-160 мг/кг (по Чирикову) в условиях без орошения (ГТК 1,01).

Результаты учёта урожайности позволили установить, что в среднем за 2 года калийные удобрения в дозе K_{135} увеличили урожайность огурца на 17%, выход стандартной продукции до 86%, сумму сахаров с 2,66 до 2,94%, снизили содержание нитратов с 44 до 30 мг/кг.

На столовой моркови получены аналогичные данные. Прибавка урожайности корнеплодов составила 9%, сухое вещество возросло с 12,2 до 13,1%, сахара – с 6,07 до 6,19%, нитраты снизились с 36 до 19 мг/кг. Отмечено также снижение заболеваемости моркови в зимний период хранения с 4,2 до 2,4% и увеличение выхода товарной продукции на 14% по сравнению с фоном NP .

Таблица 1. Эффективность калийных удобрений в овощеводстве различных агроландшафтах России (среднее за 2014-2015 гг.)

Природная зона и область	Почва	Географическая широта местности, ° с.ш.	Гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК)*	Агрохимическая характеристика почвы				Средняя урожайность, т/га		
				pH _{сол}	гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	без удобрений	NP	NPK
Лесная, Московская обл.	Аллювиальная луговая среднесуглинистая	55	1,56	5,8-6,1	3,1-3,4	150-170	116-145	54,8	62,9	71,9
Лесостепная, Воронежская обл.	Чернозём типичный тяжелосуглинистый	51	1,01	6,3-6,5	6,2-6,5	190-210	120-160	28,9	32,3	36,2
Лесостепная, Алтайский край	Чернозём выщелоченный среднесуглинистый	53	1,08	6,0-6,4	4,0-4,6	270-350	160-215	45,5	51,1	64,9
Степная, Ростовская обл.	Чернозём обыкновенный тяжелосуглинистый	47	0,71	6,8-7,1	3,0-3,5	60-100	450-589	63,5	68,7	78,4
Сухостепная, Волгоградская обл.	Светлокаштановая супесчаная	48	0,62	6,0-7,0	0,6-0,8	30-80	66-101	7,1	8,8	12,4
Приморская, Приморский край	Бурая лесная глинистая	43	2,00	4,8-5,0	5,0-5,5	60-100	195-290	36,9	39,4	44,2

*ГТК по Г. Селянинову показывает уровень влагообеспеченности территории, отношение количества осадков к количеству испаряемой влаги. Рассчитывается по формуле: $K = (P \times 10) / \sum t > 10^\circ$, где P – сумма осадков за вегетационный период в мм, $\sum t > 10^\circ$ – сумма температур больше 10° за тот же период. ГТК более 1,3 – влажная зона, 0,4-1,3 – засушливая разной степени, менее 0,4 – сухая.

Ростовская область. Исследования были проведены на опытных полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции на тяжелосуглинистых обыкновенных чернозёмах при довольно высокой обеспеченности почв обменным калием (450-589 мг/кг по Масловой). Однако и в таких условиях гранулированный хлористый калий был эффективен, особенно на культуре безрассадного томата, выращенного при капельном поливе (ГТК 0,71). За 2 года исследований отмечено увеличение урожайности томата сорта Джейн на 13,2 т/га (26%) от применения K₁₈₀, при повышении сухого вещества с 5,7 до 6,3%, сахаров с 4,05 до 4,70%.

При возделывании столовой моркови также получено повышение урожайности корнеплодов от применения K₁₈₀ на 6,2 т/га (13%) при хорошем качестве продукции.

Волгоградская область. Исследования проводились на единственной в России Быковской бахчевой селекционной опытной станции с культурами арбуза, дыни и тыквы в условиях без орошения (ГТК 0,62). Ранее считалось, что калийные удобрения на юге на светлокаштановых почвах малоэффективны, однако опытные данные свидетельствуют об обратном. При низком содержании обменного калия (66-101 мг/кг по Масловой) применение гранулированного хлористого калия оказалось очень эффективным агроприёмом и позволило увеличить

урожайность арбуза в среднем за 2 года на 4,1 т/га, тыквы – на 5,0 т/га, а дыни – на 5,4 т/га, что для неорошаемых условий Волгоградского Заволжья существенно. Одновременно отмечено повышение качества плодов бахчевых культур (сухое вещество, сахаристость, содержание аскорбиновой кислоты) и снижение нитратов.

Алтайский край. Исследования были проведены на опытном поле Западно-сибирской овощной опытной станции с 5 овощными культурами при орошении дождеванием (ГТК 1,08). Почва – выщелоченный среднесуглинистый чернозём с содержанием обменного калия (по Масловой) 160-215 мг/кг. Применение гранулированного хлористого калия в дозе K_{135} под белокочанную капусту позволило увеличить урожайность кочанов на 14 т/га, корнеплодов моркови от K_{120} – на 10,1 т/га, столовой свёклы от K_{180} – на 11,0 т/га, плодов огурца от K_{90} – на 4,7 т/га. Особенно значительный эффект получен от использования калийных удобрений на культуре томата. Наиболее эффективной была максимальная доза (K_{120}), которая позволила увеличить урожайность плодов на 32,5 т/га (до 73,2 т/га) при существенном повышении сахаристости плодов (с 1,9 до 3,0%).

Приморский край. В овощеводстве Приморского края исследований по эффективности калийных удобрений было проведено очень мало. Муссонный климат в сочетании с тяжёлым гранулометрическим составом бурых лесных почв сокращают период вегетации овощных растений из-за переувлажнения почв (ГТК 2,0) и сильного развития болезней.

Исследования, проведённые на Приморской овощной опытной станции позволили выявить довольно высокие запасы обменного калия в почве в течение всего периода вегетации (195-290 мг/кг K_2O). В этих условиях эффективность калийных удобрений была несколько ниже, чем на других опытных станциях. Белокочанная капуста при невысокой урожайности (38-45 т/га) увеличила выход продукции на 4,2 т/га, морковь – на 3,7 т/га, а столовая свёкла – на 8,7 т/га. Репчатый лук от применения гранулированного хлористого калия повысил урожайность на 3,8 т/га. Впервые получены данные об использовании этой формы калийных удобрений под овощную сою. Выяснено, что от применения хлористого калия (K_{90}) урожайность этой ценной культуры увеличивается с 3,78 до 4,75 т/га, т.е. на 26%, что свидетельствует о необходимости дальнейших исследований в этом направлении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При всём многообразии почвенно-климатических и агроэкологических условий РФ калийные удобрения в овощеводстве явились одним из важнейших факторов повышения урожайности и качества овощей.
2. Наиболее высокая эффективность калийных удобрений отмечена на супесчаных почвах Волгоградской области.
3. Наибольшая продуктивность овощных культур отмечена в степной зоне Ростовской области на обыкновенных чернозёмах при капельном орошении (78,4 т/га) и в лесной зоне на аллювиальных почвах при орошении дождеванием в Московской области (71,9 т/га).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Прянишников Д.Н. Избранные произведения. Т. 1 «Агрохимия». – М.: Издательство с.-х. литературы. – 1963. – 466 с.
- [2]Пчёлкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения. – М.: Колос. – 1966. – 334 с.
- [3]Прокошев В.В. Калий и калийные удобрения // В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин / М.: Ледум. – 2000. – 185 с.
- [4]Методическое руководство по проектированию применения удобрений в интенсивном овощеводстве открытого грунта. – М.: ФГБНУ Росинформагротех. – 2012. – 476 с.
- [5]Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. – М.: ФГБНУ Росинформагротех. – 2016. – 394 с.
- [6]Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: РАСХН. – 2011. – 648 с.
- [7]Методическое руководство по проектированию применения удобрений в интенсивном овощеводстве открытого грунта. – М.: Росинформагротех. – 2012. – 476 с.

Chapter IV/37: STRIP-TILL APPLICATION OF LIQUID SLURRY – A NEW APPROACH TO REDUCE NITROGEN LOSSES IN AGRICULTURAL LANDSCAPES

Глава IV/37: Внесение жидкого навоза при полосной обработке почвы - новый подход для уменьшения потерь азота в сельскохозяйственных ландшафтах

Nadine Tauchnitz^{*1}, Joachim Bischoff¹, Matthias Schrödter¹, Ralph Meissner²

DOI 10.25680/9115.2018.43.44.302

*Email: nadine.tauchnitz@llg.mule.sachsen-anhalt.de

1.State Institute for Agriculture and Horticulture Saxony-Anhalt, Centre for Agronomy and Crop Production, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg, Germany

2.Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Dept. of Soil System Science, Lysimeter Station, Falkenberg 55, 39615 Altmärkische Wische, Germany

ABSTRACT. The slurry strip-till technique (STR) allows the combination of reduced tillage (strip tillage) with placed injection of slurry below the later plant seed position. The present study aimed at evaluating the nitrogen (N) use efficiency of the STR technique compared to conventional broadcast slurry application to maize (*Zea mays* L.). Field trials were conducted on loamy sandy soils in northern and Central Germany. The results of three study years showed smaller N displacement out of the top soil of the STR treatments compared to broadcast slurry application. By addition of nitrification inhibitor (NI) an increased share of ammonium (NH₄⁺) on soil mineral N up to 60 % until 34 to 40 days after fertilization were determined. Nevertheless the NI did not lead to significant increased dry matter yields and N uptakes. Significant differences only were observed at the earlier harvest dates. The STR treatments (STR and STR+NI) showed the highest N recovery efficiencies (up to 56 %) among all treatments indicating the lowest N losses of this application system. Thus the STR system can be assumed as a suitable approach to enhance N efficiency of organic fertilizers.

Резюме. Метод внесения жидкого навоза при полосной обработке почвы позволяет сочетать минимальную (полосную) обработку с местным внесением жидкого навоза ниже слоя последующей заделки семян. Настоящее исследование имело целью оценку эффективности использования азота жидкого навоза, вносимого при полосной обработке почвы под кукурузу (*Zea mays* L.), в сравнении с традиционным сплошным применением. Полевые опыты были проведены на супесчаных почвах в северной и центральной Германии. Результаты трех лет исследований показали меньшие потери N из верхнего слоя почвы в вариантах с внесением жидкого навоза при полосной обработке, в сравнении со сплошным применением. Использование ингибитора нитрификации повышало долю аммония в минеральном азоте почвы до 60% в период до 34-40 дней после внесения удобрения. Тем не менее, применение ингибитора нитрификации не привело к существенному увеличению выхода сухого вещества и выноса N. Существенные различия наблюдались только при ранних сроках уборки. Коэффициент использования N в вариантах с внесением жидкого навоза при полосной обработке почвы был максимальным (до 56 %) среди всех вариантов, что указывает на наименьшие потери N при использовании этой технологии. Таким образом, рассматриваемую технологию можно считать подходом, обеспечивающим повышение эффективности N органических удобрений.

KEYWORDS: ammonium depot, broadcast application, nitrate leaching, nitrification inhibitor, strip tillage

Ключевые слова: аммониевый депо, широковегетарная заявка, нитратное выщелачивание, ингибитор нитрификации, полосная обработка почв

INTRODUCTION

Today, one of the main challenges in agriculture is to mitigate nitrogen (N) losses related to fertilization and thus prevent harmful environmental effects due to nitrate leaching and greenhouse gas emissions. In the last decades several technologies of fertilization have been developed to enhance N use efficiency. One of this is the slurry strip-till system which combine reduced tillage in the form of strip-tillage with placed injection of slurry below the later plant seed position [1]. In the strip-tillage technique only the

subsequent seed row being loosened whereas the interrow space remained un-tilled and covered by crop residues [2]. Recently developed techniques with auto-guidance system allow injection of liquid manure below the subsequent seed row simultaneously with tillage. In contrast to the commonly broadcast surface application, injection of liquid manure is an effective method to mitigate ammonia (NH_3) emissions [3]. Otherwise it was shown recently that deep placement of organic fertilizers might enhance nitrous oxide (N_2O) emissions due to improved denitrification conditions [4]. Using nitrification inhibitors (NI) can contribute to reduce N_2O emissions [5]. Furthermore, they are able to reduce nitrate (NO_3^-) leaching [5]. The main objective of this study was to evaluate whether slurry strip-till might contribute to an enhanced N use efficiency. Field trials in maize crops in Germany were conducted for three study years comparing slurry broadcast surface application versus injection (slurry strip-till) with and without NI to: i. quantify yields, N uptakes and N balances, ii. evaluate stability of ammonium (NH_4^+) depots, iii. determine NO_3^- displacement into deeper soil layers and iv. calculate N recovery efficiency to evaluate N losses.

MATERIAL AND METHODS

Field trials were conducted at two sites in Saxony-Anhalt (northern and Central Germany), 2014 in Lückstedt (52°50'N, 11°35'E), 2015 and 2016 in Quellendorf (51°75'N; 12°13'E). Soil class of the study sites is loamy sand with the main soil types Stagnic Gleysol-Luvisol (Lückstedt) and Gleysol (Quellendorf). Climate is continentally influenced with a precipitation level of 564 mm and 532 mm and average temperature of 9.2 °C and 9.7 °C for Lückstedt and Quellendorf, respectively on the long term (mean from 1981 to 2010). The trials were conducted using a complete randomized block design with four replicates and five treatments: (1) control treatment without any fertilization (CONTROL), (2) slurry strip-till without NI (STR), (3) slurry strip-till with NI (STR+NI), (4) conventional broadcast surface slurry incorporation without NI (CONV) and (5) conventional broadcast surface slurry incorporation with NI (CONV+NI). For the stabilized treatments NI (PIADIN®- SKWP, VIZURA®- BASF) at a rate of 3 l ha^{-1} was added. In the STR treatments manure was injected as manure band placed about 15 cm below the soil surface using an X-Till S machine (Vogelsang, Essen/Oldenburg, Germany). Maize was later planted directly above the manure band. In the CONV treatments manure was immediately incorporated close to the soil surface (depth of 6-8 cm) by a disc harrow (AMAZONE Catros, Hasbergen, Germany). An amount of 30 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ cattle slurry (2014), 19 m^3 (2015) and 17 m^3 digestate (2016) with N fertilization rates of 151 kg N ha^{-1} (2014), 112 kg N ha^{-1} (2015) and 126 kg N ha^{-1} (2016) were applied (Figure 1). Soil samples were taken in depths of 0-30, 30-60 and 60-90 cm before fertilization and at different times until harvest of maize plants and then analysed for their soil mineral N ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) contents [6]. Aboveground biomass was collected at three different times (mid of July, August and September) in an area of 2 m^2 . Fresh weight was measured and a representative sample was taken to determine dry matter (DM) content and total N contents to calculate N uptake of plants. N balance was calculated by the subtraction of applied fertilizer-N from plant N uptake for each treatment. Nitrogen recovery efficiency (NRE) was calculated in accordance to Federolf et al. [7]



Figure 1- Strip-Till application of liquid manure on the experimental field

RESULTS AND DISCUSSION

Stability of ammonium depots and N displacement in soil. Analyses of soil mineral N (SMN) of fertilized rows in the STR treated plots showed that the addition of NI resulted in 53 % (2014), 60 % (2015) and 31 % (2016) higher $\text{NH}_4\text{-N}$ contents 34 to 40 days after slurry application, respectively. By contrast, no significant effect of NI was found at slurry broadcast application. Reason for this might be the higher contact surface for microorganisms as reported by [8]. During the whole study period (2014 and 2015) higher proportion of SMN were observed in the top soil (0-30 cm) of the STR treated plots when compared to the broadcast application (Figure 2), which indicates that N displacement was distinctly smaller for the slurry injection. This observation also was confirmed by other studies [9, 10]. Thus, SMN is more plant available [11].

Dry matter yields and N uptakes. Highest DM yields of all three study years were observed in 2014 (max. 207 dt ha^{-1}) whereas in 2016 DM reached only 38 % of the respective value of 2014. These differences were caused by low precipitation during vegetation period in 2016 (only 151 mm from May to September). At final harvest mean DM of maize plants in the CONTROL treatment was significantly lower than DM of the fertilized STR treatment in all three seasons, whereas no significant differences between STR and CONV treatments were found (Figure 3).

These results contradict the findings of other studies which reported higher yields at injection of liquid manure compared to broadcast application [11, 12]. Significant differences between the STR and CONV treatments only were observed at the earlier harvest dates in July and August. These observations are in accordance with the study of Federolf et al. [7].

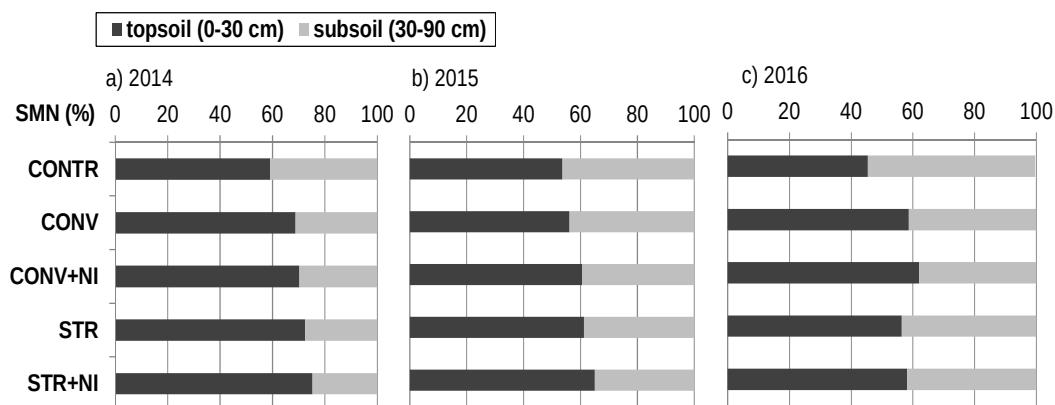


Figure 2- Proportion of soil mineral nitrogen (SMN) in topsoil (0-30 cm) and subsoil (30-90 cm) for the control (CONTROL), strip-till (STR) and conventional treatment (CONV) (means over the whole vegetation period) for the three trial years a) 2014, b) 2015, c) 2016

They reported major differences between the treatments in June while much of these differences faded out at the harvest. It is known that the application of an NH_4^+ -based fertilizer with added NI lowered rhizosphere pH and increased P uptake of plants and thus might positively affect early growth of maize plants due to enhanced lateral root and fine root proliferation [13, 14]. Above this covering of soil with plant material at the strip-till system better preserve soil moisture [15] which might have resulted in better growth conditions in the dry spring months of all three seasons compared to conventional soil tillage. The addition of NI did not increase DM yield significantly. However both STR treatments showed highest DM and N uptake in all three seasons. It can be assumed that solely the placement of high N concentrated NH_4^+ bands in the STR technique might delay turnover of the applied NH_4^+ due to reduced soil-manure interaction [16]. But as shown by Westerschulte et al. [10] the abundance of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in the injected slurry band was higher when a NI was added. For our study it can be suspected that no relevant leaching did occur in the early growth stages of maize because of low precipitation amounts. Consequentially, this will cover the effect of NI as also shown by Laurenz [8].

Similarly to DM yields highest N uptakes up to 233 kg ha^{-1} were determined in the 2014 season while in 2016 the significantly lowest N uptakes among all three study years were observed with a maximum of 90 kg ha^{-1} . These results go along with the low biomass production of maize plants in this year. Compared to CONTROL and CONV+NI treatments N uptake was significant enhanced in the STR treated plots by 70 and 62 kg ha^{-1} in 2014, respectively. Differences between treatments were markedly lower in 2015 and

2016, but accompanied by a very high spatial variability of N uptakes with high coefficients of variation within replications. Compared to the CONTROL treatment mean N uptake of 2014-2016 was significantly improved in the STR and STR+NI treatments by 38 and 30 %, respectively (cf. Figure 3). N uptake of STR treatments was 28 to 33 kg ha⁻¹ higher compared to CONV treatments. Due to the high variation between replications these differences were, however, not significant.

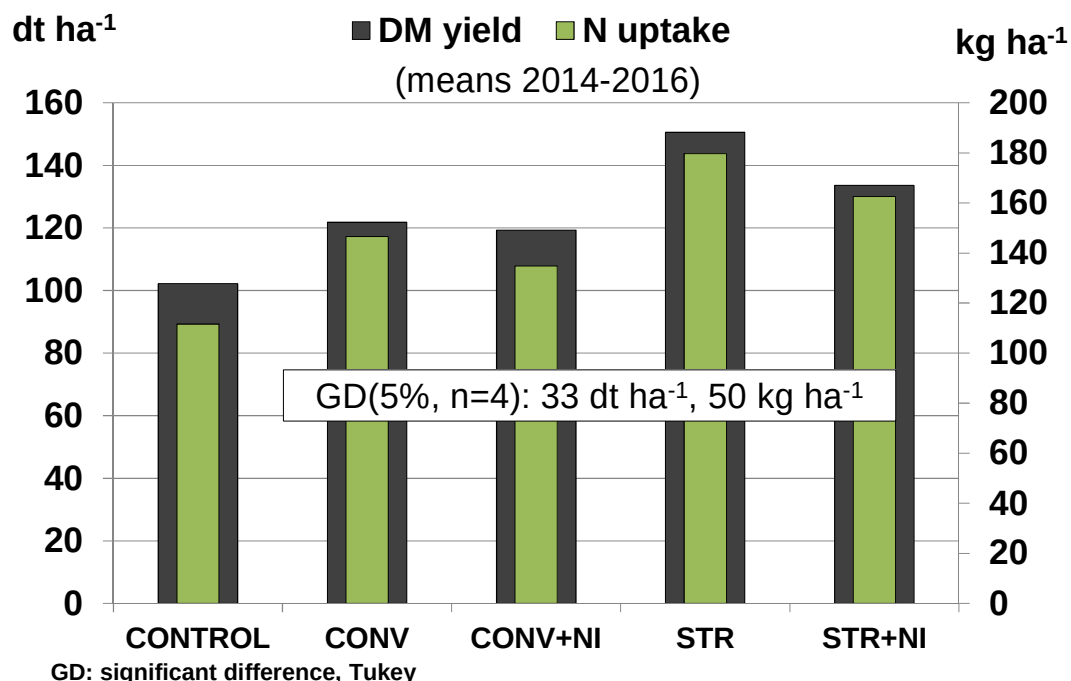


Figure 3- Dry matter yields and nitrogen (N) uptakes (means 2014-2016) for the control (CONTROL), strip-till (STR) and conventional treatment (CONV)

N balances and Nitrogen recovery efficiency. Apart from 2016 N balances were mainly negative indicating reduced potential of NO₃⁻ leaching. Similarly results were obtained in the studies of Federolf et al. [7, 11] and show the potential of maize to use high amounts of fertilizer N. In contrast, N balances were positive for the 2016 season because of unfavorable growth conditions resulting in lowest biomass production and lowest N uptake among the three trial years. In accordance to Federolf et al. [7] highest NRE was found in the STR treatments compared to broadcast application. It can be suspected that highest proportion of applied N was recovered in the STR treatments because these systems led to enhanced N uptake, reduced N leaching and reduced NH₃ volatilization by 43 % [17]. The observation of a higher risk of denitrification losses after slurry injection by favored denitrification conditions as shown in several studies [e.g.18] could not be confirmed in our study. As noted by Pietzner et al. [17] no significant differences in N₂O emissions between the STR and CONV treatment were observed. In general N₂O emissions were on a low level with maximum 2.1 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ (CONTROL) whereas emissions were more affected by the prevailing weather conditions than by the applied application techniques [17].

CONCLUSIONS

1. Injection of slurry below the maize seeds by the STR technique led to smaller N displacement out of the top soil layer and thus potentially reduces the risk of NO₃⁻ leaching.
2. Higher N uptakes of plants and higher N recovery efficiencies were determined for the STR treatments indicating lower N losses and enhanced N use efficiency of applied organic fertilizer.
3. The effect of added NI inhibitor was primarily detected in the early maize development by providing a stable high NH₄⁺ concentration in soil and is generally recommended to avoid NO₃⁻ leaching at high precipitation rates.
4. It can be assumed that the STR system is a suitable tool to mitigate nutrient losses in maize.

REFERENCES

- [1]Nowatzki, J., Endres, G., DeJong-Hughes, J., Aakre, D., 2009. Strip Till for field crop production: equipment, production, economics. North Dakota State University Extension Service, pp. 1–8 (AE-1370).
- [2]Röseler, M., Graeff, S., Hermann, W., Claupein, W., 2010. Strip-Till-Verfahren in Zuckerrüben und Mais, Universität Hohenheim. Gesellschaft für Informatik in der Land- Forst- & Ernährungswirtschaft e.V. 151–154.
- [3]Sommer, S.G., Hutchings, N.J., 2001. Ammonia emission from field applied manure and its reduction – invited paper. *Eur. J. Agron.* 15, 1–15.
- [4]Leick, B.C.E., 2003. Emission von Ammoniak (NH₃) und Lachgas (N₂O) von landwirtschaftlich genutzten Böden in Abhängigkeit von produktionstechnischen Maßnahmen. PhD, University of Hohenheim.
- [5]Ruser, R., Schulz, R., 2015. The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils—a review. *J. Plant Nutrit. Soil Sci.* 178, 171–188.
- [6]VDLUFA. (2002). Bestimmung von mineralischem Stickstoff (Nitrat und Ammonium) in Bodenprofilen (Nmin-Labormethode). VDLUFA.
- [7]Federolf, C., Westerschulte, M., Olf, H.-W., Broll, G., Trautz, D., 2016. Enhanced nutrient use efficiencies from liquid manure by positioned injection in maize cropping in northwest Germany. *Eur. J. Agron.* 75, 130–138.
- [8]Laurenz, L., 2014. Gülle-Strip Till zu Mais auf Erfolgskurs. *Top Agrar* 3, 92–95.
- [9]Chen, Y., Assefa, B., Arkinrem, W., 2010. Soil nutrient levels and crop performance at various lateral positions following liquid manure injection. *Agric. Eng. Int. CIGR EJ*, XII (Manuscript 1410).
- [10]Westerschulte, M., Federolf, C.-P., Broll, G., Trautz, D., Olf, H.-W., 2017. Nitrogen dynamics following slurry injection in maize: soil mineral nitrogen. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 107, 1–17.
- [11]Federolf, C., Westerschulte, M., Olf, H.-W., Broll, G., Trautz, D., 2017. Nitrogen dynamics following slurry injection in maize: crop development. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 107, 19–31.
- [12]Schröder, J.J., Vermeulen, G.D., van der Schoot, J.R., van Dijk, W., Huijsmans, J., Meuffels, G., van der Schans, D.A., 2015. Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. *Eur. J. Agron.* 64, 29–36.
- [13]Ohlrogge, A.J., 1962. Some soil-root-plant relationships. *Soil Sci.* 93, 30–38.
- [14]Ma, Q., Zhang, F., Rengel, Z., Shen, J., 2013. Localized application of NH₄⁺-N plus P at the seedling and later growth stages enhances nutrient uptake and maize yield by inducing lateral root proliferation. *Plant Soil* 372, 65–80.
- [15]Lascano, R.J., Baumhardt, R.L., Hicks, S.K., Heilman, J.L., 1994. Soil and water evaporation from strip-tilled cotton: Measurement and simulation. *Agron. J.* 86, 987–994.
- [16]Dosch, P., Gutser, R., 1995. Reducing N losses (NH₃, N₂O, N₂) and immobilization from slurry through optimized application techniques. *Fertil. Res.* 43 (1), 165–171.
- [17]Pietzner, B., Rücknagel, J., Koblenz, B., Bednorz, D., Tauchnitz, N., Bischoff, J., Köbke, S., Meurer, K. H.E., Meißner, R., Christen, O., 2017. Impact of slurry strip-till and surface slurry incorporation on NH₃ and N₂O emissions on different plot trials in Central Germany. *Soil Tillage Res.* 169, 54–64.
- [18]Zurheide, T., Pralle, H., Westerschulte M., Federolf C.-P., Vergara M.-E., Trautz D., Olf H.-W., 2016. Untersuchung von Lachgasemissionen bei Gülledepot-Applikation mit Zugabe von Nitrifikationshemmstoffen am Standort Osnabrück. *VDLUFA-Schriftenreihe* 72, 88–96.

**Глава IV/38: ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД
КАРТОФЕЛЬ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ: ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ**
**Chapter IV/38: Application of Organic and Mineral Fertilizers to Potatoes on Sod-Podzolic Soils:
Field Experiments**

**Генриэта Мерзлая^{*1}; Рафаил Афанасьев¹; Егор Березовский²; Ольга Щуклина²; Ирина
Понкратенкова³**

DOI 10.25680/3857.2018.59.20.303

*Эл. Почта: lab.organic@mail.ru

1. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», ул. Прянишникова 31 а, 127550 Москва, Россия

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет «Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская 49, 127550 Москва, Россия

3. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Смоленский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», ул. Нахимова 21, 214021 Смоленск, Россия

РЕЗЮМЕ. Исследования, проведенные в трех полевых опытах на дерново-подзолистых почвах легкого и среднего гранулометрического состава, показали, что применение органических и минеральных удобрений при оптимизации их сочетаний и доз служит важным фактором формирования устойчивой урожайности высококачественного картофеля. Урожайность картофеля на уровне 37-38 т/га с высоким содержанием крахмала достигалась при использовании органо-минеральной и органической систем удобрения. Из нетрадиционных удобрений при внесении под семенной картофель наибольший эффект был достигнут от компостов из осадка сточных вод с торфом в дозе 6 т/га сухой массы и органо-минерального удобрения из осадка сточных вод при дополнении азотными и калийными минеральными удобрениями в дозе 4 т/га. Получен эффект дробного внесения азота минеральных удобрений под картофель в дозах N120–N150.

Abstract. Investigations carried out in three field experiments on light and medium textured sod-podzolic soils showed that the use of organic and mineral fertilizers, when optimizing their combinations and doses, is an important factor in the formation of a stable yield of high-quality potatoes. Yield at the level of 37-38 tons per hectare with a high content of starch was achieved with the use of organic-mineral and organic fertilizer systems. From unconventional fertilizers, when applied to seed potatoes, the greatest effect was achieved from composts from sewage sludge with peat at a dose of 6 tons per hectare of dry mass and organo-mineral fertilizer from the sewage sludge when supplemented with nitrogen and potassium mineral fertilizers in a dose of 4 tons per hectare. The effect of splitted addition of fertilizer nitrogen to potatoes in doses N120-N150 is obtained.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полевые опыты, новые методы исследований, дерново-подзолистые почвы, органические и минеральные удобрения, дробное внесение, картофель, урожайность, качество клубней.

Keywords: field experiments, new research methods, sod-podzolic soils, organic and mineral fertilizers, fractional application, potatoes, yield, quality of tubers.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель относится к наиболее ценным сельскохозяйственным культурам для использования в пищевых, кормовых и технических целях. Он произрастает в различных почвенных условиях, но при этом его наибольшая урожайность достигается на плодородных, хорошо обеспеченных питательными веществами почвах. Картофель характеризуется высоким выносом питательных веществ из почвы и, следовательно, большой потребностью в них для возмещения выноса. По имеющимся данным [1-3], урожайность клубней картофеля и их качество находятся в прямой зависимости от удобрений, включая органические. В связи с тем, что вопросы эффективных, экологически безопасных систем удобрения под картофель, особенно в севооборотах на разных почвах, недостаточно изучены, в задачи наших исследований входило установление при возделывании картофеля действия и последствий органических и минеральных удобрений в

различных дозах и сочетаниях на дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в трех полевых опытах на дерново-подзолистых почвах в условиях Нечерноземной зоны России: на западе - в Смоленской области на легком суглинке, на северо-западе - в Вологодской области на среднем суглинке и в Центральном районе - в Московской области на среднем суглинке. В опытах изучали влияние на урожайность и качество картофеля различных доз минеральных и органических удобрений. Из минеральных удобрений применяли азотные (нитрат аммония), фосфорные (суперфосфат простой), калийные (хлористый калий). Из органических удобрений испытывали подстилочный навоз крупного рогатого скота, компосты из осадка городских сточных вод и торфа, а также органо-минеральное удобрение на основе осадка сточных вод (ОМУГ). В почвах общепринятыми методами: определяли кислотность (pH_{kcl}), содержание гумуса при мокром озолении навесок почвы, фосфора и калия в 0,2 н HCl-вытяжке. В полевых опытах, наряду с общепринятыми, применяли новые методы исследований. Так, опыт под Смоленском был выполнен по факториальной схеме, разработанной методическим отделом института [4], которая отражала широкий набор доз и сочетаний подстилочного навоза и минеральных азотных, фосфорных и калийных удобрений. В Вологодской области в полевой опыт были включены варианты с нетрадиционными удобрениями, производимыми на основе осадков городских сточных вод, что актуально не только в агрономическом, но и в экологическом отношении [5]. При этом в опыте было предусмотрено изучение эффективности органической, минеральной и органо-минеральной систем удобрения, выровненных по основным питательным веществам (NPK). В полевом опыте под Москвой изучали влияние возрастающих доз азотных удобрений от нуля до 150 кг/га N, в том числе при дробном внесении доз N120 и N150.

Полевой опыт в Смоленской области длительный, продолжался в течение 30 лет. Опыт был заложен в 1978 г. по факториальной схеме 1/27(6 x 6 x 6 x 6) и включал 48 вариантов. Перед закладкой опыта в слое 0-20 см почва содержала 2,2% гумуса, 110 мг/кг подвижного фосфора (P_2O_5), 115 мг/кг калия (K_2O), pH_{kcl} 5,5. Навоз влажностью 70% содержал 0,46% общего азота, 0,2% P_2O_5 , 0,66% K_2O , 59% органического вещества при соотношении C:N=19. Изучали четыре фактора: навоз подстилочный, азотные, фосфорные и калийные минеральные удобрения. Площадь опытной делянки 112 м², повторность опыта 3-кратная. Каждый из четырех факторов представлен в 6 градациях (0, 1, 2, 3, 4 и 5 единичных доз). За единичные дозы при выращивании картофеля было принято следующее количество удобрений: 20 т/га навоза и по 45 кг N, P_2O_5 и K_2O . Картофель выращивали в севообороте со следующим чередованием культур: в первой ротации - картофель, ячмень, озимая рожь, овес, горохоовсяная смесь, озимая пшеница, ячмень, многолетние травы двух лет пользования, озимая рожь, овес; во второй и третьей ротациях - картофель, ячмень, многолетние травы двух лет пользования, озимая пшеница, овес.

Исследования в опыте в Вологодской области проводили в звене полевого севооборота: лен-долгунец, картофель, ячмень. Исходная почва в слое 0-20 см содержала 3,9% гумуса, 230 мг/кг подвижного фосфора (P_2O_5), 113 мг/кг калия (K_2O) при pH_{kcl} 5,3. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почве низкое: 5 мг/кг Cu, 25 мг/кг Zn, 9 мг/кг Pb, 0,5 мг/кг Cd, 10 мг/кг Ni, 11 мг/кг Cr, 0,02 мг/кг Hg, 1 мг/кг As. При возделывании картофеля изучали последствие компостов на основе осадка городских сточных вод, а также органо-минерального гранулированного удобрения, созданного на основе обезвоженного осадка сточных вод и минеральных азотных и калийных удобрений. Удобрение ОМУГ производилось в виде гранул размером 14 x 20 мм, характеризовалось нейтральной реакцией среды, в 1 т содержало 225 кг органического вещества, 84 кг NPK. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в ОМУГ, а также в других удобрениях, применяемых в полевом опыте, было ниже нормативов России [6]. Схема опыта включала контроль и 6 вариантов с удобрениями, в том числе 3 варианта с органической системой, представленной возрастающими дозами компоста (2, 4 и 6 т/га), вариант с минеральной системой (NPK, эквивалентно 4 т/га компоста), вариант с органо-минеральной системой - компост 2 т/га + NPK, эквивалентно 2 т/га компоста и вариант с ОМУГ в дозе 4 т/га. Площадь опытной делянки 10 м², повторность опыта 3-кратная, размещение вариантов систематическое.

Опыт с картофелем в Центральном регионе был заложен на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Рисунок 1).

Почва опытного участка содержала 1,9% гумуса, 283 мг/кг подвижного P_2O_5 , 134 мг/кг K_2O при pH_{kcl} 4,9. Повторность вариантов 4-кратная, размещение - рендомизированное. Площадь

опытной делянки 27 м², боковые защитные полосы – 0,3 м, торцевые – 2 м. Расстояние между клубнями в рядке при посадке – 35 см, между гребнями – 70 см. Предшественником картофеля был ячмень. Схема опыта включала 8 вариантов, в том числе 6 вариантов с возрастающими дозами азотных удобрений и 2 варианта с дробным внесением азота (Рисунок 2).



Рисунок 1 – Полевой опыт с картофелем по изучению эффективности различных доз азотных удобрений

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты научных исследований в полевом опыте в Смоленской области в контрастных вариантах (Таблица 1) показали, что урожайность клубней картофеля в первой и второй ротациях севооборота в значительной мере зависела от внесения азотных минеральных удобрений. Во второй и третьей ротациях севооборота в формировании урожая картофеля играли заметную роль также подстилочный навоз и калийные минеральные удобрения.

Зависимость урожайности клубней картофеля от различных видов удобрений по ротациям севооборота выражалась следующими уравнениями регрессии:

- 1 ротация $y = 37,77 + 4,75N^{0,5} - 1,02N + 0,01H - 0,75(NP)^{0,5} - 1,66(NH)^{0,5} + 0,48(PK)^{0,5}$, $R=0,80$, (1),
 2 ротация $y = 20,07 + 13,293N^{0,5} - 3,685N + 1,05P^{0,5} + 6,41K^{0,5} + 9,182H^{0,5} - 3,554(KH)^{0,5}$, $R=0,93$, (2),
 3 ротация $y = 19,481 + 3,8K^{0,5} + 6,473H^{0,5} - 2,258(NH)^{0,5} - 2,96(KN)^{0,5}$, $R=0,62$ (3).

По данным в среднем за 3 года исследований, варианты удобрений, кроме одностороннего применения азотных, фосфорных и калийных удобрений, а также варианта с максимальными дозами, оказывали положительное воздействие на формирование урожая картофеля, обеспечивая достоверные прибавки по отношению к контролю. Высокоэффективными были органо-минеральные системы удобрения. Содержание крахмала в клубнях в вариантах с удобрениями было ниже, чем на контроле, что может быть связано с эффектом ростового разбавления. В то же время следует отметить положительное воздействие на содержание крахмала навоза в дозе 60 т/га. Удобрения, особенно в высоких дозах, повышали содержание нитратов в клубнях.

В последние годы в связи с ограниченностью ресурсов навоза все большее внимание уделяется использованию нетрадиционного органического сырья, в частности осадков сточных вод, которые целесообразнее применять после компостирования, а также при дополнении минеральными компонентами. Для испытания таких удобрений были организованы исследования в полевом опыте в Вологодской области. Согласно полученным результатам, установлено положительное последствие удобрений при возделывании семенного картофеля в звене полевого севооборота после льна-долгунца. По трехлетним данным, наиболее высокая урожайность клубней была получена в варианте органо-минерального гранулированного удобрения, где она составила 22,4 т/га, а прибавка урожая к контролю 19,7%. Содержание тяжелых металлов в клубнях в вариантах

удобрений было на уровне контроля или даже ниже контрольных значений, что свидетельствует об экологической безопасности растительной продукции.

Таблица 1 - Урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в Смоленской области ($НСР_{05}=9,74$ т/га)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка		Содержание в клубнях	
		т/га	%	крахмал, %	нитраты, мг/кг сырого вещества
Контроль без удобрений	26,03	-	-	15,2	143
N135	30,03	4,00	15,4	13,8	214
P135	27,07	1,04	4,0	14,5	Не опр.
K135	31,97	5,94	22,9	13,9	146
N135P135K135	41,67	15,64	60,1	12,6	190
Навоз 60 т/га	36,80	10,77	41,4	14,8	179
N45P45K45+навоз 20 т/га	36,50	10,47	40,3	14,4	170
N90P90K90+навоз 40 т/га	37,77	11,74	45,1	13,3	142
N135P135K135+навоз 60 т/га	37,97	11,94	45,9	13,1	250
N180P180K180+навоз 80 т/га	36,30	10,27	39,5	11,9	301
N225P225K225+навоз 100 т/га	34,53	8,50	32,7	11,9	282

Исследования, проведенные в Московской области, показали положительное влияние возрастающих доз азотных удобрений (нитрата аммония) на урожайность картофеля, выращенного на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, с невысоким содержанием гумуса, повышенным - подвижных форм фосфора и калия (Рисунок 2).

При урожайности в контрольном варианте (без внесения азотных удобрений) 26,4 т/га внесение азота в дозе 120 кг/га повысило сбор клубней до 28,5 т/га, т.е. на 8%. Урожайность картофеля в варианте N120 составила 28,5 т/га, в варианте с дробным внесением азота - N90+30 - 29,8 т/га, или на 4,6% больше. При дробном применении азота в дозе 150 кг/га (N90+60) получено 30,6 т/га картофеля, то есть также на 4,6% больше.

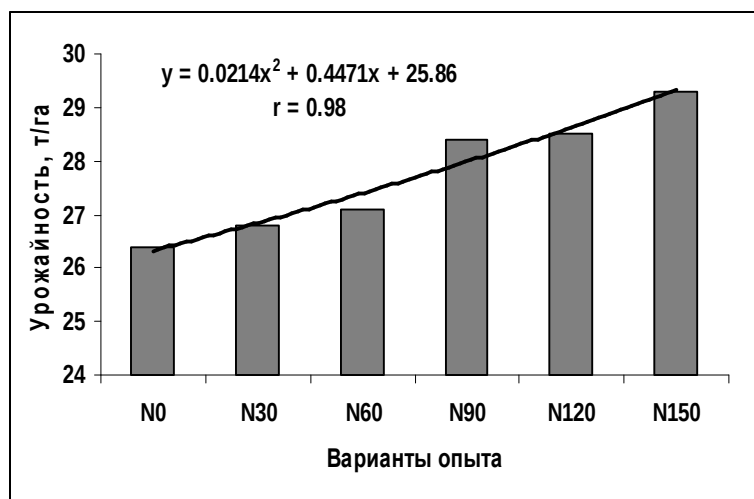


Рисунок 2 – Влияние возрастающих доз азота удобрений на урожайность картофеля в условиях Московской области

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенных исследований с использованием новых методов при возделывании картофеля на дерново-подзолистых почвах в условиях Нечерноземной зоны России установлен наибольший эффект от совместного применения навоза и минеральных удобрений. Из нетрадиционных удобрений показана целесообразность использования компоста на основе

осадка сточных вод и гранулированного органо-минерального удобрения. Положительный эффект достигается также при дробном внесении под картофель азотных удобрений.

2. Методы могут применяться в сочетании с общепринятыми для агроэкологической оценки действия органических и минеральных удобрений при возделывании картофеля на дерново-подзолистых почвах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Прянишников, Д.Н. 1965. Избранные сочинения. 1. Агрохимия. Москва, с. 611-618.
- [2] Кидин, В.В. Система удобрения. 2001. Москва, 534 с.
- [3] Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия. 2009. /Под ред. А.Л. Иванова, Л.М. Державина. Москва, 393 с.
- [4] Программа и методика исследований в Географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. 1990. /Под редакцией Н.З. Милащенко. Москва, 187 с.
- [5] Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрокультуре. 2002. / В.Ф. Ладонин, Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьев, Н.А. Романенко, Н.В. Русаков, Г.П. Шмаудер, Е. Шиффнер, К. Фалькенберг, Д. Майер, Е. Длугонский, Ж.К. Грюн. Москва, 140 с.
- [6] ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. 2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. Москва, 5 с.

Глава IV/39: ОГРАНИЧЕНИЯ РЕГУЛЯРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА В ИНТЕНСИВНОМ РЕЖИМЕ В АГРОЛАНДШАФТАХ С БЕССМЕННЫМ ВОЗДЕЛЫВАНИЕМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ: ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ Chapter IV/39: Limitations of the Regular Intensive Use of Liquid Manure in Agricultural Landscapes at Permanent Cultivation of Perennial Grasses: Field Experiments

Сергей И. Тарасов

DOI 10.25680/6361.2018.31.51.304

Эл. Почта: tarasov.s.i@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа. Прянишникова ул.
2, 601390 Вяткино, Судогодский р-н, Владимирская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Высокопродуктивное долгодетие костреца безостого (*Bromus inermis* Leys.) при регулярном применении бесподстилочного навоза, вероятно, обусловлено подавлением процессов почвоутомления. Ежегодное внесение жидкого навоза, навозных стоков в дозах, не превышающих N300, повысило эффективное и потенциальное плодородие почвы, улучшило агрофизические и агрохимические свойства почвы, ее биогенность, компенсировало односторонний вынос питательных веществ, оптимизировало питательный режим многолетних трав. Регулярное, длительное применение бесподстилочного навоза в дозах, превышающих N300, сопровождалось резким снижением качества зеленой массы костреца безостого, химическим и биологическим загрязнением почвы, снижением коэффициентов использования элементов питания растениями, уменьшением окупаемости производственных затрат.

Abstract. Permanent cropping of high-yielding awnless brome (*Bromus inermis* Leys.) with regular application of liquid manure, leads probably to suppression of soil fatigue processes. Annual application of liquid manure, effluent in doses not exceeding 300 kg N/ha, increased potential and effective soil fertility, improved agro-physical and agrochemical properties of the soil, its biogenetic function, compensated nutrients losses, optimized nutrient status of perennial grasses. Regular and prolonged use of liquid manure in doses exceeding 300 kg N/ha, were accompanied by a sharp decline in the quality of awnless bromes green mass, chemical and biological soil contamination, decreased utilization of nutrients by the plants, and reduced the payback costs.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кострец безостый (*Bromus inermis* Leys.), длительное использование, почвоутомление, бесподстилочный навоз, ограничения в применении

Keywords: awnless brome (*Bromus inermis* Leys.), prolonged use, soil fatigue, liquid manure, limiting the use

ВВЕДЕНИЕ

В РФ успешно реализуются национальный приоритетный проект «Развитие АПК», Госпрограммы развития сельского хозяйства [1-3]. По данным Минсельхоза России в настоящее время в стране производится большая часть необходимого объема основных продуктов питания [4]. Достижения в агрокомплексе, в основном, обусловлены внедрением индустриальных технологий производства сельскохозяйственной продукции, прежде всего в животноводстве. В крайне сжатые сроки были построены и модернизированы более 3000 животноводческих комплексов, птицефабрик, мега-ферм с интенсивными технологиями производства, обеспечивающие наибольшую производительность труда, высокую бюджетную эффективность, быстрый оборот капитала [5]. По данным МСХ РФ более 90- 95% молочной продукции, яиц, мяса свинины и птицы в АПК РФ производят по современным промышленным технологиям. Вместе с тем, многочисленные комплексы, мега-фермы, птицефабрики в РФ построены и введены в эксплуатацию без глубокого анализа и учета экологических последствий своей деятельности [6]. Как свидетельствует практика, индустриализация животноводства обусловила резкое увеличение нагрузок на окружающую среду, в первую очередь из-за нерешенности проблем, связанных с утилизацией бесподстилочного навоза и помета, их использованием на удобрение. В настоящее время установлены примерные значения оптимальных, максимально допустимых доз, сроков внесения бесподстилочного навоза [7]. За расчетную среднегодовую дозу полужидкого, жидкого навоза, животноводческих стоков в РФ принимается N200 [8] - N250 кг/га [9]. В международной практике рекомендовано ограничение использования удобрений по азоту в дозе N170 [10]. Однако, в большинстве хозяйств из-за отсутствия необходимых площадей, низкой надежности средств внесения, значительных транспортных, эксплуатационных расходов применяют сверхвысокие дозы бесподстилочного навоза и помета, как правило, превышающие N500-N700. Комплексные исследования по изучению экологических, агроэкономических последствий длительного, систематического применения бесподстилочного навоза в сверхвысоких дозах до сих пор не проведены. В литературе имеются многочисленные сведения, основанные на результатах краткосрочных полевых опытов по изучению влияния высоких доз бесподстилочного навоза на величину и качество урожая с.-х. культур, на изменение свойств почвы [11-13]. Вместе с тем, согласно требованиям ГОСТ 17.4.3.06-86 [14], краткосрочные исследования не позволяют достоверно определить влияние систематического применения высоких доз бесподстилочного навоза на изменение физических, агрохимических, токсикологических, биологических свойств почвы, экологической ситуации в зонах его утилизации. В соответствии с существующими нормативными документами репрезентативность результатов исследований по влиянию различных видов удобрений на продуктивность, видовой состав растительных сообществ, уровень экологических нагрузок, изменение свойств почвы повышается с увеличением продолжительности проведения полевых опытов.

Цель работы: изучить влияние регулярного применения различных доз бесподстилочного навоза на воспроизводство плодородия дерново-подзолистой почвы, сохранение устойчивости и продукционного потенциала многолетних трав длительного пользования, определить последствия систематического ненормированного применения бесподстилочного навоза в агроландшафтах.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках «Программы длительных опытов географической сети по комплексному применению удобрений и других средств химизации» на опытном поле ФГБНУ ВНИИОУ в долгосрочном опыте (опыт №02.11.17.105.04), регистрационный №088 в «Реестре аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами РФ») [15], начиная с 1983 г., изучаются агроэкологические последствия систематического длительного применения различных доз бесподстилочного навоза в интенсивном режиме на одном и том же поле с бессменным травостоем. Почва участка дерново-подзолистая, супесчаная на мощной

суглинистой морене. Перед закладкой опыта почва (0-20 см) имела следующие агрохимические показатели: pH_{сол.} - 4,9; содержание гумуса (по Тюрину) - 1,34%; подвижных фосфора и калия (по Кирсанову), соответственно, 5,6-6,8 и 14,7 мг/100 г; Нг (по Каппену) - 1,9 мг экв./100 г, S (по Каппену, Гильковицу) - 3,7 мг экв./100 г. Схема опыта: 1. Без удобрений (контроль). 2. Удобрение – бесподстилочный навоз (БН), доза N300. 3. БН, N400. 4. БН, N500. 5. БН, N700. 6. Минеральные удобрения N300PK (эквивалент NPK варианта 2). Опытная культура – кострец безостый (*Bromus inermis* Leys.) сорта Моршанский 760. Агротехника общепринятая для зоны Владимирской области. Стационарный опыт проводится в соответствии с требованиями ОСТ 10 106 [16]. Методы анализа физических, агрохимических, микробиологических, токсикологических характеристик почвы, качества и безопасности растительной продукции – традиционные [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В соответствии с результатами исследований одностороннее, без применения удобрений, многолетнее использование травостоя костреца безостого обусловило его изреживание и снижение продуктивности. В контрольном варианте опыта в первые 5 лет его содержание в травостое снижалось до 50%, через 10 лет – до 15%, через 20 лет – до 4%. В 2001 г. агроценоз полностью сменился фитоценозом. На делянках контрольного варианта опыта сформировались очень устойчивые, малопродуктивные климаксовые формации. В травостое отсутствовала доминирующая культура. Ботанический состав был представлен более чем 20 видами растений. Совершенно иные результаты исследований получены в вариантах с регулярным применением удобрений. В зависимости от величины дозы последних доля костреца безостого в травостое на протяжении всего периода исследований (1983-2016 гг.) составляла 95-98%. В сравнении с контрольным вариантом опыта ежегодное применение бесподстилочного навоза в дозах N300, N500, N700 повышало урожайность многолетних трав, в среднем, соответственно, на 250, 320, 360%. В вариантах с использованием удобрений в дозах N500, N700 отмечалась наибольшая динамика побегообразования, накопления массы корней, роста ассимиляционной поверхности, площади листьев. Урожайность костреца безостого, качество его зеленой массы не зависели от возраста травостоя, в основном определялись дозой вносимых удобрений, погодными условиями вегетационного периода. Вероятно, одним из основных факторов выпадения костреца безостого в старовозрастном травостое контрольного варианта опыта являлся односторонний вынос питательных веществ и микроэлементов монокультурой. Односторонним был и характер воздействия костреца на почву: поступление однородных по составу растительных остатков, выделений ризосферы, филосферы. В соответствии с современными представлениями в монокультуре в системе «почва-растение» вследствие нарушения обмена веществ и энергии, получает развитие комплекс процессов, вызывающих почвоутомление. Результаты исследований дают основание полагать о нейтрализующем действии бесподстилочного навоза данных процессов. Регулярное применение жидкого навоза, стоков навозных обусловило рост эффективного и потенциального плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы. За годы исследований (1983-2016гг.) общее содержание органического вещества в почве при дозе бесподстилочного навоза N300 увеличилось на 140%, при дозе N700 – на 185%. С возрастанием дозы жидкого навоза и стоков навозных содержание гумуса достоверно повышалось также в нижележащих горизонтах. Применение бесподстилочного навоза увеличило содержание в почве водорастворимого гумуса при дозе N300 – на 50%, при N700 – на 60%, улучшило качественный состав гумуса: повышало в органическом веществе почвы содержание гуминовых кислот: при N300 – на 128%, N700 – на 206%, в основном за счет повышения содержания гуминовых кислот 1-й фракции, обладающих наибольшим удобрительным действием. Увеличение содержания гуминовых кислот повышало степень гумификации органического вещества, расширяло отношение $C_{ГК}: C_{ФК}$ с 0,5 – на контроле, до 0,75-0,84 – в вариантах с регулярным применением бесподстилочного навоза. Фульватный тип гумуса трансформировался в гуматно-фульватный. Под влиянием жидкого навоза и навозных стоков снижалась кислотность почвы, повышалось содержание в ней биогенных элементов. Вследствие увеличения содержания органического вещества снижалась объемная масса почвы, повышалась ее порозность, максимальная гигроскопия, влажность завядания, диапазон активной влаги, водопроницаемость, наименьшая влагоемкость, содержание в ней наиболее ценных агрегатов, их водопрочность. Систематическое применение органических, минеральных удобрений привело к заметному повышению содержания в почве подвижных, легкодоступных для растений, почвенной микробиоты форм

углерода и азота. Ежегодное внесение органических удобрений в дозах N300, N700 обусловило увеличение содержания в почве щелочногидролизуемого азота, соответственно, более чем на 60 и 70% относительно контроля. Многолетнее удобрение почвы бесподстильным навозом заметно повысило в ней содержание наиболее доступного для почвенных микроорганизмов подвижного углерода (K_2SO_4 – вытяжка): при дозе N300 – более чем на 40%, при N700 – в 1,7 раза. Рост содержания углерода в почве при систематическом применении удобрений обусловил увеличение размеров общей биомассы почвенных микроорганизмов, включая «покоящиеся» и «дремлющие» формы. Согласно результатам многолетних исследований почва, регулярно удобряемая бесподстильным навозом, характеризовалась большей биологической активностью, лучшей обеспеченностью минеральным азотом. Интенсивное применение бесподстильного навоза обусловило резкий рост содержания в почвенной биоте суммарной физиологически активной биомассы: при дозе N700 – в 2,5 раза относительно контроля. При этом наблюдался заметный рост в ней доли грибов, что, очевидно, связано с их активным участием в разложении органического вещества в составе бесподстильного навоза, пожнивно-корневых растительных остатков.

Таблица 1- Влияние регулярного применения удобрений на минеральный состав зеленой массы трав в агроценозах с бессменным возделыванием многолетних трав

Показатели качества и безопасности	Рекомендуемый норматив*	Вариант опыта					
		Контроль	Бесподстильный навоз				Минеральные удобрения, N300PK
			N300	N400	N500	N700	
Соотношение Ca:P	(1-3):1	1,1:1	1,1:1	0,43:1	0,38:1	0,33:1	0,46:1
Соотношение K:Na	(2,5-4,5):1	2,96:1	3,0:1	3,4:1	3,6:1	3,8:1	3,0:1
Соотношение K/Ca + Mg	$\leq 2,2$	1,43	1,83	2,0	2,51	2,91	1,82
Соотношение суммы кислотных и суммы щелочных грамм-эквивалентов	(0,6-1,1):1	1,1:1	1,1:1	1,46:1	1,69:1	1,75:1	1,55:1

*- нормативы установлены для рациона кормления животных [18,19]

В соответствии с результатами многолетних исследований основными факторами, ограничивающими использование бесподстильного навоза в сверхвысоких дозах (свыше N300), являются:

- негативное влияние на свойства почвы обусловлено резким увеличением содержания подвижного фосфора до избыточно высокого уровня; одностороннее развитие микробиоценоза почвы – многократным увеличением численности и активности нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, грибов, актиномицетов, приводящее к росту непродуктивных потерь из почвы азота, накопление в ней токсичных соединений;
- увеличение нагрузок на окружающую среду в результате интенсивной миграции, нитратов, подвижного фосфора в зону грунтовых вод, повышения контаминации почвы патогенными микроорганизмами, жизнеспособными яйцами гельминтов в случае применения необеззараженного бесподстильного навоза, помета;
- снижение качества продукции растениеводства вследствие накопления в ней нитратов, калия, фосфора в токсических концентрациях, нарушение баланса Ca:P; K:Ca+Mg; суммы кислотных и щелочных грамм-эквивалентов (таблица);
- уменьшение окупаемости применения удобрений, коэффициентов использования из них биогенных элементов растениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Бессменное возделывание костреца безостого в условиях дерново-подзолистых почв без применения удобрений обусловило его динамичное выпадение в травостое уже в первые годы произрастания. Доминирующими становились травосмеси дикорастущих растений, наиболее приспособленные к условиям произрастания.

2. Регулярное применение бесподстилочного навоза в агроценозах с бессменным возделыванием костреца безостого способствовало его высокопродуктивному долголетию, подавляющему преобладанию в травостое.
3. Высокопродуктивное долголетие костреца безостого в условиях регулярного, интенсивного применения бесподстилочного навоза на протяжении 34 лет исследований не зависело от возраста травостоя, определялось дозой удобрений, погодными условиями вегетационного периода.
4. Систематическое применение бесподстилочного навоза позволило исключить дорогостоящее перезалужение костреца безостого при его бессменном выращивании.
5. Регулярное применение бесподстилочного навоза в дозах, не превышающих N300 в агроценозе с бессменным возделыванием костреца безостого обусловило увеличение эффективного и потенциального плодородия почв, урожайности костреца безостого, повышение качества зеленой массы.
6. Длительное ежегодное применение бесподстилочного навоза в дозах, превышающих N300, сопровождалось снижением экономической эффективности его использования, качества зеленой массы костреца безостого, коэффициентов использования элементов питания растениями, химическим и биологическим загрязнением дерново-подзолистой супесчаной почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Приоритетный национальный проект «Развитие АПК», утвержд. 19.10.2005г. расширенным заседанием коллегии МСХ РФ, протокол №5.
- [2] Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008 – 2012гг. утвержд. Постановлением Правительства РФ от 14.07.2007г. № 446.
- [3] Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020гг. утвержд. Постановлением Правительства РФ от 14.07.2012г. № 717.
- [4] Климова Н.В. Обеспечение продовольственной безопасности России как стратегическая задача государства / Н.В. Климова // Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. – 2016.- № 2.- С.74 – 89.
- [5] Приоритетные направления поддержки в рамках проекта «Российский фермер»: Информационный бюллетень МСХ РФ, 2011 г. - № 2. – С. 29-31.
- [6] Беляничев С. Инвестиции в АПК России / С. Беляничев // PerfectAgroTechnologies.– 2010. - №1. - С. 2-9.
- [7] Дозы и сроки внесения бесподстилочного навоза: методические рекомендации / ВИУА, ВАСХНИЛ; сост. Г.Е.Мерзлая, С.Ф. Полуин, В.А.Васильев. – М., 1990. – 24с.
- [8] РД-АПК 1.10.15.02-17 Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета / МСХ РФ; сост. Федоренко В.Ф., Н.П. Мишуров и др.- М., 2017. – 167с.
- [9] Долгов В.С. Гигиена уборки и утилизации навоза / В.С. Долгов - М.:Россельхозиздат, 1984. – 175с.
- [10] Хельсинская конвенция по защите морской среды района Балтийского моря. 9.04.1992. Приложение III. Вторая часть: предотвращение загрязнения от сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.docs.cntd.ru/document/1900924.html>, свободный.
- [11] Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза / Г.Е. Мерзлая [и др.]. - М.: Россельхозакадемия - ГНУ ВНИИОУ, 2006 - 463с.
- [12] Летяго С.В. Влияние жидкого навоза на плодородие почвы и урожайность культур / С.В. Летяго, А.Г. Таразевич, Л.И. Кузнецова // Бюллетень ВИУА. - 1991. - № 107.С.21-27.
- [13] Береснев Б.Г. Влияние систематического внесения возрастающих доз бесподстилочного навоза в севообороте на плодородие дерново-подзолистой почвы // Б.Г. Береснев, И.А. Нестерович, Т.И. Матюшина // Агрохимия. - 1989. - №9. - С.50-60.
- [14] ГОСТ 17.4.3.06-86 Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ; введ. 1987-07-01. – М.: Изд-во стандартов, Стандартинформ, 2008. – 3с.

- [15]Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации. Издание второе / под общей редакцией Сычева В.Г. - М.: ВНИИА, 2005. - 196с.
- [16]ГОСТ 10 116 - 87 Опыты полевые с удобрениями. Порядок проведения. – Взамен ОСТ 46-23-74; введ. 1988 – 07 – 01. – М.: Госагропромом СССР, 1988. - 48с.
- [17]Практикум по агрохимии: учеб. пособие / под ред. В.Г. Минеева.- М.: Изд-во МГУ, 2001. - 689с.
- [18]Методические указания по разработке проектно-технологической документации по рациональному использованию кормов / Минсельхозпрод Р; сост. В.В. Лепешкин, Н.А. Тумаев, А.А. Комаров – М.,1992. - 92с.
- [19]Минеральный состав кормов по экономическим районам Российской Федерации (справочник) / под ред. А.М.Артюшина - М.: МСХ РФ, ЦИНАО, 1995. - 134с.

Глава IV/40: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПОД РАСТИТЕЛЬНЫМИ ЦЕНОЗАМИ АГРОЛАНДШАФТА

Chapter IV/40: Characteristic of the Formation of Effective Soil Fertility Under Vegetation Cover in the Agrolandscape

**Иван Ф. Медведев*, Анастасия С. Бузуева, Денис И. Губарев, Александр Ю. Верин,
Михаил Ю. Несветаев**

DOI 10.25680/4178.2018.60.45.305

*Эл. Почта: Squirrel-rush@mail.ru

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», Тулайкова ул., д.7, 410010 г. Саратов, Россия

РЕЗЮМЕ. Выявлена особенность формирования элементов питания в зависимости от вида использования земли. На залежных землях содержание нитратного азота в среднем по профилю на 35 % меньше, чем на зернопаровом и на 51 % меньше, чем на зернотравяном севооборотах. Целинные земли оказались еще менее обогащены нитратным азотом, чем залежные. Значительная часть фосфора по всем видам использования земли сосредоточена в слое 0-40 см – 23,2%. В среднем в метровом слое почвы содержание доступного фосфора под залежью было в 3,5 раза выше, чем под остальными видами использования пашни. Установлена зависимость уровня продуктивности от способа использования почвы. В среднем по всем годам исследования максимальным (2,28 т з.ед./га) он был на залежи, минимальным на целинных участках (1,5 т з.ед./га). Продуктивность пашни занимала промежуточное положение между соответствующими показателями целины и залежи (1,85 т з.ед./га).

Abstract. The specifics of the formation of plant nutrition elements is revealed depending on the type of land use. In set-aside fallow lands, the content of nitrate nitrogen is 35% less on average in the profile than in a cereal-fallow rotation and 51% less than in a grain crop rotation. Virgin lands were even less enriched with nitrate nitrogen than set-aside fallow. A significant part of phosphorus (23.2%) is concentrated in the 0-40 cm layer under all types of land use. On average, in a meter layer of soil, the content of available phosphorus under the set-aside fallow was 3.5 times higher than under the other uses of arable land. We found a dependence of the productivity level from the type of land use. On average, for all years of the study, the maximum crop yield of 2.28 tonnes grain units per hectare came from re-used set-aside land, the minimum from cultivated virgin lands (1.5 t gr.un/ha). The productivity of permanent arable land (1.85 t gr.un/ha) had an intermediate position between the virgin land and the set-aside land.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: яровая мягкая пшеница, агроландшафт, целина, залежь, продуктивность, нитратный азот, подвижные формы фосфора

Keywords: spring soft wheat, agrolandscape, virgin land, set-aside land, productivity, nitrate nitrogen, mobile forms of phosphorus

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное длительное использование земель сельскохозяйственного назначения и активность эрозионных процессов в агроландшафте привели к заметным потерям почвенного плодородия. Восстановление таких почв процесс очень длительный. Один из основных приемов восстановления плодородия деградированных почв – перевод пашни из интенсивного использования в залежное состояние.

Ежегодное поступление отмирающей органики в почву формирующейся под естественным травостоем залежной пашни постепенно восстанавливает уровень ее плодородия [1,3].

Индикаторами состояния почвенной системы по уровню плодородия, наряду с уровнем ежегодной урожайности биомассы, являются содержание в почве минерального азота, подвижные формы фосфора и калия [1,2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на полях ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» на черноземе южном малогумусном маломощном глинистом. Яровая пшеница возделывалась на двух 6-польных севооборотах: зернопаровой (пар, озимая пшеница, яровая пшеница, просо, 2 года яровая пшеница) и зернотравяной (3 года многолетние травы, 3 года яровая пшеница). Для сравнения использовали залежный ценоз с возрастом 35 лет и целинный ценоз. Исследования проводились в полевых условиях по фенологическим фазам яровой пшеницы (кущение, колошение, полная спелость), залежного и целинного ценозов – в фазу массового цветения. По слоям через 10 см до 1 м проводилось определение содержания подвижной формы фосфора (в 1-% углеаммонийной вытяжке по Мачигину ГОСТ 2625-91), минерального азота (по ГОСТ 26423-85). Продуктивность сена определяли методом укосов с пересчетом на абсолютно сухую массу, зерна – учетом биологической урожайности на корню с пересчетом на влажность 14%. Сорт яровой мягкой пшеницы «Воевода», технология возделывания – общепринятая.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Целью исследований было изучить динамику формирования элементов эффективного плодородия под различными растительными системами агроландшафта, продуктивность полевых ценозов на примере яровой пшеницы в условиях зернопарового и зернотравяного севооборотов и экстенсивно используемой в агроландшафте залежи и целины в зависимости от погодных условий и применяемых удобрений. Изучаемый агроландшафт представлен основными элементами растительной структуры: интенсивно используемой под полевыми севооборотами пашней, залежью и целиной. Активность процессов формирования почвенного плодородия в агроландшафте определяется прежде всего долей интенсивно используемой в агроландшафте пашней. Экстенсивно используемые залежь и целина играют роль восстановителей почвенного плодородия. Наряду с пополнением органического вещества основная роль экстенсивно используемой пашни в агроландшафте это борьба с эрозией и деградацией почвы.

При длительном возделывании яровой пшеницы в севообороте важную роль в формировании ее урожайности играют почвенно-экологические условия и прежде всего уровень обеспеченности и соотношения между основными элементами почвенного плодородия [4].

В ходе исследований проведен анализ процессов формирования потенциального плодородия основных растительных систем в агроландшафте. С учетом гидротермического коэффициента (ГТК) вегетационного периода были сформированы 3 погодных типа – засушливый, увлажненный и влажный. В засушливом году ГТК за период вегетации яровой пшеницы составил 0,4, что по классификации означает «сильная засуха». В этот год после окончания снеготаяния суммарный запас продуктивной влаги метрового слоя почвы под пшеницей достиг 207,7 мм, но в условиях острой засухи за один месяц (с апреля по май) уменьшился на 42%, а в пахотном слое (0-30 см) – на 75,2%. В фазу кушения яровой пшеницы запас продуктивной влаги метрового слоя уменьшился в 2 раза (до 104 мм). Минимальное содержание влаги находилось в слое 0-40 см. К фазе колошения яровой пшеницы запасы продуктивной влаги метрового слоя почвы по сравнению с предыдущей фазой уменьшились на 39%. Наиболее активно продуктивная влага использовалась из слоя почвы 60-100 см. За время между фазами колошения и полной спелости отмечалось повторное обострение засухи. К фазе полной спелости запас продуктивной влаги уменьшился по сравнению с фазой колошения на 7,3%.

Растениям для своего развития, наряду с влагой, требуется комплекс питательных элементов.

В питании растений большую роль играют подвижные и легкоусвояемые формы азота, количество которых в почве очень перманентно [6].

В фазу кущения яровой пшеницы в почвенном слое 0-50 см нитратного азота содержалось 7,11 мг/кг. Концентрация азота происходила в верхнем (0-10 см) слое почвы. Колошение отмечается снижением содержания нитратного азота, по сравнению с фазой кущения на 20,5%. По окончании колошения азот уже почти не усваивался из почвы, что возможно связано с процессом реутилизации азота самим растением.

Доступный для питания растений фосфор находится в почве в форме легкорастворимых фосфатов. В фазу кущения яровой пшеницы содержание подвижного фосфора составило 19,15 мг/кг. Период колошения характеризуется снижением содержания фосфора на 24%, что объясняется максимальным расходом его на формирование вегетативной массы, с последующим его накоплением в почве к фазе спелости до 19,23 мг/кг.

Вегетативная масса растений на момент кущения составила 0,29 т/га. С увеличением в фазу колошения на 70,4% и в фазу спелости на 61%. Отмечена высокая отрицательная корреляционная зависимость массы растений с содержанием нитратного азота в почве ($r = -0,86$), а с содержанием подвижного фосфора – низкая ($r = 0,23$).

В увлажненный тип погоды (ГТК = 0,7-1,1) запас продуктивной влаги в фазу кущения составил 167,5 мм. Иссущения пахотного горизонта не происходило. Минимальное содержание влаги отмечалось на глубине 50-70 см. Период фазы колошения характеризовался экстремально влажными погодными условиями с суммой осадков 145 мм. Запасы влаги метрового слоя увеличились на 43%. За время между фазами колошения и полной спелости в 2013 году отмечалась слабая засуха (ГТК = 0,6), но выпавшие в предшествующий период осадки позволяли растениям развиваться в нормальном режиме. Запас продуктивной влаги уменьшился по сравнению с фазой колошения на 56%.

Состояние минерального азота в почве находится под давлением погодных условий. Распределение азота по фазам вегетаций растений по гумусному слою было равномерным и в фазу кущения составляло в среднем 8,99 мг/кг. К фенологической фазе колошения, содержания азота в почве снизилось на 37,8%. Наиболее высокое расходование нитратного азота отмечено в фазу полной спелости – 54,2%, что связано с выносом его яровой пшеницей.

В условиях влажного года отмечается низкое содержание фосфора в почве. На распределение подвижного фосфора по фазам вегетации яровой пшеницы погодные условия не оказали заметного влияния. Максимальное содержание отмечалось в период кущения (11,27 мг/кг), затем происходило его снижение в фазу колошения и полной спелости (7,15 и 7,82 мг/кг) соответственно.

При ГТК = 1,4 содержание нитратного азота в фазу кущения составляло всего 1,17 мг/кг. В фазу колошения отмечается увеличение нитратного азота на 77,2% и к моменту уборки убыль нитратного азота в почве составляет более 70% от содержания в предыдущей фазе.

Распределение подвижного фосфора по фазам вегетации во влажные годы (ГТК 1,4) проходит в сторону увеличения от кущения до полной спелости. Увеличение содержания фосфора за период вегетации яровой пшеницы составляет 97,7%. Что связано с увеличением температуры окружающей среды, лучшим прогреванием почвы и увеличением активности почвенных микроорганизмов.

Исследованиями подтверждено, что форма использования пашни оказала существенное влияние на содержание основных элементов питания (табл. 1).

По результатам наблюдений, растения на зернотравяном севообороте, из-за более высокого уровня плодородия почвы, всегда развиваются лучше, чем на зернопаровом севообороте, что сказывается на степени усвоения питательных элементов для формирования продуктивности.

Исследования показали, что по содержанию нитратного азота в среднем по горизонтам почвы наименьшее значение принадлежит целинному ценозу (0,96 мг/кг). В естественных ценозах преобладают формы аммонийного азота, что связано с действием температуры и условий увлажнения, которые более благоприятны для процесса аммонификации. Соотношение между нитратной и аммиачной формами азота в почве под пашней равнялось 4, а под фитоценозами 0,48 (залежь) и 0,44 (целина). На обрабатываемых землях минимальное содержание нитратного азота отмечено на зернопаровом севообороте (2,96 мг/кг). Благодаря действию удобрений, содержание его увеличивается на 17,78%. При включении в севооборот многолетних трав, содержание азота увеличивается на 36,1%, и на 43,8 % на удобренном варианте.

На залежных землях содержание нитратного азота в среднем по профилю на 35 % меньше, чем на зернопаровом и на 51 % меньше, чем на зернотравяном севооборотах. Целинные земли оказались еще менее обогащены нитратным азотом, чем залежные.

В среднем в метровом слое почвы содержание доступного фосфора под залежью было в 3,5 раз выше, чем под остальными видами использования пашни. Наименьшее содержание отмечено под землями зернопарового севооборота. На удобренном варианте зернотравяного севооборота отмечается увеличение подвижного фосфора на 15,7%, что является наибольшим значением на двух севооборотах.

Под исследуемые фитоценозы для интенсификации процессов почвообразования вносилось 2 дозы азотного удобрения (аммиачная селитра) из расчета: 30 и 60 кг/га (табл. 2). На целине и залежи удобрения вносились в период отрастания травы, а под яровую пшеницу – под предпосевную культивацию.

Таблица 1- Содержание питательных элементов в почве при различном ее использовании на разных дозах удобрений, мг/кг

Пита- тельный элемент, мг/кг	Поч- венные гори- зонты	Вид сельскохозяйственного использования почвы					
		Яровая пшеница				Целина	Залежь 35 лет
		Зернопа- ровой севообо- рот	Зернопа- ровой севооборот (N60)	Зернотравя- ной севооборот	Зернотравя- ной севооборот (N60)		
N-NO ₃	Гор.А	4,73	6,65	4,66	7,46	1,64	0,80
	Гор В	2,13	2,18	3,22	4,78	0,71	2,39
	Гор. С	2,02	1,98	5,10	3,58	0,53	3,90
Среднее по горизон- там	А+В+С	2,96	3,60	4,33	5,27	0,96	2,36
Р ₂ O ₅	Гор.А	10,78	11,13	19,48	23,86	18,30	44,00
	Гор В	1,30	2,25	3,08	4,12	2,30	19,18
	Гор. С	2,10	0,80	2,25	1,44	1,90	11,15
Среднее по горизон- там	А+В+С	4,73	4,73	8,27	9,81	7,50	24,78

Максимальное эффективное действие азотных удобрений отмечалось на необрабатываемых фонах в годы с ГТК 0,4 и 0,7. Внесение N₃₀ по сравнению с неудобренным вариантом позволило увеличить урожай залежного ценоза на 48% при ГТК 0,4 и на 59,4% при ГТК 0,7, а целинного ценоза на 12,9% и 48,7% соответственно. На пашне в эти годы уровень продуктивности, на варианте с внесением 30 кг д.в. аммиачной селитры, значительно уступал другим изучаемым угодьям. По сравнению с неудобренным контролем эффективность доз вносимых удобрений составила 6,25% и 31%.

Во влажный год (ГТК=1,4) действие N₃₀ увеличило продуктивность пашни на 41,8%, залежи на 16,4% и целины на 28,6%.

По сравнению с N₃₀, внесение двойной дозы азотного удобрения (N₆₀), в среднем по всем сельскохозяйственным фонам и годам, способствовало росту продуктивности на 116%. Наиболее эффективно двойная доза работала на залежи 35 лет. Прибавка продуктивности от двойной дозы по сравнению с одинарной составила в сухой год - 84%, в увлажненный - 103,8%. Самая низкая эффективность двойной дозы азота оказалась при ГТК=1,4 – 16,4%. В условиях хорошего увлажнения (ГТК 1,4) максимальный эффект от использования удобрений дает обрабатываемая пашня, в то время как при засушливых условиях (ГТК 0,4 - 0,7) наибольшую прибавку дают фитоценозы, где увеличение связано с изменением структуры растительного покрова.

Таблица 2 - Продуктивность агробиоценозов, т з.ед./га.

ГТК	Угодья								
	Целина			Залежь 35 лет			Пашня		
	1*	2	3	1	2	3	1	2	3
0,4	0,31	0,35	0,56	1,00	1,48	1,84	0,80	0,85	1,09
0,7-1,1	1,19	1,77	2,38	1,33	2,12	2,71	1,55	2,03	2,65
1,4	2,10	2,15	2,70	3,05	3,45	3,55	1,94	2,75	2,95
Математическая обработка данных									
Факторы			НСР _{05%}			Fтеор.		Fпракт.	
А (агробиоценоз)			0,227			3,18		128,753*	
В (удобрение)			0,227			3,18		23,617*	
С (годы)			0,227			3,18		24,385*	

*1-без удобрений; 2- доза N30; 3- доза N60

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследованиями подтверждено, что вид использования почвы в агроландшафте оказал существенное влияние на содержание основных элементов питания. На залежных землях содержание нитратного азота в среднем по профилю на 35 % меньше, чем на зернопаровом и на 51 % меньше, чем на зернотравяном севооборотах. Целинные земли оказались еще менее обогащены нитратным азотом, чем залежные. Снижение содержания азота на нарушенных механическими обработками почвах связано с постоянными агрофизическими свойствами почвы и высоким уровнем дифференциации размещения органических остатков по гумусовому профилю почвы.
2. Установлена зависимость уровня продуктивности от способа использования почвы, условий произрастания и влияния удобрений. По всем годам исследований залежные ценозы отличались высокой продуктивностью (2,28 2,28 т з.ед./га), целинные – минимальной (1,5 т з.ед./га). Пашня занимала промежуточное положение между соответствующими показателями целины и залежи (1,85 т з.ед./га).
3. Максимальное эффективное действие по двум дозам (N₃₀ и N₆₀) азотных удобрений отмечалось на необрабатываемых фонах при ГТК=0,4-0,7. Прибавка продуктивности для залежи составила 53,7% (N₃₀) и 92% (N₆₀), для целины 30,8% (N₃₀) и 72,3 % (N₆₀), Однако при ГТК 1,4 большая отзывчивость на вносимые удобрения оказалась на пашне 41,8% (N₃₀) и 52,1% (N₆₀).



ЛИТЕРАТУРА

- [1]Каземиров С.В. Экологические аспекты развития почвенно-растительной системы южного чернозема на залежах / автореферат канд. с.-х.н, 2007 г. - 20 с..
- [2] Медведев И.Ф. Влияние почвенно-агрохимических показателей на формирование корневой системы яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в различных погодных условиях на черноземах южных / Медведев И.Ф., Деревягин С.С., Губарев Д.И., Бузуева А.С., Азаров К.А. // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. №3. С. 8-13

[3]Медведев, И.Ф. Роль залежных и полевых ценозов в формировании плодородия почв // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова / И.Ф. Медведев. Л.Б. Сайфуллина, И.И. Елистратова, М.Н. Панасов, Саратов, 2009. – с.22-27.

[4]Чуб, М.П. Современное состояние плодородия почв Саратовской области /М.П.Чуб, И.Ф. Медведев, Н.В. Потатурина // Агрохимия.- 2003.- №4. - С. 5-13

Глава IV/41: ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ АГРОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Chapter IV/41: The Influence of Phytomelioration on Soil Fertility of Agrogenic Landscapes

Людмила Н. Пуртова^{*1}; Олег В. Полохин¹; Людмила Н. Щапова¹, Алексей Н. Емельянов²

DOI 10.25680/2158.2018.90.52.306

*Эл. Почта: Purtova@ibss.dvo.ru

1.ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Пр-т 100-летия Владивостока 159, 690022, Владивосток, Россия

2.ФГБУН Приморский НИИСХ, 692539 Приморский край, Уссурийский р-он, п. Тимирязевский, ул.Воложенина 30, Россия.

РЕЗЮМЕ. Плодородие определяющее свойство почв при использовании в сельском хозяйстве. Одним из важнейших показателей плодородия почв является их гумусное состояние. Оценка и прогнозирование процессов гумусообразования в условиях усиливающейся дегумификации при использовании почв в системе земледелия важная научная и практическая задача. Цель работы – оценить изменения в основных параметрах плодородия почв при возделывании различных фитомелиорантов суходольной части мелиоративной системы агроландшафта. Проанализировано гумусное состояние, микрофлора, каталазная активность, агрофизические показатели почв на 4 экспериментальных делянках. Установлена тесная связь качественно-количественных изменений свойств почв, с видом используемых трав-фитомелиорантов. При возделывании всех видов фитомелиорантов гумус переходит в более стабильное состояние. Положительное влияние на потенциальную способность почв к гумусообразованию зафиксировано в посевах бобовых трав. Микробиологические процессы развиваются по минерализационному типу. Сделан вывод, что наиболее эффективным мелиорантом является люцерна. Отмечено, что при длительном возделывании многолетних трав на всех опытных делянках увеличивается плотность сложения почв.

Abstract. Fertility is the determining property of soils when used in agriculture. One of the most important indicators of soil fertility is their humus state. Estimation and forecasting of humus formation processes under conditions of increasing dehumification when using soils in the system of agriculture is an important scientific and practical task. These indicators are very important for the characteristics of the fertility of agricultural soils. The aim of this work is to evaluate patterns of change in major soil fertility parameters in the cultivation of various phytomeliorants on soils of the upland parts of the drainage systems of the agricultural landscape. The humus status, microorganisms, catalase activity were analyzed in 4 experimental plots. Qualitative and quantitative changes are closely related to the used of herbs-phytomeliorants. In the cultivation of all kinds of meliorants humus goes into a more stable state. A positive impact on the potential ability of soils to humus formation in crops of legumes and grasses was found. Microbiological processes are developed by mineralization type. The most effective soil improving crop is alfalfa. Prolonged cultivation of perennial grasses increases the density of the soil structure on all experimental plots.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: земли сельскохозяйственного назначения, фитомелиорация, плодородие, гумусное состояние, микрофлора, каталазная активность почвы, агрогенный ландшафт

Keywords: agricultural land, phytomelioration, fertility, humus status, microflora, catalase activity of soil, agrogenic landscapes

ВВЕДЕНИЕ

Значение почвы при использовании в сельском хозяйстве в результате окультуривания определяется ее основным свойством – плодородием. Важные показатели, определяющие уровень почвенного плодородия это состав гумуса, комплекс биологических свойств (количество и видовой состав микроорганизмов, ферментативная активность), физико-химические свойства почв.

К одному из методов улучшения плодородия почв, в том числе и их гумусного состояния, при котором, задействован природный потенциал растений, относится фитомелиорация. Метод весьма перспективен для восстановления плодородия ранее используемых в сельском хозяйстве почв [11, 12, 13]. Несмотря на широкий круг исследований до настоящего времени остаются нерешенными вопросы по влиянию многолетних трав на плодородие почв [5, 8, 10]. Цель работы анализ и оценка длительного применения различных видов фитомелиорантов на плодородие агрообразцов Приморья. В задачи исследований входило: исследование изменения основных параметров гумусного состояния агрообразцов и их потенциальную способность к гумусообразованию. Изучение микрофлоры, оценка обогащенности почв каталазой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований агрообразцы, сформированные в пределах суходольной части мелиоративной системы. Исследования проводились на полях ПримНИИСХ в специально заложенном полевым опыте (пос.Тимирязевский, Уссурийский район, Приморский край) в течение 2011- 2013 г.г. по схеме: 1.Контроль (пар); 2.Люцерна изменчивая; 3.Кострец безостый; 4. Клевер луговой. Размер делянок составлял 100м², повторность опыта трехкратная, с высеваем семян: люцерна изменчивая – 20 кг/га, кострец безостый и клевер луговой – 25 кг/га. Отбор почвенных образцов проводили методом конверта, в осенний период. Смешанный почвенный образец состоял из 40 индивидуальных проб. Содержание гумуса определяли по бихроматной окисляемости методом Тюрина [3], фракционно-групповой состав гумуса – по Кононовой-Бельчиковой [7]. Для характеристики интенсивности протекания разных стадий процесса гумификации использованы показатели, предложенные М.Ф. Овчинниковой: для оценки интенсивности процесса новообразования гуминовых кислот и формирования их подвижных форм – соотношение гуминовых кислот 1-й фракции с соответствующими фракциями фульвокислот (Сгк-1/Сфк-1); для оценки интенсивности процесса полимеризации гумусовых структур и формирования гуматов – Сгк-2/Сфк-2 [6]. Потенциальную способность к гумусообразованию определяли по методу, предложенному Александровой Л.Н., Юрловой О.В. [2]. Каталазную активность почв исследовали газометрически, микрофлору общепринятыми в почвенной микробиологии методами [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные показатели гумусного состояния: Гумусообразование в условиях фитомелиоративного опыта проходило в условиях слабощелочной среды (Таблица 1).

Таблица 1- Изменение кислотности в агрообразцах

Вариант опыта	pHв	pHс
1.Контроль (пар)	7,21	6,13
2.Люцерна изменчивая	7,70	6,87
3.Кострец безостый	7,31	6,08
4.Клевер луговой	7,34	6,25

Содержание гумуса, согласно оценочным грациям [7] соответствовало в основном уровню низких и ниже средних значений. Запасы гумуса, по сравнению с контролем, возросли на вариантах с посевами бобовых трав (Таблица 2). В посевах люцерны запасы гумуса в слое 0-20 см достигали средних значений, а в посевах кострца, клевера и на контроле они оставались на уровне низких показателей.

По сравнению с контролем увеличение запасов гумуса свойственно вариантам с посевами люцерны, что вызвано увеличением содержания гумуса с 3,27 до 4,23% и во многом обусловлено

процессами азотфиксации, а также высококачественной органической массой пожнивных и корневых остатков, которые легко разлагаются почвенной микрофлорой.

Тип гумуса в горизонте РU агрообразов в основном гуматно-фульватный. На вариантах с посевом люцерны отмечен фульватно-гуматный тип гумуса. Вероятно, большому выходу гуминовых кислот, на наш взгляд, способствовала слабощелочная реакция среды почв, обуславливающая щелочной гидролиз органических соединений на вариантах с посевом люцерны. Содержание «свободных» гуминовых кислот достигало уровня низких значений, а гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} , возросло до высоких (76,9) и очень высоких (84,5%). На вариантах с посевами люцерны количество гуминовых кислот, связанных с кальцием, очень высокое. При этом содержание первой агрессивной фракции фульвокислот низкое (варианты 1-3,6; 3-1,9; 4-2,8 % от Собщ) и очень низкое (вариант 2- 2,8% от Собщ).

Таблица 2- Изменение некоторых показателей гумусного состояния почв в агрообразцах с посевами фитомелиорантов

Вариант опыта	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса, т/га	Содержание «свободных»	Содержание связанных с Ca ²⁺	C _{гк} /C _{фк}
			гуминовых кислот, в % от их суммы		
1.Контроль (пар)	3,27 ± 0,01	90,9±0,31	20,5 ±0,15	79,5 ± 0,78	0,99 ±0,01
2.Люцерна	4,23 ± 0,01	116,7±0,39	15,4 ± 0,23	84,5 ± 0,29	1,36± 0,02
3.Кострец	3,00 ± 0,01	84,0±0,22	23,1 ± 0,10	76,9 ±0,49	0,89±0,06
4.Клевер	3,40 ± 0,09	93,2± 2,74	22,1 ± 0,01	77,9 ± 1,13	0,80±0,06

В агрообразцах с посевами фитомелиорантов наиболее интенсивно выражена стадия полимеризации и конденсации гумусовых кислот, если исходить из соотношения, СГК-1/СФК-1и СГК-2/СФК-2. Показатели СГК-2/СФК-2 составили на контроле -2,0, на вариантах 2 (люцерна) – 1,8; 3 (кострец)- 1,1; 4 (клевер) – 0,91. Интенсивность стадии новообразования гуминовых кислот была более низкой, вследствие стабилизации системы гумусовых веществ в осенний период, о чем свидетельствовали высокие показатели содержания гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} . Соотношение СГК-1/СФК-1 составило на контроле – 0,34, на вариантах 2 (люцерна) – 0,61; 3 (кострец) – 0,63; 4 (клевер) – 0,57.

Агрофизические показатели: Изменения происходили и в агрофизических показателях почв: так, под многолетними культурами наблюдалось уплотнение пахотного горизонта, которое достигало наибольшего значения под люцерной; под клевером – минимальное, под кострецом и донником показатель плотности сложения занимал промежуточные значения. В последующие годы возделывания культур плотность сложения почвы больше всего увеличилась под кострецом. Под клевером она была меньше на $0,03 \text{ г/см}^3$, а на контроле и под люцерной – на $0,01$ и $0,02 \text{ г/см}^3$ соответственно (Таблица 3).

Таблица 3- Агрофизические показатели почвы под многолетними культурами

Культура	Влажность, %	Плотность, г/см^3	Плотность твёрдой фазы, г/см^3	Пористость, %
1.Контроль (пар)	24,40	1,39	2,55	45,00
2.Люцерна	21,70	1,38	2,55	45,70
3.Кострец	23,40	1,40	2,57	43,80
4.Клевер	21,80	1,37	2,54	45,60

Микрофлора и каталазная активность: Биогенность агроабраземов определялась численностью микроорганизмов, развивающихся за счет минеральных источников азота (среда КАА), что свидетельствует о преобладании микробиологических процессов минерализации органического вещества во всех вариантах опыта (Таблица 4). Минимальное значение коэффициента минерализации отмечено в посевах люцерны. Возможно, этим можно объяснить повышенное содержание гумуса в этом варианте (Таблица 2). В варианте с клевером эти процессы также достаточно интенсивны.

Процессы разложения свежего органического вещества (аммонификация) идут активно в варианте с посевом люцерны изменчивой, где численность аммонифицирующих микроорганизмов (среда МПА) была высокой.

Таблица 4- Численность и групповой состав микроорганизмов в фитомелиоративном опыте (тыс. КОЕ на 1 г почвы)

Вариант	Аммонификаторы, (МПА)	Грибы на среде Чапека	Бактерии, использующ. Минерал.азот (КАА)	Актиномицеты	Олигонитрофилы	КМ*
1. контроль (пар)	6300±731	16±3,0	29388±1460	25±4,1	16708±1746	4,6
2. Люцерна	6240±311	30±4,0	15730±599	36±4,1	20335±2880	2,5
3. Кострец	4260±138	16±3,0	52800±3110	54±5,8	15720±424	12,3
4. Клевер	3680±55	17±3,7	27132±4480	24±5,2	11305±288	7,3

*КМ – коэффициент минерализации – соотношение групп микроорганизмов на КАА и МПА

Наименьшей напряженностью развития процессов аммонификации отличались варианты с кострецом и, особенно, с клевером. Большая численность олигонитрофильных микроорганизмов в составе микрофлоры свидетельствует о значительном присутствии фиксированного азота в почве. Вариант с посевами люцерны заметно выделялся по содержанию олигонитрофильных микроорганизмов, где численность составляла более 20 млн. КОЕ на 1г почвы. В вариантах с кострецом и клевером количество олигонитрофилов было значительно меньшее, чем в варианте с люцерной.

Исследованиями ферментов из класса оксидоредуктаз (каталаза) установлено, что в посевах люцерны характерны высокие показатели каталазной активности почв – 4,0 O₂ см³/ г почвы за 1 мин, что соответствовало среднему уровню обогащенности почв каталазой [6]. Это свидетельствовало о высокой биологической активности микрофлоры в посевах люцерны в горизонте PU. Для данного варианта зафиксирована и большая потенциальная способность почв к гумусообразованию [1], которая составила 1,6 %.

На остальных вариантах опыта обогащенность почв каталазой низкая и составила на варианте 1- 2,9 O₂ см³/ г почвы за 1 мин; 3 – 2,7; 4 – 2,2 см³/ г почвы за 1 мин. Потенциальная способность почв к гумусообразованию также несколько уменьшалась на контроле до 0,2%, на вариантах с посевами костреца и клевера – 0,7%, 1,0 % соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенными исследованиями установлено, что применение фитомелиорантов на агроабраземах Приморья оказывает позитивное влияние на плодородие почв. Гумус почв переходит в более стабильное состояние. В составе гумуса доминируют гуминовые кислоты связанные с Ca²⁺, и более интенсивно протекает стадия полимеризации и конденсации гумусовых кислот.
2. Установлено положительное влияние посевов бобовых трав (люцерна, клевер) на потенциальную способность почв к гумусообразованию. Наиболее эффективным являются посевы люцерны, где зафиксирована наибольшая потенциальная способность к гумусообразованию. Позитивные качественно-количественные изменения в составе гумуса,

проявились в увеличении количества гуминовых кислот, уменьшении содержания агрессивной фракции фульвокислот и изменении типа гумуса (с гуматно – фульватного на фульватно-гуматный).

3. Исследования микрофлоры в агрообразцах с посевами фитомелиорантов показало, что микробиологические процессы развиваются по минерализационному типу. Наименее выражены эти процессы в почве с посевами люцерны. В посевах люцерны отмечены высокие показатели каталазной активности почв
4. Изменение агрофизических показателей почв указывает на большее увеличение плотности сложения почвы в посевах костреца с продолжительностью жизни трав. Вследствие этого уменьшается пористость почв и их способность к воздухообмену, что отрицательно сказывается на развитии сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Агрофизические методы исследования почв. М: Изд-во Наука,1966. 256 с.
- [2]Александрова Л.Н., Юрлова О.В. Методы определения оптимизации содержания гумуса в пахотных дерново-подзолистых почвах (на примере почв Ленинградской области) // Почвоведение. 1984. №8. С.21-23.
- [3]Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
- [4]Методы почвенной микробиологии и биохимии под. Ред. Д.Г. Звягнцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 303 с.
- [5]Новиков В.М. Влияние гороха и гречихи на плодородие почвы и продуктивность звена севооборота при различной основной обработке почвы// Зернобобовые и крупяные культуры. №2. 2012. С.72-76.
- [6]Овчинникова М. Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистых почв при агрогенных воздействиях // Вестник МГУ. Серия почвоведение. 2009. № 1. С. 12-18.
- [7]Орлов Д. С. Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918-926.
- [8]Полохин О.В., Пуртова Л.Н., Тимофеева Я.О., Кошелева Ю.А., Босенко В.М. Влияние многолетних трав на свойства агроземов в Приморском крае //Успехи современной науки.2016. №9. Т.5. С.171-173.
- [9]Пуртова Л.Н. Влияние фитомелиорации на содержание гумуса агротемногумусовых глеевых почв Приморья.//Международный научно-исследовательский журнал.2016.№6(48).Ч.5. С.192-194.
- [10]Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Емельянов А.Н.,Иншакова С.Н. Плодородие агрообразцов Приморья при фитомелиорации // Доклады РАСХН.2013. №6. С.50-52.
- [11]Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Емельянов А.Н., Иншакова С.Н Влияние фитомелиорации на гумусное состояние, микрофлору и агрофизические показатели агрообразцов Приморья // Аграрный вестник Урала. 2016.№ 09(151).С.51-56.
- [12]Сагалбеков У.М., Сагалбеков Е.У., Кусанова М.Е. Агрофизические показатели черноземов обыкновенных под многолетними травами (Северный Казахстан) // Почвоведение. 2013.№ 10. С.1234-1238.
- [13]Скалозуб О.М. Эффективность включения донника белого в состав многолетней травосмеси //Кормопроизводство. 2012. №12. С.7-8.
- [14]Суюндуков Я.Т., Хасанова Р.Ф. Сальманова Э.Ф., Абдуллин М.Р. Повышение устойчивости агроэкосистем степного Зауралья республики Башкортостан приемами фитомелиорации// Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2012. Т.14 №1. С. 244-248.

**Глава IV/42: ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА АДАПТОГЕНА
В УСЛОВИЯХ ВТОРИЧНО-ЗАСОЛЕННЫХ ЛАНШАФТОВ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА**
**Chapter IV/42: Effective Application of an Adaptogenic Preparation under Conditions of
Secondary Saline Landscapes in Southern Kazakhstan**

Абдулла Сапаров*, Бейбут Сулейменов, Галымжан Сапаров, Самат Танирбергенов
DOI 10.25680/2257.2018.75.76.307

*Эл. Почта: ab.saparov@mail.ru

Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, проспект аль-Фараби 75 В, 050060, Алматы, Казахстан

РЕЗЮМЕ. В работе представлены экспериментальные данные по применению физиологически активного препарата адаптогена с полифункциональными свойствами. Препарат испытывался на вторично-засоленных орошаемых светлых сероземах в условиях старой зоны орошения Голодной степи, обширной межгорной впадины, ограниченной с юга Туркестанским хребтом, а с северо-востока Кураминским и Чат-Кальским хребтами. Тип засоления изучаемых орошаемых светлых сероземов сульфатный. Содержание гумуса (0.62-0.70 %) в почве очень низкое, легкогидролизуемого азота (28.3-32.5 мг/кг) – низкое, подвижного фосфора (30.8-34.0 мг/кг) и обменного калия (320-375 мг/кг) – высокое. Обработка семян и опрыскивание растений хлопчатника в фазы всходов и бутонизации адаптогеном ПА-2 повышает устойчивость хлопчатника к экстремальным условиям среды вторичного засоления, улучшает рост и развитие хлопчатника, повышает урожайность хлопка-сырца. Совместное применение минеральных удобрений и препарата адаптогена улучшает технологические качества хлопка-волокна.

Abstract. The work presents experimental data on the use of a physiologically active preparation - an adaptogen with polyfunctional properties on secondary-saline irrigated light Syrozems under the conditions of the old irrigation zone of the Golodnaya Steppe, a vast intermontane area bounded from the south by the Turkestan ridge and from the northeast by the Kuraminsky and Chat-Kalsky ridges. The humus content in the soil is very low (0.62-0.70 %), easily hydrolysable nitrogen is low (28.3-32.5 mg/kg), mobile phosphorus is high (30.8-34.0 mg/kg), exchangeable potassium is high (320-375 mg/kg). The salinity quality of the studied irrigated light Syrozems is sulfate. Seed treatment, spraying of cotton plants in the emergence and budding phases with the PA-2 adaptogenic preparation increases the cotton resistance to extreme environmental conditions of secondary salinization, improves the cotton growth and development and increases the yield of raw cotton. Joint application of mineral fertilizers and adaptogen preparation improves the technological qualities of cotton fiber.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: светлый серозем, вторичное засоление почв, хлопчатник, препарат-адаптоген, минеральные удобрения.

Keywords: light Syrozem, secondary salinization of soils, cotton, adaptogen preparation, mineral fertilizers

ВВЕДЕНИЕ

Южно-Казахстанская область основной производитель и экспортер хлопкового волокна, имеющего стратегическое значение для развития экономики страны в целом. Хлопководство является важнейшей отраслью агропромышленного комплекса, обеспечивает выполнение программы хлопково-текстильного кластера, укрепляет хлопковую независимость страны и повышает благосостояние населения региона [1].

По геологическому строению Голодная степь, где проводились наши исследования, представляет обширную межгорную впадину, ограниченную с юга Туркестанским хребтом, а с северо-востока Кураминским и Чат-Кальским хребтами. Почвообразующая порода мелкоземистые лессово-суглинистые отложения, характеризуется ясной двухчленностью, верхняя часть которой (8-12 м) относительно однородна и состоит из лессовых суглинков, а нижняя часть представлена резко чередующимися слоями глин, песков, супесей, суглинков и галечников [2].

По минералогическому составу эти породы относятся к кальцито-кварцево-палевошпатовым. Ценным свойством для плодородия почв является относительное их богатство тяжелыми

минералами и полевыми шпатами, способными при выветривании освобождать элементы минеральной пищи для растений [3].

Средняя урожайность хлопчатника в Казахстане по сравнению с другими соседними государствами не очень высокая (2014 г., 25 ц/га) [4], однако, в мировом рейтинге 2014 года, среди хлопкосеющих стран, Казахстан по производству хлопка занимает 24 место [5].

Снижение площади посевов и урожайности хлопчатника связано с несоблюдением научно-обоснованных хлопково-люцерновых севооборотов, кроме этого, нерациональное использование земельных и водных ресурсов привело к повышению уровня минерализованных грунтовых вод [6-7], которые при близком залегании вызывают вторичное засоление [8-10].

Для развития хлопководства в условиях вторично-засоленных почв, наряду с мелиоративными и агротехническими мероприятиями большое внимание необходимо уделить изменению биологических свойств самих растений в направлении повышения их солеустойчивости. В связи с этим, научные исследования по разработке и применению экологически чистых агротехнологий, повышающих биоэнергетику семян и растений на основе принципиально новых, биоэнергоинформационных препаратов адаптогенов являются перспективными и востребованными для развития АПК Казахстана [11-12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опытные участки расположены на территории плоской, неглубокой и слабодренированной депрессии, условно названной «Пахтаральской», в северо-западной части Голодной степи. Среднегодовое количество осадков в районе исследований за год составляет 261 мм. Сумма осадков по годам колеблется от 209 до 550 мм. Среднегодовая годовая температура воздуха равна 12⁰, июля 25-27⁰, января 2-3⁰.

Полевой опыт заложен на опытном участке Казахского научно-исследовательского института хлопководства по следующей схеме: 1) Контроль, без удобрений 2) препарат-адаптоген ПА-2, 3) N₇₅P₄₀K₃₀ + ПА-2, 4) N₁₅₀P₈₀K₆₀ + ПА-2. Полевые эксперименты были заложены традиционными методами. Общая площадь опытного участка составляет 600 м², площадь учетной делянки 50 м². Повторность опыта 3-х кратная.

Применяемые удобрения - нитрат аммония (N – 34 %), фосфат аммония (P-46 %, N 11 %) и хлористый калий (K-60 %). Фосфорные и калийные удобрения внесены в осенний период под вспашку, а азотные удобрения в подкормку весной. Препарат-адаптоген ПА-2 использовался для предпосевной обработки семян (1 кг препарата ПА-2, 1 кг нитроаммофоска (NPK 15:15:15), водный раствор - 100 л на 2 т семян) и опрыскивании растений хлопчатника в период всходов и фазу бутонизации физиологически активным водным раствором следующего состава: нитроаммофос (NP 32:6) – 20 кг, препарат ПА-2 – 400 г, вода – 1000 л. Норма расхода рабочих растворов 300 л/га. Опрыскивание хлопчатника проводилось в вечерние часы [13].

Для определения динамики элементов питания пробы почвы отбирались перед закладкой опыта и в период вегетации хлопчатника по слоям 0-20 и 20-40 см. Анализ почвенных образцов включает определение водной вытяжки по ГОСТу 26433-85-26428-85, pH потенциометрически, гумус по Тюрину, гидролизующий азот по Тюрину-Кононовой, подвижный фосфор и обменный калий по Мачигину, гранулометрический состав по Качинскому, поглощенные основания по Шмуку и Антипову-Каратаеву [14].

Для исследования использован районированный сорт хлопчатника Мактаарал – 4007 средневолокнистый, относится к группе скороспелых. Вегетационный период 117-120 дней.

Для обработки данных использовался SPSS пакет статистического анализа (ANOVA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходное состояние светлого серозема (перед закладкой опыта). Почва характеризуется низким содержанием общего гумуса 0,70 ± 0,03 % (таблица 1). Основными элементами питания растений являются подвижные формы азота, фосфора и калия. Содержание в пахотном слое почвы легкогидролизующего азота - низкое 29,8 ± 1,08 мг/кг, а количество подвижного фосфора 37,8 ± 3,25 и обменного калия 480 ± 21,78 мг/кг - высокое. Реакция среды (pH) средне-щелочная, почва высоко карбонатная 7,96-7,86 %. Сумма поглощенных оснований составляет 16,7 мг-экв. на 100 г почвы, катионы кальция составляют 64,7 %, а катионы магния до 30,5 % от суммы оснований.

Почвенно-мелиоративное состояние. Сумма солей в метровом слое орошаемых светлых сероземов из-за прекращения работы коллекторно-дренажной сети составляет более 1 %. Сульфатный тип засоления. В общей сумме солей на долю сульфат-ионов приходится 56-65 %. Уровень грунтовых

вод весной менее 1 м, а осенью понижается до 2,5 м. Минерализация грунтовой воды весной составляет 6-7 г/л, после промывки почвы увеличивается до 14 г/л, с последующим снижением минерализации осенью до 6-7 г/л. Минерализация поливной воды составляет 1,1-1,2 г/л. В осенне-зимний период проводится промывка почвы нормой 5000-6000 тыс. м³/га, а в летний период проводятся поливы нормой 2000-3000 м³/га [15].

Таблица 1. Химический состав светлого серозема перед закладкой опыта

Слой почвы, см	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			CO ₂ , %	pH
		гидрол. N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
0-20	0,70±0,03	29,8±1,08	37,8±3,25	480±21,78	7,96±0,08	8,34±0,01
20-40	0,55±0,02	27,6±0,78	32,3±3,13	457±32,48	7,86±0,11	8,36±0,02

Осенне-зимние атмосферные осадки и промывка почв снижают содержание легкорастворимых солей хлоридов в пахотном и подпахотном слое почвы, что благоприятно сказывается на появлении всходов хлопчатника. Почвенно-мелиоративное состояние почв также влияет на эффективность применяемых минеральных удобрений [16].

По результатам наших исследований всхожесть семян хлопчатника на контрольном варианте составляет 72,3 %. Предпосевная обработка семян препаратом адаптогеном повышает всхожесть на 14,9 % (таблица 2). На вариантах с обработкой семян и применением минеральных удобрений всхожесть несколько выше и находится на одном уровне 88,1-89,3 %.

Одним из показателей продуктивности хлопчатника является масса хлопка-сырца с одной коробочки, количество растений и количество раскрывшихся коробочек на одно растение. Масса одной коробочки на контрольном варианте составляет 3,83 ± 0,53 г, на вариантах с применением препарата адаптогена – 3,98 ± 0,61 г., на фоне полной и половинной дозы минеральных удобрений увеличивается и составляет 4,23 ± 0,63 и 4,17 ± 0,67 г, соответственно. Количество раскрывшихся коробочек на одно растение на контрольном варианте - 3,2 ± 0,31 шт., на вариантах с применением препарата адаптоген на фоне минеральных удобрений повышается от 3,6 ± 0,38 до 4,4 ± 0,61 шт.

Таблица 2. Влияние препарата адаптоген на всхожесть и урожай хлопка-сырца

Варианты опыта	Всхожесть, %	Количество раскрывшихся коробочек на 1 растение, шт.	Средняя масса 1 коробочки, грамм	Урожай хлопка-сырца, ц/га	Прибавка урожая	
					кг/га	%
Контроль	72,3	3,2 ± 0,31	3,83 ± 0,53	16,9	-	-
ПА-2	87,2	3,6 ± 0,38	3,98 ± 0,61	18,0	110	6,5
N ₇₅ P ₄₀ K ₃₀ + ПА-2	88,1	4,1 ± 0,47	4,17 ± 0,67	20,2	330	19,5
N ₁₅₀ P ₈₀ K ₆₀ + ПА-2	89,3	4,4 ± 0,61	4,23 ± 0,63	20,4	350	20,7

Благоприятный рост и развитие хлопчатника при применении минеральных удобрений сказался на урожайности хлопчатника. Так, урожай хлопка-сырца на контрольном варианте составил 16,9 ц/га. Наименьшая существенная разница составляет 0,92 ц/га; ошибка опыта Р=2,24 %. Применение препарата-адаптогена ПА-2 увеличило урожай до 18, ц/га, обеспечив прибавку в 110 кг/га (6,5 %). Применение препарата адаптоген на фоне половинной дозы минеральных удобрений увеличивает прибавку хлопка-сырца до 330 кг/га (19,5 %). Применение полной дозы минеральных удобрений и препарата адаптогена повышает дополнительный урожай на 350 кг/га (20,7 %).

По качественным показателям установлено, что волокно сорта Мактаарал-4007 характеризуется как средневолокнистый, длина волокна 32,5-32,9 мм, относится 5 типу. Разрывная длина составляет 25,2 км на контрольном варианте, а на остальных вариантах, где применялся препарат адаптоген, увеличивается от 25,6 до 25,8 км.

Благодарности: Выражаем благодарность генеральному директору академику Умбетаеву И. и коллективу Казахского научно-исследовательского института хлопководства за методическую поддержку при проведении полевых исследований на опытных участках в 2012-2014 годы по проекту «Разработка экологически безопасной технологии возделывания хлопчатника в условиях подверженных вторичному засолению сероземных почв с использованием препарата-адаптогена».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предпосевная обработка семян препаратом адаптогеном повышает всхожесть хлопчатника, двукратное опрыскивание растений улучшает рост и развитие, увеличивает прибавку урожая хлопка-сырца.
2. Для повышения плодородия почв необходимо учитывать хлопково-люцерновый севооборот и современные технологии возделывания хлопчатника.
3. Для улучшения мелиоративного состояния почв необходимо восстановить вертикальную коллекторно-дренажную сеть.



Рисунок 1 - Производственно-демонстрационные и полевые опыты хлопчатника

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Джаланкузов Т., Сулейменов Б., Сейтменбетова А., Жаманбаева Г. 2011. История развития хлопководства в мире и в Казахстане, в частности. Почвоведение и агрохимия, № 1. С. 92-98.
- [2]Розанов А.Н. 1951. Сероземы Средней Азии, 460 с.
- [3]Ковда В.А., Димо Н.А. 1948. Краткий очерк геологии и рельефа Голодной степи. Почвы Голодной степи как объект орошения и мелиорации. Труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. Т. XXIX. С. 9-17
- [4]stat.gov.kz
- [5]FAO. 2014. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- [6]Рухович Д.И., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И., Королева П.В. 2010. Многолетняя динамика засоления орошаемых почв Голодностепского плато и методы ее выявления по материалам дистанционного зондирования. Почвоведение. №43 (6). С. 728–739.
- [7]Bekbayev R.K. 2016. Factors Influencing on the Degradation of Water and Land Resources of Mahtaaral Irrigation Massif. Academia Journal of Agricultural Research. № 4 (3). С. 118-122
- [8]Busscher W., Jalankuzov T., Suleimenov B. 2008. Management of sierozem soils for irrigated cotton production in South Kazakhstan. For The Joint Conference of the Australia and New Zealand Societies of Soil Science in conjunction with the international Year of Planet Earth «Soil – The Living Skin of Planet Earth», Massey University, Palmerston North, New Zealand. pp. 217.
- [9]Jalankuzov T., Suleimenov B., Bauer P., Busscher W., Stone K. 2013. Irrigated Cotton Grown on Sierozem Soils in South Kazakhstan. Communications in Soil Science and Plant Analysis, USA, Taylor & Francis. 44: 3391-3399. 2013.
- [10]Tanirbergenov S., Saparov A., Suleimenov B., A. Soltanayeva, B. Kabylbekova 2016. The Fertilizer System Increasing the Salt Tolerance and Productivity of Cotton in The Conditions of Saline Soils in Southern Kazakhstan // ISSN: 0975-8585 Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. November – December 2016. 7(6) P. 147-155
- [11]Мамонов А.Г., Сапаров А.С. Рекомендации по применению физиологически активного гуминового препарата – адаптогена ПА-2 для зерновых и зернобобовых культур на деградированных почвах Казахстана. Алматы: ТОО «Полиграфия – Сервис К0», 2010. 24 с.
- [12]Цинман А.Г. Фитомелиоративные приемы повышения плодородия деградированных почв Акдалинского массива орошения. Вестник КазНУ, 2013. № 3/2 (59). С. 347-349
- [13]Пивоварова Л.П., Мамонов А.Г. 2004. Физиологически активные гуминовые препараты из бурого угля – биоэнергоинформационные адаптогены. Вестник РК. № 1 (11). С. 67-77.

[14]Воробьева Л.А. 2006. Теория и практика химического анализа. 400 с.

[15]Сулейменов Б.У., Танирбергенов С., Кабылбекова Б. 2016. Влияние вертикального дренажа на водный и солевой режим сероземов. Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан, Серия аграрных наук. № 5. - С. 91-95

[16]Танирбергенов С., Сулейменов Б. 2016. Эффективность минеральных удобрений на орошаемых светлых сероземах Южно-Казахстанской области. Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан, Серия аграрных наук. № 5. - С. 68-71

Chapter IV/43: EFFECTS OF LONG-TERM COMPOST TREATMENT ON PHYSICAL PROPERTIES OF SANDY SOILS

Глава IV/43: Эффекты длительного применения компоста на физические свойства песчаных почв

József Tibor Aranyos*¹; Attila Tomócsik¹; Lajos Blaskó², Marianna Makádi¹

DOI 10.25680/2727.2018.60.63.308

*Email: aranyostibi@gmail.com

1.Research Institute of Nyíregyháza, University of Debrecen, 4-6. Westsik Vilmos Str., 4400 Nyíregyháza, Hungary

2.Institute of Water and Environmental Management, University of Debrecen, 138. Böszörményi Str., 4032 Debrecen, Hungary

ABSTRACT. The large part of sandy soils in Hungary is not suitable for intensive agricultural production because of their low fertility and unfavourable physical properties. The sewage sludge compost, due to its high organic matter content is a potentially usable material for improving the structure and increasing the fertility of these soils. The aim of our study was to determine the effects of the sewage sludge compost application on the physical properties of sandy soil. The soil type of the experiment was Arenosol (Dystric Lamellic Arenosol). The compost is applied from 2003 every 3rd year in 0, 9, 18 and 27 t ha⁻¹ doses. The applied compost contained sewage sludge of 40%, straw of 25%, bentonite of 5% and rhyolite of 30%. Based on the results (2013-2015), the bulk density of soil decreased one year after compost treatment, but in the second and third years the positive effects of compost application were observed only in the highest compost dose treatment. In accordance with the decrease in bulk density, the air permeability of soil significantly increased. According to the results, the sewage sludge compost seems to be a suitable soil improving material of acidic sandy soils. However, the beneficial effect of application takes a short period because of the quick degradation processes.

Резюме. Большая часть песчаных почв в Венгрии непригодна для интенсивного сельскохозяйственного производства вследствие низкого плодородия и неблагоприятных физических свойств. Компост осадка сточных вод, благодаря высокому содержанию органического вещества, потенциально может использоваться для улучшения структуры и повышения плодородия этих почв. Наше исследование ставило целью определить эффекты применения компоста осадка сточных вод на физические свойства песчаной почвы. Почва опытного участка — Arenosol (Dystric Lamellic Arenosol). Компост применяется с 2003 г. один раз в три года в нормах 0, 9, 18 и 27 т га⁻¹. Применяемый компост содержал осадок сточных вод (40%), солому (25%), бентонит (5%) и риолит (30%). Как показали результаты (2013-2015 гг.), объемная масса почвы через один год после применения компоста была ниже, но во второй и третий годы положительный эффект применения компоста наблюдался только в варианте с максимальной нормой. Снижение объемной массы приводило к существенному увеличению воздухопроницаемости почвы. Согласно результатам, компост осадка сточных вод, по-видимому, является подходящим почвоулучшающим материалом для кислых песчаных почв. Однако положительный эффект применения охватывает короткий период вследствие быстрых процессов разложения.

KEYWORDS: sewage sludge compost, sandy soil, bulk density, air permeability

Ключевые слова: КОМПОСТ СТОЧНЫХ ВОД, ПЕСЧАНАЯ ПОЧВА, НАСЫПНАЯ ПЛОТНОСТЬ, ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ

INTRODUCTION

Soil physical properties such as bulk density and air permeability are the important indicators of soil quality, and their changes can reflect the sustainability of soil [1]. In Hungary, the large part of agricultural area is covered with sandy soils. The fertility of these soils is limited by their low mineral and organic colloids content, therefore they have unfavourable physical properties [2]. The not aggregated sandy soils are prone to compaction, which results in a decrease in the pore space and inhibiting the flow of water and air in the soil. The root growth of cultivated plants is limited, which can lead to crop loss [3]. For increasing the suitable crop safety it is required the improving of structure and physical properties of sandy soils.

Nowadays, in the agriculture the utilization of the by-products and industrial wastes is preferred for improving the physical, chemical and biological properties of soils [4, 5]. Soil amendment with sewage sludge compost was found to improve the unfavourable properties of sandy soils by its high organic matter content. In addition, the organic matter treatment has a positive impact on the soil structure, reducing the soil compaction level and improving the air management of soil [6, 7].

The examination of different soil management in long-term experiment is also very important, because the physical changes in soil are related to long-term process. Therefore, our aim was to study the effect of regular sewage sludge compost application in a long-term experiment to evaluate the long-term changes in soil physical properties.

MATERIALS AND METHODS

Study area. The sewage sludge compost experiment is conducted at the University of Debrecen, Research Institute of Nyíregyháza in Hungary. The main goal of the experiment is to determine the effect of long-term application of composted sewage sludge on physical, chemical, biological properties of soil and on test plants. The experiment was established in 2003 on Dystric Lamellic Arenosol (87.69% sand, 2.67% silt, 9.64% clay). Figure 1 shows the experimental design of the field experiment.

The applied compost contained sewage sludge (40%, mass), straw (25%, mass), bentonite (5%, mass) and rhyolite (30%, mass). Every 3rd year the same rates are applied on the same plots and controls are received any compost addition. Test plants [triticale (*x Triticosecale* Wittmack), maize (*Zea mays* L.) and green pea (*Pisum sativum* L.)] were sown in a crop rotation.

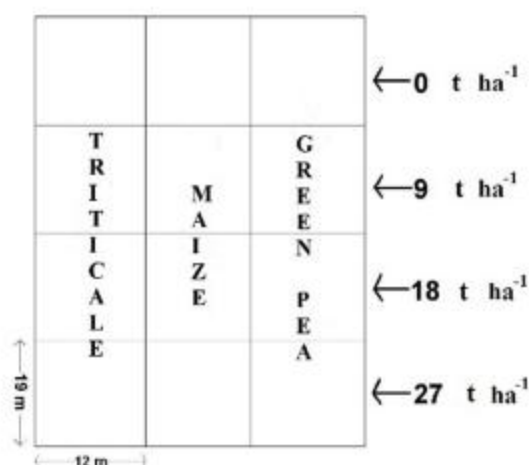


Figure 1 - Experimental design of sewage sludge compost experiment

Soil sampling and analysis. For measurements undisturbed soil samples of about 100 cm³ in volume were collected from the soil layer of 5-10 cm in five replicates at the end of growing season. The bulk densities of undisturbed soil samples were measured after drying at 105 °C. The air permeability of soil was measured by the Eijkelkamp type air permeability apparatus (Figure 2), that measures the

permeability of an undisturbed soil sample at a defined air pressure difference of 1 cm watercolumn=0.1 kPa. The air permeability uniformly was determined at the moisture content of pF 2.3.



Figure 2 - Air permeameter apparatus

RESULTS AND DISCUSSION

Bulk density and air permeability are important indicators of soil compaction and their values depend on land use practices, such as tillage, fertilization and irrigation [1]. According our results, one year (in 2013) after the third compost treatment (in 2012) the compost application had a beneficial effect on soil compaction level in the 5-10 cm soil layer (Figure 3). All compost doses significantly decreased the soil bulk density in comparison with the control plots. In the second year (2014) after compost application, the bulk density of soil decreased only in the plots applied with the highest compost dose. Studies have shown that organic materials have an impact on formation of soil structure, which results in reduced bulk density [8]. However, the reduced soil compaction observed during the experiment was limited only to a short period of time, and was connected with rapid mineralization processes [9, 10].

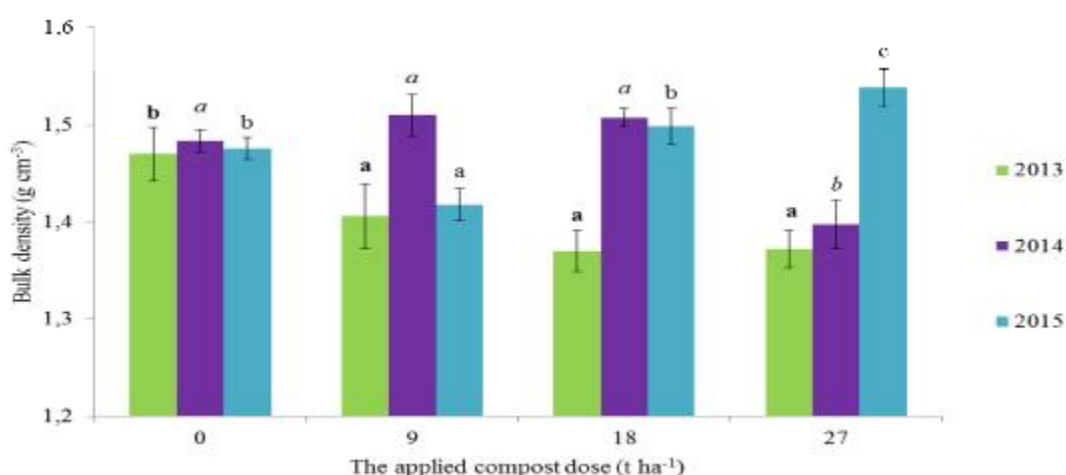


Figure 3 - Changes in the bulk density of soil in treatments with increasing doses of compost. a-c indexes mean different groups of means according to the Tukey's test at the significance level of $p < 0.05$, mean $\pm$ Standard Deviation (SD)

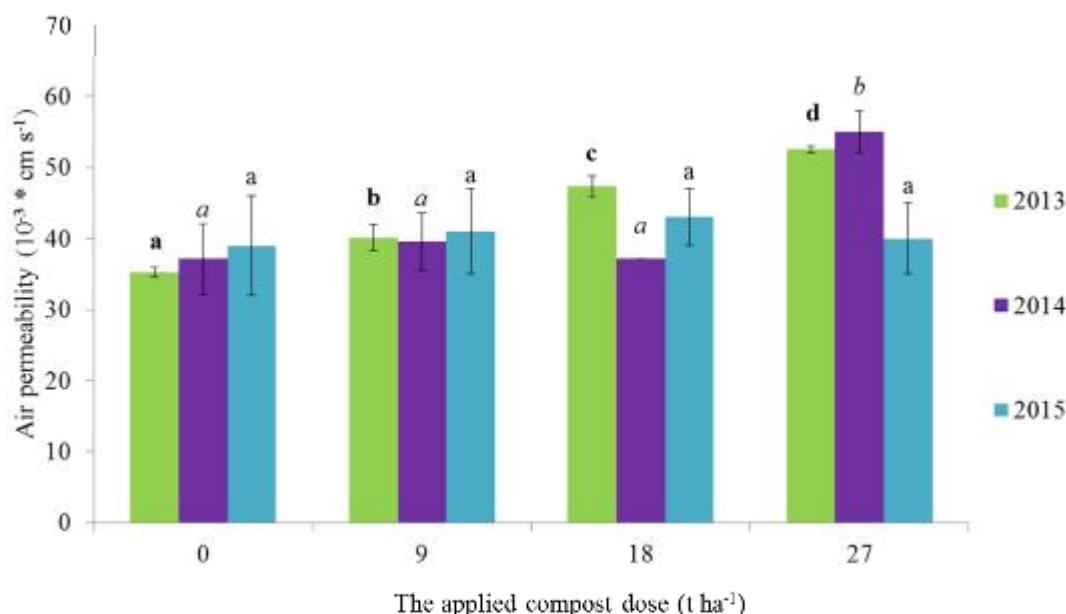


Figure 4 - Changes in the air permeability of the soil in treatments with increasing doses of compost. a-d indexes mean different groups of means according to the Tukey's test at the significance level of $p < 0.05$, mean $\pm$ Standard Deviation (SD)

Air permeability is an important indicator of other soil properties, such as soil aeration status, soil compaction level, hydraulic conductivity or structural stability [11, 12, 13]. According our results, the effect of compost treatment on air permeability was stronger in the first year after compost application. The air permeability of soil samples increased as well by the increased total porosity and rate of macropores [14]. However, in the second year after compost application only the highest compost dose decreased the rate of air permeability. In the 3rd year any significant effect of compost treatment was found.

The air permeability is strongly related to the bulk density of soil ($R^2 = -0.6$), so the decrease in bulk density caused an increase in air permeability. The changes in bulk density affects approx. 25-30 % increase or decrease in air permeability. This relationship indicates that the soil compaction level can significantly affect the air management of soil.

CONCLUSIONS

1. Long-term application of sewage sludge compost strongly impacted the physical characteristics of sandy soil. Addition of compost reduced soil bulk density and increased air permeability significantly. However, the beneficial effect of application takes a short period because of the quick degradation processes.
2. According to the results, the sewage sludge compost seems to be a suitable soil improving material of acidic sandy soils and it can be utilized in agriculture in an environmentally-sound way.

FUNDING/SUPPORT. This research was realized in the frames of TÁMOP 4.2.4. A/2-11-1-2012-0001 "National Excellence Program—Elaborating and operating an inland student and researcher personal support system convergence program". The project was subsidized by the European Union and co-financed by the European Social Fund. The Authors do not declare conflict of interest.

REFERENCES

- [1]Xin, X.; Zhang, J.; Zhu, A.; Zhang, C. 2016. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. *Soil & Tillage Research* 156, 166–172.
- [2]Várallyay, Gy. 2005. Soil water management and the environment. In: *Environmental Science and Technology in Hungary* (Eds I. Láng). MEW, Budapest, Hungary.
- [3]Civeira, G. 2010. Influence of municipal solid waste compost on soil properties and plant reestablishment in Peri-Urban environments. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70 (3), 447-453.

- [4]Liu, T.; Liu, B., Zhang, W. 2014. Nutrients and Heavy Metals in Biochar Produced by Sewage Sludge Pyrolysis: Its Application in Soil Amendment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (1), 271–275.
- [5]Sánchez de Cima, D., Luik, A., Reintam, E. 2015. Organic farming and cover crops as an alternative to mineral fertilizers to improve soil physical properties. *International Agrophysics*, 29, 405–412.
- [6]Mylavarapu, R. S. and Zinati, G. M. 2009. Improvements of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientia Horticulturae*, 120, 426–430.
- [7]Angin, I.; Aksakal, E. L.; Oztas, T.; Hanay, A. 2013. Effects of municipal solid waste compost (MSWC) application on certain physical properties of soils subjected to freeze thaw. *Soil & Tillage Research*, 130, 58–61.
- [8]Bronick, C.J.; Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124, 3–22.
- [9]Celik, I.; Ortas, I.; Kilic S. 2004. Effects of composts, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of Chromoxerert soil. *Soil & Tillage Research*, 78, 59–67.
- [10]Aranyos T. J.; Tomócsik, A.; Makádi, M.; Mészáros, J.; Blaskó, L. 2016. Changes in physical properties of sandy soil after long-term compost treatment. *International Agrophysics* 30, 269–274.
- [11]Poulsen, T. G.; Iversen, B. V.; Yamaguchi, T.; Moldrup, P.; Schjønning, P. 2001. Spatial and temporal dynamics of air permeability in a constructed field. *Soil Science*. 166, 153–162.
- [12]Iversen, B.V.; Møldrup, P.; Schjønning, P.; Jacobsen, H. O. 2003. Field application of a portable air permeameter to characterize spatial variability in air and water permeability. *Vadose Zone Journal*, 2, 618–626.
- [13]Moldrup, P.; Yoshikawa, S.; Olesen, T.; Komatsu, T.; Rolston, D. E. 2003. Air permeability in undisturbed volcanic ash soils: predictive model test and soil structure fingerprint. *Soil Science Society of American Journal*, 67, 32–40.
- [14]Aranyos, T. J.; Tomócsik, A.; Orosz, V.; Makádi, M.; Antal, K.; Blaskó, L. 2014. Bulk density and air-permeability of a sandy soil treated with sewage sludge compost in a long-term field experiment (In Hungarian). *Agrochemistry and Soil Science*, 63 (2), 269–282.

Основная глава 12.4 Борьба с сорняками и вредителями Main Chapter 12.4 Weed and Pest Control

CHAPTER IV/44: PRINCIPLES AND METHODS OF INTEGRATED WEED MANAGEMENT IN CROPPING SYSTEMS

Глава IV/44: Принципы и методы интегрированной защиты от сорных растений в системах земледелия

Arnd Verschwele

DOI 10.25680/2990.2018.76.68.309

Email: arnd.verschwele@julius.kuehn.de

Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Plant Protection in Field Crops and Grassland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, Germany

ABSTRACT. During the last decades weeds in field crops have been predominantly controlled by herbicides, at least in developed countries. However, the weak diversity in cropping systems in combination with one-sided use of herbicides created problems like herbicide-resistant weeds. This worldwide increasing threat is still impaired by the continuous loss of registered herbicides. Consequently there is a strong need for more integrated weed management (IWM) focusing on preventive weed control. IWM is considered as a complex long-term approach by reducing weed emergence and reproduction. The key element of successful IWM is a diverse crop rotation, supported by site-specific primary soil tillage and stubble tillage. However, IWM is not fully accepted by farmers, mainly because the efficacy as well as the costs are hard to predict. Thus, more research and guidance are needed on decision support, weed thresholds and prediction models.

Резюме. В течение последних десятилетий для защиты полевых культур от сорных растений преимущественно использовались гербициды, по крайней мере в развитых странах. Однако малое разнообразие систем земледелия в сочетании с односторонним использованием гербицидов создало такие проблемы, как сорняки, устойчивые к гербицидам. Эта угроза, нарастающая во всем мире, еще более усиливается непрерывным сокращением количества зарегистрированных гербицидов. Вследствие этого, существует настоятельная потребность в более интегрированной защите от сорных растений, сосредоточенной на предупреждении распространения сорняков. Интегрированная защита рассматривается как комплексный долгосрочный подход, уменьшающий появление и размножение сорняков. Ключевой элемент успешной интегрированной защиты — севооборот, включающий различные культуры, совместно с основной обработкой почвы и лущением стерни. Однако интегрированная защита не полностью принимается фермерами, главным образом потому, что эффективность и затраты трудно предсказать. Таким образом, необходимы дополнительные исследования и рекомендации по поддержке принятия решений, порогам вредоносности сорняков и прогнозным моделям.

KEYWORDS: plant cropping, weeds, competition, crop rotation, herbicide resistance, mechanical control, soil tillage

Ключевые слова: растениеводство, сорняки, конкуренция, севооборот, устойчивость к гербицидам, механический контроль, обработка почвы

INTRODUCTION

In Europe and many other parts of the world arable weeds are predominantly controlled by herbicides. For the next future the consumption of herbicides and other pesticides as well is even proposed to increase especially in the developing countries [1]. Different specific herbicides can be applied in all major and many minor crops in order to enable a cost-efficient crop production. Because of these clear benefits field cropping has shifted to more intensive and monotonous systems.

However, beside possible negative impacts for environment and human health there is also a high risk for the cropping systems when relying mainly on chemical short-term solutions. The same and repeated type of selection pressure by the same control method supports less sensitive weed species to spread. Furthermore, the number of herbicide resistant weed species is still increasing and herbicides with new mode of actions have not been introduced into the market. In addition, tougher registration and environmental regulations on herbicides have resulted in a loss of herbicides, particularly in Europe. The lack of novel herbicide chemistries being brought to market combined with the rapid increase in multiple resistance in weeds threatens crop production worldwide [2].

These factors are currently stimulating integrated weed management (IWM) in terms of new research efforts as well as the practical implementation. In addition, the Sustainable Use of Pesticides Directive (2009/128/EC), part of the EU Thematic Strategy for Pesticides, requires Integrated Pest Management (IPM) to be actively promoted. A key objective is to give greater priority to non-chemical methods of plant protection to reduce the impact of pesticides on human health and the environment [3].

THE PRINCIPLES OF INTEGRATED WEED MANAGEMENT (IWM)

Worldwide there are many definitions on IWM e.g. IPM (Integrated Pest Management) but the basic principles and targets are very similar.

In contrast to the short-term herbicide approach the IWM system is based on a toolbox of preventive and direct control methods of weed control to provide the crop with an advantage over weeds. IWM is focusing on the weed seed bank rather than the weed abundance in the field. The successful combination of applicable methods will favor crop competitiveness but also limit emergence, growth and seed production of weeds. Furthermore, a high diversification of all preventive and direct control measures reduces selection pressure and avoids serious situations with problem weeds. The following figure shows the weed life cycle and the impact points of IWM (Fig. 1).

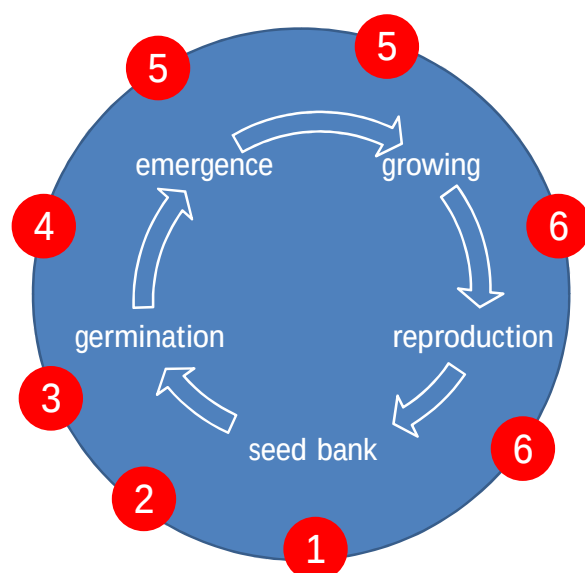


Figure 1 – Life cycle of weeds and impact points (see following text)

Depletion of the weed seed bank and reduction of weed competition by

1. increasing seed degradation (soil tillage)
2. increasing fatal germination (soil tillage, false seedbed)
3. decreasing active germination (crop rotation, false seedbed)
4. decreasing initial weed density (false seedbed, delayed sowing, direct control)
5. decreasing weed growth and competition (crop rotation, cultivar choice, direct control)
6. decreasing reproduction (competitive crops, direct control)

A comprehensive review on the principles and tools of IWM including preventive methods, crop rotation, crop competitiveness and other has been provided by [4].

For legislative purposes, general principles of integrated pest management are listed in Annex III of Directive 2009/128/EC, for full text please refer to [5]:

1. The prevention and/or suppression of harmful organisms should be achieved or supported among other options especially by: crop rotation, use of adequate cultivation techniques (e.g. stale seedbed technique, sowing dates and densities, under-sowing, conservation tillage,
2. Harmful organisms must be monitored by adequate methods and tools, where available.
3. Based on the results of the monitoring the professional user has to decide whether and when to apply plant protection measures. Robust and scientifically sound threshold values are essential components for decision making.
4. Sustainable biological, physical and other non-chemical methods must be preferred to chemical methods if they provide satisfactory pest control.
5. The pesticides applied shall be as specific as possible for the target and shall have the least side effects on human health, non-target organisms and the environment.
6. The professional user should keep the use of pesticides and other forms of intervention to levels that are necessary ...
7. Where the risk of resistance against a plant protection measure is known and where the level of harmful organisms requires repeated application of pesticides to the crops, available anti-resistance strategies should be applied to maintain the effectiveness of the products. ...
8. Based on the records on the use of pesticides and on the monitoring of harmful organisms the professional user should check the success of the applied plant protection measures.

Only four of these eight principles are related to non-chemical methods. The other principles are defining the standards for pesticide applications in compliance with IPM e.g. IWM. For a more clear view on IWM we should therefore distinguish between “true integrated weed management” and “integrated herbicide management” [6]. Integrated herbicide management defines the best herbicide performance in

order to avoid herbicide resistance. These are for example the application of at least two modes of action or the use of tank mixes. In the following we focus on “true IWM”.

THE METHODS OF INTEGRATED WEED MANAGEMENT (IWM)

A. Cultural Methods

Crop rotation:

Undeniable, a diverse crop rotation is the key element for prevention of weed growth. A crop sequence should optimize the use of resources and also limit the abundance of crop-specific pests and diseases. It is well known, that crops need specific cultivation breaks, for example winter wheat and maize (1 year), oilseed rape (3 years), potatoes and peas (4 years). Following this simple rule, crops are able to develop a high competitiveness. Furthermore, an alternating of spring and winter crops enables emergence only of those weed species which are adapted to the seasonal timing of the crop.

Some crops like winter cereals, winter oilseed rape, and especially forage crops are important for IWM as they are very suitable to suppress weeds. Furthermore, intercropping can be used to compete with weeds as far as sowing and growing conditions are favorably. Intercrops like *Sinapis alba*, *Lolium multiflorum* or *Secale cereale* require sufficient soil moisture and precipitation for a dense and competitive crop canopy. Otherwise the periods between harvest and sowing of the subsequent crop should be used for soil tillage.



Figure 2 – Long-term field trial for investigation of crop rotation and soil tillage on weed infestation (JKI Braunschweig, Germany)

Soil tillage:

Any kind of soil disturbance has a decreasing effect on the weed seed bank because it stimulates the degradation of weed seeds. Also it is often followed by higher emergence rate of weeds which can be destroyed by a second soil cultivation (before and while preparing the seedbed for the subsequent crop). This so called false seedbed or stale seedbed technique reduces the seed bank: After a seedbed has been prepared, a second operation follows 10-14 days after the first one in which emerged weeds will be killed. Conversion tillage is well known for its reducing effect on weed growth and dispersal. By plowing weed seeds are removed in deeper soil layers where they are unable to emerge and buried until they die. For agronomical and environmental reasons conversion tillage has more and more replaced by non-conversion and even minimum tillage. In these cases a successful IWM requires a much more diverse crop rotation. However, practical experiences have shown that especially perennial weed species like *Cirsium arvense*, *Elymus repens* or *Sonchus arvensis* are hard to control under conditions of reduced soil tillage.

Crop competitiveness and cultivar choice:

Almost all agronomical measures like soil tillage, fertilizing and sowing are aiming to a high yield going along with a competitive crop stand. However, in terms of IWM some methods are of major importance, e.g. cultivar choice: For winter wheat and other cereals it could be demonstrated that cultivars differ significantly in their ability to compete with weeds. In some countries this trait is yearly published in official cultivar lists so that farmers can consider it for their choice of cultivars.

Delayed sowing of winter crops:

In general, the emergence rates of weeds decline later in the season because of unfavorable growing conditions (temperature and day length). Thus, delayed crop sowing in autumn can be used as IWM tool by providing advantages to the crop over the weeds. For Maritime European conditions seeding later than mid of October is dedicated to reduce initial weed infestation in winter wheat. For spring crops a delayed

sowing cannot be recommended unless it is applied in combination with the false seed bed technique and at extremely high weed infestation.

B. Physical Control

During the last decades mechanical weeding has been replaced by broadcast applications of herbicides in conventional cropping systems. However, recently hoeing and harrowing equipment have significantly been improved by technical innovations like the GPS technology. Additionally, online digital image analysis is able to detect crop rows or even single crop plants which relieve the machine driver. Thus, an automated weeding results in higher efficacy and area treatment. Today there is a wide range of different machines and uses offered on the market.

Flaming and other thermal weed control measures have been developed for practical use but except for some minor crops they have almost no relevance in field crops.

C. Other Methods

Allelopathic effects have been investigated at many plant species. Crops like sunflower and rye are able to inhibit emergence, growth and reproduction of weeds actively by releasing biochemicals. Although this biological phenomenon has been often demonstrated in the glasshouse practical uses of allelopathic plants under field conditions are difficult to implement.

PRACTICAL RELEVANCE AND FUTURE

In practice IWM is often covered by Good Agricultural Practice. For example the choice of a crop and a variety which is best adapted to the site will result in high weed suppression by the crop. This is in line with the farmer's interest in achieving a high yield. In many situations the farmer has to weigh up between weed and crop effects. During those complex decision processes normally the long-term negative weed effects will be underestimated, especially because they cannot be exactly predicted. In unfavorable cases more efforts for IWM by the farmer do not automatically result in a lower herbicide input. Furthermore, economic effects of IWM are also hard to predict since they cannot be calculated as a net-return per year. These are clear obstacles for a better acceptance of IWM: It is not (yet) possible to evaluate the control effect of the complex IWM toolbox on weeds.

In general, the following barriers for a higher acceptance of IWM have been identified: a perception of a higher risk to management, a lack of economic incentive, and a lack of support from the crop-protection industry. In order to overcome these barriers more research and guidance are needed on decision support, weed thresholds and prediction models [7].

Farmers often consider more IWM when they already have serious problems with a specific weed. However, at this stage it is much too late in having success with preventive control methods. Therefore it is absolutely necessary to provide farmers with adequate guidance and support in the field. Public or private advisory organizations should support farmers in effective and early implementation of IWM.

Due to the increasing limitations for herbicide options in field crops we can expect a broader application of IWM - at least for some easy-to-use and inexpensive tools. Much progress in developing alternative weed management techniques, and the integration of these techniques into real IWM systems, has been made [6]. Recent technical innovation as for example machines for automated mechanical weeding and weeding robots will also improve IWM in the coming future [8].

CONCLUSIONS

1. During the recent decades cropping systems have been developed towards systems with low diversity - based on the permanent and one-sided use of pesticides.
2. Herbicide resistance will be the strongest agronomic impeller for IWM in the next future. This trend will be followed by a continuous loss of registered herbicides.
3. Technical innovations like automated mechanical weeding can support a broader practical implementation of IWM.
4. Sustainable crop production requires a high diversity on preventive and direct tools of crop protection.
5. Farmers have to understand weed management as a complex and long-term strategy.

REFERENCES

- [1] Gianessi, L. P. 2013. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pest Management Science*, 69, 1099-1105

- [2]Heap, I. 2014. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*, 70, 1306-1315
- [3]Moss, S. 2010. Integrated weed management (IWM): will it reduce herbicide use? *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 75(2):9-17
- [4]Buhler, D. D. 2002. Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science*, 50:273-280
- [5]EU 2009. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj>
- [6]Harker, K.N.; O'Donovan J.T. 2013. Recent weed control, weed management, and integrated weed management. *Weed Technology*, 27, 1-11
- [7]Swanton, C.J.; Mahoney, K.J.; Chandler, K.; Gulden, R.H. 2008. Integrated Weed Management: Knowledge-Based Weed Management Systems. *Weed Science*, 56(1), 168-172.
- [8]Young, S.; F.J. Pierce (Eds) 2014. *Automation: The Future of Weed Control in Cropping Systems*, Springer Netherlands, DOI 10.1007/978-94-007-7512-1

Chapter IV/45: INFLUENCE OF LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE FUNGISTASIS OF SOUTHERN CHERNOZEMS IN THE SYSTEM OF LANDSCAPE-ADAPTED AGRICULTURE

Глава IV/45: Влияние многолетнего применения минеральных удобрений на фунгистазис южных черноземов при адаптивно-ландшафтной системе земледелия

Galina N. Churkina*, Irina V. Rukavitsina, Kairat K. Kunanbayev, Dana Yerpasheva

DOI 10.25680/5398.2018.72.20.310

*Email: galina_churkina@mail.ru

LLP "Scientific and Production Centre of Grain Farming named after A.I. Barayev", Nauchnyi village, Kazakhstan

ABSTRACT. In order to determine the effect of mineral fertilizers on the biological soil activity, the change in the total number of soil micromycetes was studied depending on the application of different types and doses of mineral fertilizers when cultivating continuous wheat by No-till technology in the southern carbonate chernozems of Northern Kazakhstan. It has been found that the use of mineral fertilizers activated the fungistasis processes in the system of landscape- adapted farming, against the background of prolonged fallow less cultivation of wheat, which resulted in an increase of soil fungi. Fungi compose 0.1-0.2% of the total microbicocenosis in soils of southern chernozem. The most common are representatives of the genus *Penicillium*, *Trichoderma* and somewhat fewer - the genera *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium*. The introduction of ammonium nitrate increases the amount of fungi biomass that in turn help to supply plants with nitrogen and phosphorus, thus contributing to soil fertility increase, when cultivating wheat after rape seed using zero (No-till) technology.

Резюме. С целью определения влияния минеральных удобрений на биологическую активность почвы, изучалось изменение общей численности почвенных микромицетов в зависимости от применения различных видов и доз минеральных удобрений при возделывании бессменной пшеницы по ну-тилл технологии на южных карбонатных черноземах Северного Казахстана. Установлено, что использование минеральных удобрений в адаптивно-ландшафтной системе земледелия активизировало процессы фунгистазиса, на фоне длительного беспарового возделывания пшеницы увеличилось количество почвенных грибов. В почвах южного чернозема грибы составляют 0,1-0,2% от общей численности микробоценоза. Наиболее распространены представители рода *Penicillium*, *Trichoderma* несколько меньше – родов *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium*. При нулевой технологии возделывания пшеницы по рапсу внесение аммиачной селитры увеличивает количество биомассы грибов, которые помогают потреблению азота и фосфора растениями, чем способствуют повышению плодородия почвы.

KEYWORDS: soil micromycetes, mineral fertilizers, southern chernozems, microorganisms, adaptive-landscape system of agriculture, resource-saving technologies.

Ключевые слова: почвенные микромицеты, минеральные удобрения, южные черноземы, микроорганизмы, адаптивно-ландшафтная система земледелия, ресурсосберегающие технологии.

INTRODUCTION

The application of mineral fertilizers occupies one of the main places in the system of agrotechnical measures, as the most radical and multifactorial means of cultivating soils, preserving and increasing fertility, and ensuring high and stable crop yields. Resource-saving technologies are one of the elements that make up the adaptive landscape system of agriculture, which are also the leading direction in the cultivation of crops in Northern Kazakhstan. Today, around 60 million and 200 million hectares of land are cultivated by zero (No-till) and minimum technologies, respectively, and this land size is steadily increasing [1]. The rationale for using resource-saving technologies is the established regularity - soils with high humus content (3.5% or more) do not need intensive treatments to regulate agrophysical processes. They are able to maintain the optimal density for most crop plants ($1-1.24 \text{ g/cm}^3$) under the influence of natural factors [2]. The refusal of using the plough is the heart of resource-saving technologies for growing crops. This is a set of techniques aimed at combating the soil structure degradation, reduced fertility, deteriorating water balance and reduced yields. The use of plant residues is the necessary and most important aspect of saving technologies. To date, incidents of burning straw and stubble residues are not uncommon. At the same time, straw is an important source of organic fertilizers, promotes the restoration of humus in the soil, an irreplaceable mulching remedy for moisture loss, which is a kind of copying of the natural biological mechanism. The technology provides for the use of safe plant protection products, which allows preserving the ecological cleanliness of the habitat. Creation of mulch from plant residues on the soil surface allows restoring and preserving the beneficial microflora and fauna, increasing the biological activity of the soil [3]. The use of mineral fertilizers with resource-saving technology, according to most researchers, positively affects the soil microflora. In fertilized soils, the total number of microorganisms increases, and sometimes a change occurs in the dominant species that form part of the physiological groupings.

In order to determine the effect of mineral fertilizers on the biological soil activity, the change in the total number of soil micromycetes was studied depending on the application of different types and doses of mineral fertilizers when cultivating continuous wheat by No-till technology in the southern carbonate chernozems of Northern Kazakhstan (Appendix).

MATERIAL AND METHODS

For the study, variants of continuous wheat sowing were taken from 1961, as well as variants with alternating wheat in a grain-fallow crop rotation. Permanent sowing of wheat without the use of chemicals has existed since 1961, a variant of permanent wheat sowing with the use of herbicides was established in 1971, and a variant of sowing with the use of herbicides and nitrogen-phosphorus fertilizers has been established since 1984. Fertilizers in a dose of $N_{30}P_{20}$ are introduced in rows when sown. Only phosphorous fertilizers in a dose of P_{20} were applied for sowing wheat after fallow. Virgin soil served as a control in the experiment.

The second experiment, where the microbocenosis of the soil was studied, was established on the average background of soil provision with phosphorus. Control was a variant without the use of fertilizers. Mineral fertilizers - double superphosphate in a dose of P_{20} , ammonium nitrate in a dose of N_{20} , ammonium nitrate together with double superphosphate and nitroammophos in a dose of $P_{20}N_{20}$ were introduced in rows during sowing.

RESEARCH RESULTS

The biological state of the soil is characterized by the number of major groups of microorganisms performing certain functions. One of the important factors affecting the reproduction of microorganisms is the presence of mineral and organic substances that enter the soil with plant residues and mineral fertilizers. Microbiological analyzes of soil samples conducted in the first experiment in permanent wheat crops showed that the high biogenity of the soil expressed in the number of bacteria consuming organic and mineral nitrogen was noted in the variant with the use of fertilizers and herbicides in the 0-20 cm layer and amounted to 2.4 and 19.4 CFU millions/g of soil (Table 1).

Table 1 - Comparative characteristics of changes in soil microbocenosis in southern chernozems of Northern Kazakhstan

Variants	Bacteria assimilating various forms of nitrogen, CFU mn.g ⁻¹		Mycromycetes	Cellulose – digesting microorganisms
	N _{organic}	N _{inorganic}		
			CFU thousands.g ⁻¹	
Continuous wheat without chemicals use	2,10 ± 0,11	9,50 ± 0,48	7,50 ± 0,38	47,70 ± 2,39
Continuous wheat with herbicides	1,70 ± 0,09	10,40 ± 0,52	8,10 ± 0,41	46,40 ± 2,32
Continuous wheat with herbicides and fertilizers	2,40 ± 0,12	19,40 ± 0,97	10,70 ± 0,54	60,10 ± 3,01
Wheat after fallow	2,20 ± 0,11	15,90 ± 0,80	8,0 ± 0,40	71,0 ± 3,55
Virgin soil	2,70 ± 0,14	12,60 ± 0,63	6,80 ± 0,34	35,6 ± 1,78
LSD _{0.5}	-	4,71	1,85	19,5

The application of mineral fertilizers and the use of herbicides intensified the processes of fungistasis, against the background of prolonged fallowless cultivation of wheat, the amount of soil fungi increased to 10.7 CFU thousands/ha of soil. Accumulation of soil microscopic fungi, mainly *Penicillium* and *Aspergillus*, occurs due to the intensification of mineralization processes of readily decomposable, nitrogen-rich organic substances supplied with mineral fertilizers and dead plant residues.

The decomposers, or saprophytic fungi, convert the organic material into fungal biomass, carbon dioxide (CO₂) and small molecules such as organic acids. Fungi tend to break down complex substrates, such as cellulose and lignin, and play an important role in the decomposition of carbon in certain contaminants. Some fungi consume the same simple sugars as bacteria. Fungi are important for immobilizing and preserving nutrients in the soil. Many fungi affect the formation of organic acids that increase humus [4].

In the second experiment, microbiological studies were conducted in wheat crops after rape using zero tillage technology. The changes in the microbiocenosis were determined when introducing various types of mineral fertilizers. The use of a double granulated superphosphate in a dose of P₂₀ and ammonium nitrate at a dose of N₂₀ and nitroammophos at a dose of P₂₀N₂₀ in the mixture promoted an increase in the multiplication of bacteria that metabolize organic nitrogen (beef-extract agar) in comparison with the control variant, which for three years averaged at 3.3 CFU millions/1 g of soil. An increase in the number of bacteria assimilating organic nitrogen indicates active absorption of nitrogen ammonium nitrate compounds by microbial cells. This nitrogen serves as a reserve for plant nutrition and, first of all, it is mineralized in the soil.

Mineral fertilizers had no significant effect on the development of the biomass of bacteria consuming mineral nitrogen compounds, their abundance was significantly lower in fertilized variants than in control. Probably, lack of moisture and high soil temperature inhibited the processes of nitrification, which in turn slowed down the development of nitrogen-containing bacteria.

Mineral fertilizers have a physiological acidity. When used by plants, acids accumulate, thus acidifying the soil (according to our data, the pH of the soil on fertilizer variants is 7.4, and on the control, without fertilizer 8.0). The use of mineral fertilizers leads to an increase in the acidity of the soil, which helps to stimulate the reproduction of mold fungi and increase their number in the soil. Mold fungi play an important role in mineralization processes as they are capable of decomposing protein compounds in the soil, destroying carbon-containing substances. In soils of chernozem, fungi make up 0.1-0.2% of the total microbocenosis. The most common are representatives of the genus *Penicillium*, *Trichoderma* and somewhat fewer - the genera *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium* (Fig. 1).

The increase in soil fungi number is not always a positive fact, as in the fungi community there are also pathogenic micromycetes, causing the development of agricultural crops diseases. The maximum number of micromycetes accumulates with the use of ammonium nitrate and its mixture with double superphosphate, introduced in rows at a dose of 20 kg of active material and make up from 7.2 to 14.1 CFU thousand cells in one gram of soil.



A. Colony of *Trichoderma inhamatum* fungus on the Czapek-Dox medium.



Conidia formation on the 15th day of cultivation (150x)



B. Colony of *Fusarium oxysporum* fungus on the Czapek-Dox medium.



Conidia formation on the 15th day of cultivation (150x)

Figure 1- Fungi colonies: A-*Tr.inhamatum* and B- *Fusarium oxysporum*

In wet years, with a soil moisture content of 23%, the amount of soil fungi increases to the level of 15.4 thousand cells in one gram of soil when ammonium nitrate is introduced, i.e. the presence of moisture increases the soil reaction in chernozems, which stimulates the development of micromycetes biomass. Soil micromycetes are of great benefit for wheat, counteracting the deterioration of plant roots (pathogenic microorganisms and fungal enzymes) and promoting a more healthy plant growth. Fungi help plants in the supply of nitrogen and phosphorus.

When environmental conditions deteriorate, fungi form spores in which a large number of nutrients are retained for survival until external conditions are restored.

Thus, the conducted microbiological studies indicate that the introduction of various doses and types of mineral fertilizers into the soil under investigation significantly affects the number of micromycetes.

CONCLUSION

1. The introduction of mineral fertilizers and the use of herbicides intensified the processes of fungistasis, against the background of prolonged fallowless cultivation of wheat, where the amount of soil fungi increased.
2. In soils of southern chernozem, fungi compose 0.1-0.2% of the total microbocenosis. The most common are representatives of the genus *Penicillium*, *Trichoderma* and somewhat fewer are of the genus *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium*.
3. With the zero technology of cultivation of wheat for rape, the introduction of ammonium nitrate increases the amount of fungi biomass that help plants supply nitrogen and phosphorus, thus contributing to the increase of soil fertility, when cultivating wheat after rape using zero technology.



Appendix: Experimental fields of the Scientific and Production Centre of Grain Farming named after A.I. Barayev near Shortandy, Kazakhstan. In the rotation rapeseed- wheat under No-Till technology in combination with fertilization, increased soil fungal communities and improved soil fertility were found. Photos: Lothar Mueller

REFERENCES

- [1]Suleimenov, M.K. 2011.The fundamentals of the resource-saving farming system in Northern Kazakhstan are crop rotations and zero or minimum tillage. Diversification of crop production and No-till as a basis for saving agriculture and food safety. / Materials of the international conference devoted to the 20th anniversary of the Independence of the Republic of Kazakhstan. - Astana - Shortandy, - P.16-26.
- [2]Khramtsov, I.F. 2009.Resource-saving technologies of grain production in Western Siberia / Agriculture. №4.-P.5
- [3]Kolokolova, N.N. 2008. Microorganisms in natural cenoses. / Izd-vo: TSU. pp.15-25.
- [4]Karamshuk, Z.P. 2008. Microbiological basis of soil-protecting agriculture // Almaty.- Science. p. 200.

Chapter IV/46: Experimental data on the biodegradation of the herbicide glyphosate by the soil fungi *TRICHODERMA INHAMATUM*

Глава IV/46: Экспериментальные данные по биодegradации гербицида глифосат почвенным грибом *Trichoderma inhamatum*

Kairat K. Kunanbayev, Galina N. Churkina*, Irina V. Rukavitsina, Dana Yerpasheva

DOI 10.25680/2662.2018.94.88.311

*Email: galina_churkina@mail.ru

LLP “Scientific and Production Centre of Grain Farming named after A.I. Barayev”, Nauchnyi village, Kazakhstan.

ABSTRACT. Soil fungi of the genus *Trichoderma spp.* have high agricultural value as an antagonist to phytopathogenic microorganisms. The aim of our studies was to investigate the biodestructive activity of *Trichoderma inhamatum* with respect to the herbicide containing an active substance-glyphosate under *in vitro* and *in situ* conditions. Identification of the strain was carried out by polymerase chain reaction. Activity of the strain was assessed by the rate of radial growth of the colony on the mineral medium M9 with glyphosate and introduction of the strain in the form of an aqueous suspension into the soil, on glyphosate backgrounds. The growth of *Tr. inhamatum* on a mineral medium with a pesticide was less than on the control. Field tests of the strain - destructor showed changes in the enzymatic activity of soil and biomass of microorganisms. The reduction of residual amounts of pesticides in the M9 mineral media and soil indicate that *Tr. Inhamatum* is capable of destroying glyphosate.

Резюме Почвенные грибы рода *Trichoderma spp.* обладают высокой сельскохозяйственной ценностью в качестве антагониста к фитопатогенным микроорганизмам. Целью наших исследований являлось изучение биодеструктивной активности *Trichoderma inhamatum* по отношению к гербициду с действующим веществом – глифосат в условиях *in vitro* и *in situ*. Идентификация штамма проводилась методом полимеразно – цепной реакции. Активность штамма оценивали по скорости радиального роста колонии на минеральной среде М9 с глифосатом и внесением штамма в виде водной суспензии в почву, на фонах с глифосатом. Рост *Tr. inhamatum* на минеральной среде с пестицидом был меньше, чем на контроле. Полевые испытания штамма – деструктора показали изменения ферментативной активности почвы и биомассы микроорганизмов. Снижение остаточных количеств пестицидов в минеральной среде М9 и почве показывают, что *Tr. inhamatum* способен к деструкции глифосата.

KEYWORDS: pesticides destruction, glyphosate, *Trichoderma inhamatum*, enzymatic activity.

Ключевые слова: деструкция пестицидов, глифосат, *Trichoderma inhamatum*, ферментативная активность.

INTRODUCTION

Glyphosate (N-(phosphonomethyl)-glycine, $C_3H_8NO_5P$) is a nonselective systemic herbicide used to control weeds, especially perennials. Glyphosate occupies one of the leading places in the world by production and usage [1]. The action of glyphosate is based on the inhibition of 5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase, which leads to the depletion of the basic aromatic amino acids vital for plants. In agriculture, glyphosate is intensively used in zero tillage. The long-term application of glyphosate leads to certain shifts in the soil microbiota. Studies conducted by Monsanto show a high degradation activity of the herbicide with a decay period of 20 days [2]. Nevertheless, the prolonged usage of herbicide for 30 years leads to gradual accumulation of glyphosate in the soil. The level of pollution depends on the soil - climatic conditions of the soil, tillage methods, climatic conditions and other factors.

A considerable number of works have been devoted to the investigations on the interaction of soil microorganisms with pesticides. There are also many studies on the biodegradation of herbicides by fungi [3-5]. Most research on the degradation of glyphosate is aimed at the isolation of bacteria-destructors and the study of their metabolic pathways [6, 7].

There are few studies on biodegradation of glyphosate with a *Trichoderma* fungus. However, this fungi genus is of some interest because they are natural antagonists of the phytopathogenic microflora and are partly involved in the destruction of cellulose [8, 9].

In this regard, we believe that studies of glyphosates biodegradation with fungi of the genus *Trichoderma* are very relevant, since they will solve environmental problems of soil contamination with pollutants.

MATERIAL AND METHODS

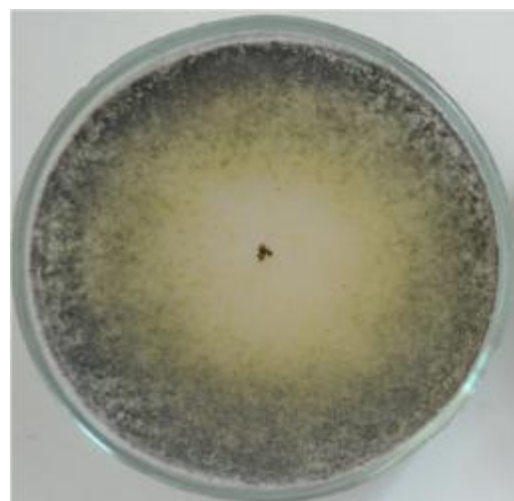
In our studies, the growth ability of *Trichoderma* was studied *in vitro* on the media containing glyphosate at various concentrations. In the field, dynamics of the microbial biomass and enzymatic activity were identified when a culture fluid of the *Trichoderma* fungus was introduced into the soil treated with glyphosate.

RESEARCH RESULTS

The colony of *Tr. inhamatum* (strain F6-2014) fungus at initial stage of growth on Czapek's-Dox medium was colorless, then acquired a green color and occupied almost the entire area of the Petri dish. Microscopy showed hyphae 1.5-8.0 μm in diameter. Thin hyphae were colorless, strongly branched, septate, while thick hyphae are slightly branched, septate, formed swellings and outgrowths. Conidiophores in the form of short branches of the mycelium were poorly visible. Conidia are unicellular, globular or ellipsoidal 2.3-3.0 $\times$ 2.0-2.6 μm in size, light or colorless, often crowded into small heads (Figure 1).



A



B

Figure 1 – Fungus colony of *Tr. inhamatum* on the Czapek's-Dox medium (A) and conidia formation on 15th day of cultivation (B,) (150x)

When studying the growth and development of *Tr.inhamatum* (strain F6-2014) on a medium containing various concentrations of glyphosate, a change in the growth dynamics was established. The first 15 days, the radial growth of colonies with glyphosate (1 mg/l) was 1.75 times smaller than the control (Table 1). The cultivation of the strain on a medium containing glyphosate at a concentration of 10 mg/l led to 1.50 times decrease in the growth rate of the colony. Thus, after 15 days of cultivation, there was a statistically significant difference between the control and variants with different concentrations of the herbicide. At the same time, during this incubation period, there were no significant differences observed in the diameter of the colony between two variants: (1 mg/L) and (10 mg/L). On the thirtieth day of cultivation of *Tr.inhamatum* fungus on the medium with glyphosate (1 mg/l), the colony diameter increased by only 1 mm, at a concentration of 10 mg/L by 5 mm. In comparison to the control, colonies diameters on a medium with glyphosate concentrations at 1 mg/L and 10 mg/L were 1.89 and 1.48 times smaller than the controls, respectively.

A statistically significant difference was identified between two variants 1.0 mg/L and 10.0 mg/L and control. At the same time, a significant increase in the colony growth from day 15 to day 30 was recorded only in a medium containing glyphosate at a concentration of 10 mg/l. On the 45th day of cultivation on a medium with 1 mg/l glyphosate, the colony growth nearly ceased.

Difference in the growth rate between control and the variant (1 mg/l) was 2.48 fold. The radial growth of the colony on a medium with a concentration of 10 mg/l was 41 mm that is 31 mm smaller than the control. A statistically significant difference in growth rate between all variants was recorded.

Table 1 – The effect of glyphosate on the radial growth rate of *Tr.inhamatum* colony and pH

glyphosate concentration, mg/l	15 th day		30 th day		45 th day		LSD ₀₅
	colony d, mm	pH	colony d, mm	pH	colony d, mm	pH	
Control	49,0 ±2,5	3,85	55,0 ±2,8	3,73	72,0 ±3,6	3,70	7,0
1 mg/l	28,0 ±1,4	3,71	29,0 ±1,5	3,46	29,0 ±1,5	3,37	-
10 mg/l	32,0 ± ,6	3,76	37,0 ±1,9	3,71	41,0 ±2,1	3,46	1,8
LSD ₀₅	8,0		7,0		2,8		

Note: D is the diameter of the colony

Change in the pH of the medium was noted in all variants, including control. The control pH value of the mineral medium became more acidic on 0.12 units after 30 days and on 0.15 units after 45 days, with the initial pH value of from 3.85. On the variant (1 mg/l) with pH 3.71, the shift to more acidic medium was sharper on 0.25 units after 30 days and 0.34 units on day 45. The variant (10 mg/l) also had a dynamic

change in the pH from 3.76 on the day15, to 3.46 on the day45. A more acidic environment on variants with glyphosate should be noted at the first moment of fixing the pH of the medium on 15th day. Over a period of 100 days there was a change in the biomass dynamics of microorganisms in field experiments. At the first day, the smallest biomass of microorganisms was on the control (Table 2). In the same period, variants with the application of the herbicide (glyphosate active ingredient) with the consumption rate of (2.0-4.0 l/ha) increased microbial biomass 1.70 times comparing to the control and by 2.60 times, when the consumption rate was 6.0 l/ha. Statistically significant differences were observed not only between the control and variants with herbicides, but also between the variants with the maximum and minimum application rates of 2.0 and 4.0 l/ha, respectively.

Table 2 – The dynamics of changes in the biomass of microorganisms and urease under the influence of micromycetes *Tr.inhamatum*, µg/g soil

Terms of selection, days	Control		Tornado plus, l/ha							
			2,0 l/ha		4,0 l/ha		6,0 l/ha		LSD ₀₅	LSD ₀₅
	biomass	urease	biomass	urease	biomass	urease	biomass	urease	biomass	urease
1	137,3	0,15	239,2	0,12	230,8	0,12	322,8	0,12	47,4	0,01
15	616,0	0,12	505,3	0,40	362,6	0,46	540,2	0,42	110,4	0,04
60	377,1	0,55	373,9	0,42	135,0	0,46	253,5	0,45	39,2	0,03
100	82,8	0,56	134,0	0,52	129,7	0,52	241,2	0,51	26,5	-
LSD ₀₅	31,4	0,04	44,9	0,03	230,8	0,02	322,8	0,02	47,4	-

On the 15th day there was an increase in the biomass of microorganisms. On the control variant, it increased 4.46 times and reached the value of 616 mg/kg. The microbial biomass also increased in herbicide variants 2.11 fold for 2.0 l/ha, 1.57 fold for 4.0 l/ha, and 1.67 fold for 6.0 l/ha. Statistically significant differences were recorded between the control and herbicide variants (variants with herbicides application), except for the maximum consumption rate (6.0 l/ha).

On the day 60 there was a decrease in the biomass of microorganisms in the control thus becoming 1.63 times smaller. For the herbicide variants the values of microbial biomass decline composed 1.35, 2.68 and 2.13 fold for (2.0 l/ha), (4.0 l/ha) and (6.0 l/ha) respectively. The difference between the control and the herbicide variants was at the rates of glyphosate consumption (4.0 l/ha) and (6.0 l/ha). On the control variant, the microbial biomass was superior to other variants.

At day 45, the biomass of microorganisms significantly decreased 4.55 and 2.79 times in both control and the variant with a minimum rate of glyphosate consumption.

The urease activity is one of the main indicators characterizing soil biogeneity. On the first day, urease activity on the control was higher than on herbicidal variants (Table 2). On the 15th day there was a slight decrease in urease activity on the control, but it was not statistically reliable. On the 60th day of observations, urease activity increased by 4.58 times in the control. On day 100, the level of enzymatic activity in the control did not change. Also, there were no differences observed between control and glyphosate variants.

CONCLUSION

1. The *Tr. inhamatum* F6-2014 fungus strain was identified based on the study of morphological and cultural properties and the method of determining the direct nucleotide sequence of the ITS region (intergenic transcribed region). *Tr. inhamatum* F6-2014 is able to utilize glyphosate in a dose of 1 mg/l and 10 mg/l. A more acidic reaction of the M9 mineral medium was observed during fungi cultivation with glyphosate.
2. The use of *Tr.inhamatum* F6-2014 liquid culture on variants with different concentrations of glyphosate promoted an increase in microbial biomass in the first day from 1.7 to 2.3 times. The urease activity on variants with glyphosate application exceeded the control.
3. Results of the study showed that the fungus *Tr. Inhamatum* F6-2014 can be used as a bio destructor in conditions of strong soil contamination with glyphosate.

REFERENCES

- [1] Baylis A. D. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects // Pest Management Science. – 2000. – T. 56, № 4. – С. 299-308.
- [2] Rueppel M. L., Brightwell B. B., Schaefer J., Marvel J. T. METABOLISM AND DEGRADATION OF GLYPHOSATE IN SOIL AND WATER // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1977. – T. 25, № 3. – С. 517-528.
- [3] Diaz J. M. C., Delgado-Moreno L., Nunez R., Nogales R., Romero E. Enhancing pesticide degradation using indigenous microorganisms isolated under high pesticide load in bioremediation systems with vermicomposts // Bioresource Technology. – 2016. – T. 214. – С. 234-241.
- [4] Erguven G. O., Bayhan H., Ikizoglu B., Kanat G., Nuhoglu Y. The capacity of some newly bacteria and fungi for biodegradation of herbicide trifluralin under agitated culture media // Cellular and Molecular Biology. – 2016. – T. 62, № 6. – С. 74-79.
- [5] Singh B., Singh K. Microbial degradation of herbicides // Critical Reviews in Microbiology. – 2016. – T. 42, № 2. – С. 245-261.
- [6] Al-Arfaj A., Abdel-Megeed A., Ali H. M., Al-Shahrani O. Phyto-Microbial Degradation of Glyphosate in Riyadh Area // Journal of Pure and Applied Microbiology. – 2013. – T. 7, № 2. – С. 1351-1365.
- [7] Ermakova I. T., Kiseleva N. I., Shushkova T., Zharikov M., Zharikov G. A., Leontievsky A. A. Bioremediation of glyphosate-contaminated soils // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2010. – T. 88, № 2. – С. 585-594.
- [8] Bouchiat R., Veignie E., Grizard D., Soebert C., Vigier M., Rafin C. Ability of filamentous fungi to degrade four emergent water priority pollutants // Desalination and Water Treatment. – 2016. – T. 57, № 15. – С. 6740-6746.
- [9] Arfarita N., Imai T., Kanno A., Yarimizu T., Sun X. F., Wei J., Higuchi T., Akada R. The potential use of *Trichoderma viride* FRP3 in biodegradation of the herbicide glyphosate // Biotechnology & Biotechnological Equipment. – 2013. – T. 27, № 1. – С. 3518-3521.

Глава IV/47: ПРИМЕНЕНИЕ БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ АГРОЦЕНОЗОВ ОТ ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В ЛЕСОАГРОЛАНДШАФТЕ Chapter IV/47: Application of Bioecological Methods for Protection of Agroecosystems from the Pathogenic Microflora in a Forest-Agrolandscape

Светлана В. Колмукиди*, Елена А. Крюкова

DOI 10.25680/3410.2018.37.39.312

*Эл. Почта: kolmukidi@gmail.com

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук Волгоградская обл., г. пр-кт Университетский, 97, 400062, Волгоград, Россия

РЕЗЮМЕ. Выявлены закономерности и особенности формирования патогенной микрофлоры в агроценозах под защитой лесных насаждений в отличие от агроценозов открытой степи. В этих агроценозах пространственное распределение фитопатогенов по ширине поля неравномерно. Для зон влияния лесной полосы характерно нарастание интенсивности развития патогенов (в среднем в 1,5-2 раза), рост уровня развития болезней (в 2,4-3 раза). В среднем в лесозащищенных агроценозах, в сравнении с открытыми, распространение и развитие болезней ниже. Представлены данные, отражающие различие микрофлоры по видовому составу, пространственному распределению и развитию болезней, что объясняет дифференцированный подход к защитным мерам: локальным, точечным обработкам с использованием биоэкологических средств и способов. Эффективность обеспечивается прибавкой урожая и подтверждается положительными результатами исследований биологической активности почвы.

Abstract. We have revealed regularities and features of the formation of pathogenic microflora in agrocnoses under the protection of forest plantations in contrast to agrocnoses of the open steppe. In these agrocnoses, the spatial distribution of phytopathogens across the field width is uneven. For the zone of influence of the forest stripe, the intensity of development of pathogens is typical (an average of 1.5-2 times), an increase in the level of disease development (2.4-3 times). On average in forest-protected agrocnoses, in comparison with the open, the spread and development of diseases is lower. Data reflecting the difference in quantitative parameters of microflora by species composition, spatial distribution and disease development are presented, which explains the differentiated approach to protective measures: local, spot treatments using bioecological means and methods. Efficiency is ensured by crop increment and is confirmed by positive results of studies of soil biological activity.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лесоаграрный ландшафт, защитные лесные полосы, агроценозы, патогенная микрофлора, пространственное распределение, дифференцированный подход, биологическая активность почвы.

Keywords: forest agricultural landscapes, protective forest stripes, agrocnoses, pathogenic microflora, spatial distribution, differentiated approach, the biological activity of the soil.

ВВЕДЕНИЕ

Преобразование степных агроценозов в лесоаграрные сопровождается формированием новой экологической среды, многочисленных экологических ниш, что ведет к изменению количественного и качественного состава их обитателей. Защитные лесные насаждения выполняют многофункциональную, средообразующую роль, что проявляется в изменении микроклиматического режима, влажности, инсоляции, росяного периода в биотопах, прилегающих к лесной полосе [5]. Лесополосы выступают как важный фактор экологизации защиты растений, в т. ч. повышения видового разнообразия агроценозов и активизации биологических факторов регуляции болезней сельхозкультур (Рисунок 1) [1, 3]. Агротехнические мероприятия и применение экологически безопасных средств защиты растений – пути стабилизации фитосанитарного состояния лесозащищенных агроценозов.



Рисунок 1 – Посевы сельскохозяйственных культур под защитой лесных полос в лесоаграрном ландшафте

Видовой состав доминантного патогенного комплекса микрофлоры агроценозов в севооборотах лесоаграрных ландшафтов разных природных зон отличается [3], а также в связи с изменением экологической структуры микрофлоры лесозащищенных агроценозов интенсивность развития болезней (Рисунок 2) ниже или приближается к показателям по открытому полю. Однако это зависит и от гидротермических показателей вегетационного периода культуры и природной зоны.

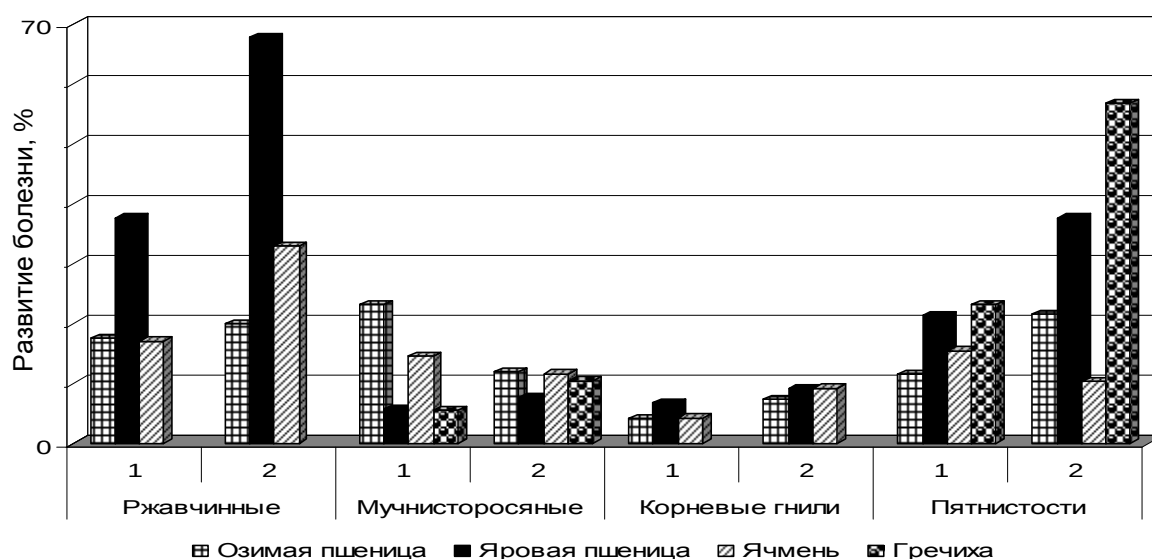


Рисунок 2 - Развитие болезней сельскохозяйственных культур в необлесенных и лесозащищенных агроценозах: 1- лесозащищенные агроценозы, 2 – необлесенные агроценозы

Изменение экологической обстановки в пределах лесозащищенного поля является фактором, влияющим на формирование пространственной дифференциации и экотонного распределения фитопатогенов. В краевых мелиоративных зонах (I и III) защищенного поля в наиболее благоприятных условиях для жизнедеятельности патогенных грибов отмечается раннее и более интенсивное (4-10%) развитие болезней. В зоне минимального влияния лесных полос (II зона поля) величина этих показателей приближается к таковым агроценозов открытой степи. Такое распространение фитопатогенов по межполосному полю предполагает дифференцированный подход к защитным мероприятиям в севооборотах лесоаграрного ландшафта. Защитные лесные насаждения являются экологическим фактором регулирования микробиоты в агроценозах лесоаграрных ландшафтов. Нами отмечена ведущая роль микроклимата в функционировании патогенной микрофлоры [1]. Более благоприятные условия на межполосном поле в зонах, прилегающих к лесным полосам. Здесь снижается скорость ветра, температура воздуха, инсоляция, повышается росяной период (в среднем на 3 часа) и относительная влажность воздуха. Это с одной стороны способствует заражению растений инфекцией, с другой стороны сдерживает её развитие вследствие повышения иммунитета растений к болезням, т. к. увеличивается содержание гумуса, азота, фосфора и калия [1] жизнедеятельность почвенной микрофлоры протекает значительно активнее, и повышается биологическая активность почвы. Особенности микроклиматического режима влияют на формирование и дифференцированное распределение вредоносной микробиоты на лесозащищенном поле, способствуют повышению иммунитета растений, как следствие, сдерживают развитие заболеваний в облесенных полях. Установлена тесная связь между флористическим разнообразием, параметрами (конструкция, рядность) защитных лесных насаждений и фитосанитарным состоянием на межполосных полях. Это обусловлено воздействием таких факторов как продуваемость, освещенность, увлажненность, изменяющих микроклимат в лесозащищенном агроценозе. Такая закономерность прослеживается на всех объектах исследований различных природных зон и подкрепляется результатами исследований на примере Поволжской агролесомелиоративной станции (АГЛЮС) Самарской обл. Зерновые культуры меньше всего поражались болезнями под защитой трех- и четырехрядной лесных полос, тогда как агроценозы с девятирядной лиственнично-кленовой и лиственнично-кленово-ясеновой лесных полос плотной конструкции в 1,4-6,4 раза интенсивнее были заражены болезнями в сравнении с полями с малорядными лесными полосами. Оценка влияния породного состава лесных полос на микоценозы защищенного

поля показала, что хвойные породы (сосна обыкновенная и крымская), обладающие фитонцидными свойствами и антисептирующими воздушную среду прилегающих биотопов, создают неблагоприятные условия для заражения и развития патогенной микрофлоры. Нами установлено, что лесные полосы являются барьером, препятствующим распространению патогенной микрофлоры, особенно аэрогенного типа. Учет распределения телиоспор и урединиоспор бурой листовой ржавчины в воздухе лесозащищенного агроценоза спороулавливающим устройством показало, что количество спор в наветренной стороне лесной полосы (III зона) возрастает, в лесной полосе и I зоне поля количество спор значительно (в 3-8 раз) ниже. Такое неравномерное распределение спор патогенов по лесозащищенному полю и данные по развитию болезней предполагают необходимость проведения дифференцированной обработки почвы, а также изменения тактики проведения защитных мероприятий: перехода от сплошных обработок агроценозов фунгицидами и другими средствами к локальным, точечным в местах накопления и высокого развития патогенов.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ

Без чередования культур при выращивании зерновых накапливается фитопатогенная флора, так в лесозащищенных севооборотах короткой ротации с зерновыми монокультурами развитие болезней превышает порог вредоносности (бурая ржавчина – 38-58%, корневые гнили – 23-30%), что требует активной защиты посевов. Длинноротационные севообороты с многолетними травами, гречихой, пропашными культурами, играющих в севообороте роль «санитаров», оптимизируют фитосанитарную ситуацию в агроценозах. Анализ многолетних исследований по аридным регионам показал эффективность дифференцированной обработки почвы в агроценозах. Так, распространение и развитие корневых гнилей при плоскорезной обработке почвы для посевов пшеницы по пару выше на 4-10% и 3-12% соответственно, чем на полях с дифференцированной обработкой (отвальная вспашка в I и III зонах, плоскорезная – в середине поля). Уровень развития бурой листовой ржавчины снизился на 12-20%. Следовательно, дифференцированная обработка почвы обеспечивает снижение накопления инфекционного начала и развитие болезней в сравнении с плоскорезной.

ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СРЕДСТВ

Применение безопасных средств позволяет снизить или исключить химический пресс пестицидов и минеральных удобрений без токсикологических последствий. С этой целью в Качалинском опытном поле Волгоградской обл. и Поволжской АГЛОС Самарской обл. были заложены опыты по изучению эффективности средств различного действия: Агат-25К – препарат комплексного действия, содержащий биологически активные вещества; биогумус – экологически чистое средство, приготовлено на основе продуктов вермикультивирования; бишофит – природный минерал местного происхождения, в состав которого входят жизненно необходимые для растений микро- и макроэлементы, он, повышая иммунитет растений, снижает вредоносность грибных болезней, а винцит использовали как химэталон. Предпосевная обработка ячменя, подавляющая инфекцию, распространяющуюся через семенной материал и почву, показала стабильное снижение пораженности посевов болезнями в среднем в 1,4-3,3 раза относительно контроля. Как видно из таблицы 1, снизился уровень развития листостеблевых болезней ячменя относительно контроля.

Таблица 1 – Результативность предпосевной обработки ячменя (Качалинское ОП)

Вариант	Аскохитоз		Пыльная головня		Корневая гниль		Урожайность, ц/га	P(95)	Сумма недоборов урожая, %
	R	P(95)	R	P(95)	R	P(95)			
АГАТ-25К	10,8	0,24	0,3	0,02	2,4	0,20	14,8	0,54	7,2
Биогумус	11,4	0,16	0,41	0,02	2,6	0,28	13,7	0,16	12,3
Бишофит	15,3	0,27	0,49	0,02	3,8	0,14	12,4	0,16	15,0
Винцит	9,7	0,09	0	0	1,3	0,20	14,2	0,11	5,1
Контроль	22,1	0,19	0,99	0,02	4,2	0,16	9,2	0,20	18,2

R, % – развитие болезни; P (95) – уровень надежности (95,0%)

Агат-25К показал лучшую результативность. Снижение развития болезней было в среднем на 42,8-69,7%, недоборов урожая на 60,4%, повышение урожайности на 5,6 ц/га. Предпосевная обработка ячменя бишофитом осуществлялась растворами 10, 20, 30 и 40% концентрации. Наиболее эффективной была 10%, при этом уровень развития септориоза снизился в 3,8 раза,

пыльной головни в 3,6 раза, корневых гнилей в 5,8 раза. Эффективность обработки семян объясняется тем, что маслянистый бишофит обволакивает семена, заполняя микротрещины на них, защищает их от семенной и почвенной инфекции и иммунизирует всходы. Некорневая обработка озимой пшеницы бишофитом проводилась в концентрациях 5, 10 и 15% в разные фазы развития растений (Таблица 2). Пораженность культуры болезнями была снижена по всем вариантам (септориоз – на 28,0-64,7%, корневые гнили – на 33,9-67,8% относительно контроля). Эффективными оказались растворы 5 и 10% концентрации. При повышении концентрации до 15% наблюдались ожоги листьев и падение устойчивости растений.

Таблица 2 – Влияние некорневой обработки озимой пшеницы бишофитом на развитие болезней, %, Качалинское ОП

Вариант (концентрация бишофита, %)	Кущение-трубкавание				Колошение				Молочно-восковая спелость			
	септориоз	P(95)	корневые гнили	P(95)	септориоз	P(95)	корневые гнили	P(95)	септориоз	P(95)	корневые гнили	P(95)
5	2,4	0,18	1,9	0,14	9,4	0,12	5,1	0,12	24,5	0,18	6,1	0,12
10	2,1	0,24	2,8	0,16	9,2	0,15	5,2	0,21	24,8	0,16	6,4	0,18
15	4,9	0,30	3,9	0,17	26,7	0,27	6,2	0,19	29,8	0,16	6,7	0,23
Контроль	6,8	0,21	5,9	0,16	23,5	0,29	9,8	0,16	35,4	0,19	8,9	0,16

P (95) – уровень надежности (95,0%)

Наиболее целесообразна обработка бишофитом в фазу кущения-трубкавания. Это не только повышает иммунитет растений, но и положительно влияет на урожай и его структуру [4].

Среди безопасных средств защиты растений от фитопатогенов нами испытывались почвоудобрительные микробные бактериальные препараты (ризозентерин, флавобактерин, мизорин). Они содержат азотфиксирующие штаммы, высокая конкурентоспособность которых по отношению к фитопатогенным грибам, повышает устойчивость растений к болезням. Препараты мизорин и флавобактерин показали наибольшую эффективность: на ячмене наблюдалось снижение развития листостеблевых инфекций в 1,7-2,0 раза, корневых гнилей в 1,4-2,1 раза относительно контроля. Сумма недоборов урожая снизилась в 1,4-2 раза при увеличении урожая на 5,1-7,5 ц/га. Аналогичные результаты отмечались на яровой пшенице.

В сухостепной и полупустынной зонах микробиологическая и ферментативная активность почвы невысока, т. к. здесь неблагоприятный водный режим, низкое содержание органических веществ в почве, бедность микрофлоры. Биологическая активность почвы в опытных вариантах определялась по целлюлозоразлагающей способности и микробиологической активности в сравнении с контрольным и химическим вариантами. При предпосевной обработке семян биопрепаратами создаются оптимальные условия для микроорганизмов в пахотном слое почвы (0-25 см), где их в 2,7-8,1 раза больше по сравнению с химическим вариантом и контролем.

Изучение влияния электрохимически активированной (ЭХА) воды – анолита и католита на семенную инфекцию ячменя осуществлялось путем микробиологического анализа на агаризованных питательных средах. Экспериментальные данные показали, что в контрольном варианте заражение инфекцией было высоким. На 3 день в опытных вариантах на семенах, обработанных католитом (ОВП -300 мВ) наблюдалось начало развития мицелия и образование единичного споронотения у грибов р. *Helminthosporium*. На 5 день отмечалось начало споронотения у прочих грибов. Однако на седьмые сутки споронотения погибали, особенно в варианте с анолитом (ОВП +500 мВ) и в дальнейшем споронотении не наблюдалось, мицелий оставался стерильным. Предпосевная обработка семян на опытных вариантах снизила интенсивность развития болезней относительно контрольного. При поражении септориозом наблюдалось образование небольшого количества некротических пятен, в дальнейшем в которых развитие патогена подавлялось. Применение католита (ОВП -300 мВ) снизило интенсивность развития мучнистой росы - 15,5-16,4%, темно-бурой пятнистости – 9,6-16,8%, септориоза – 6,0-7,4% в сравнении с контролем. Применение этого метода вызывает повышение числа

продуктивных стеблей: использование анолита на 23,1-36,8%, католита на -33,8-54,2% в среднем при разных способах применения. При предпосевной обработке семян ячменя раствором католита высота растений в среднем была на 18,6% больше, чем в контрольном варианте. Однако лучшим результат был в варианте с применением анолита (на 30,9% выше). При некорневой обработке вегетирующих растений рост наблюдался лишь в варианте с католит (в среднем на 19,9% выше, чем в контроле). Сочетание разных способов применения растворов анолита и католита увеличило высоту растений на 31,9% и 17,2% соответственно. В среднем в опытных вариантах отмечено: нарастание массы соломы на 42,5-79,9%; озерненности колоса, - на 21,9-41,1%, длины колоса – на 26,8 %; повышение урожайности на 47,4%-69,0%. Повышение урожайности и иммунности зерновых культур к инфекционным заболеваниям, экологически безопасное применение испытываемых средств ставят их в разряд перспективных.

ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Опыты в агролесозоосистеме на территории бывшего Тимашевского опорного пункта Самарская обл. показали, что под влиянием реконструированных полос развитие болезней снизилось до 3 раз, недоборы урожая от болезней – в 1,8 раза. Промежуточные растения-хозяева (барбарис, магония, можжевельник казацкий, крушина слабительная, и др.) должны исключаться из ассортимента полезащитных лесных полос как носители инфекционного начала вредоносных болезней сельскохозяйственных культур. В целом, лесохозяйственные мероприятия являются одним из путей стабилизации фитосанитарной обстановки в системе «лесная полоса-поле».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В лесозащищенных агроценозах формируется и распределяется видовой состав фитопатогенов неоднозначно. Пространственное распределение их по полю неравномерно. Для шлейфовых зон характерна активизация интенсивности патогенеза. В среднем в лесозащищенных агроценозах, в сравнении с открытыми, распространение и развитие болезней ниже.
2. Биоэкологический комплекс защиты агроценозов, обоснованный спецификой и закономерностями функционирования микрофлоры в агролесоландшафте, включает: агротехнические мероприятия (длинноротационные севообороты, дифференцированную обработку почв), снижающие инфекционный фон; применение биологических, микробиологических и природных средств; лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, реконструкция лесных полос, удаление растений-промежуточников), освобождающие поля от патогенных организмов и создающие неблагоприятные условия для их развития.
3. Критерием экологической безопасности защитных мероприятий являются положительные результаты исследований биологической активности почв, включающие состояния почвенной микрофлоры, ее целлюлозоразлагающую активность, что подтверждает экологическую безопасность применяемых способов и средств.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Kolmukidi S.V. 2012. Phytopathological condition of agrocenoses and ways of their recovery. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. – 2012. – 157 с.
- [2]Kolmukidi S.V. 2015. Species diversity of microflora of biotopes of forest-landscape landscapes of the Volgograd region. Agroforestry in the 21st century: condition, problems, prospects. Volgograd. - VNIALMI. - pp. 118-122.
- [3]Kolmukidi S.V, Kryukova E.A. 2010. Results of seed antiseptic and increase in resistance of cereals to phytopathogens using electrochemically activated water. Innovative technologies for increasing the efficiency of reclamation systems and the safety of hydraulic structures. Volgograd: GNU PNIEMT. pp. 139-144.
- [4]Kryukova E.A., Kolmukidi S.V. 2016. Peculiarities of bioecological protection of agrocenoses of forest agricultural landscapes from the pathogenic microflora. Modern trends in the development of the agricultural complex. - Solenoye Zaymishche. pp. 795- 801.
- [5]Kulik, K.N. 2004. State and perspectives of protective afforestation in the Russian Federation. Optimization of agrolandscapes, problems and prospects for the development of agroforestry and protective afforestation. Volgograd: VNIALMI, pp.5-13.

Часть 13 Сельскохозяйственные полевые опыты Part 13 Agricultural Field Experiments

Основная глава 13.1 Длительные полевые опыты Main Chapter 13.1 Long-Term Field Experiments

Chapter IV/48: LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS AS AN ESSENTIAL BASIS FOR PRACTICALLY RELEVANT RESEARCH OF THE GLOBAL CARBON CYCLE

Глава IV/48: Длительные полевые опыты как важная основа для практически значимых
исследований глобального цикла углерода

Martin Körschens

DOI 10.25680/4703.2018.88.33.313

Email: m.koerschens@t-online.de

Förderverband Humus e. V., Lauchgrund 1, 06246 Goethesstadt Bad Lauchstädt, Germany

ABSTRACT. Long-term field experiments (LTE) are an essential basis of agricultural and environmental research. They represent a broad spectrum of different soil and climate conditions and of agricultural land use worldwide. Although they are labor demanding and expensive, they cannot be replaced. European LTE gave the following results: The soil improving effect of soil organic matter on yield, calculated from the difference between the optimal, exclusive mineral fertilization and the optimum combination of organic-mineral fertilization is 6%. Regarding organic fertilization, 90% of the primary organic substance, related to original plant biomass, mineralizes again and returns to the atmosphere. It can be concluded that an increase of the humus content over the site and management related optimum level does not provide benefits, neither for the yield nor for the environment. There is not yet scientific evidence that climate change has an effect of reducing the humus content in arable soils. On the contrary, the possibility to decrease the CO₂ content of the atmosphere by "carbon sequestration" in agricultural soils, would be significantly excluded.

Резюме. Длительные полевые опыты являются важной основой исследований в области сельского хозяйства и окружающей среды. Они представляют широкий спектр различных почвенно-климатических условий и типов сельскохозяйственного землепользования во всем мире. Хотя они трудоемки и дороги, их невозможно заменить. Европейские длительные опыты дали следующие результаты. Эффект повышения содержания органического вещества почвы на урожай, рассчитанный по разности между вариантами с оптимальными нормами минеральных удобрений и оптимальным сочетанием органических и минеральных удобрений, составляет 6%. При использовании органических удобрений 90% органического вещества (исходной биомассы растений) вновь минерализуется и возвращается в атмосферу. Можно сделать вывод, что увеличение содержания гумуса выше оптимума, определяемого природными условиями и технологией, не дает преимуществ ни для урожая, ни для окружающей среды. Пока нет научных доказательств, что изменение климата вызывает уменьшение содержания гумуса в пахотных почвах. Напротив: возможность снижения содержания CO₂ в атмосфере путем «секвестрации углерода» в почвах сельскохозяйственных угодий может быть, в основном, исключена.

KEYWORDS: agriculture, long-term field experiments, humus, carbon sequestration, climate change

Ключевые слова: сельское хозяйство, долгосрочные полевые эксперименты, гумус, секвестрация углерода, изменение климата

INTRODUCTION

Soil is a most important basis of human life. Therefore, soil research is one of our most important tasks at present, as well as in future. Justus von Liebig [1] formulated it more than 160 years ago: "Always and at all times it was the soil and its fertility that decided about well-being and health of the people." The soil has been formed over the centuries, but can be destroyed in a few hours. Soil forming processes are very slow and can often be quantified after years or decades. Annual changes in the organic carbon content in soil do not exceed 0.01 % C. The error (analytical, sampling etc.), however, usually is 0.1% C, actually,

ten times more. A forward-looking and praxis-oriented research on agricultural soils, soil fertility and carbon sequestration, therefore, can only be based on long-term field experiments (LTE).

IMPORTANCE OF LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS

Agricultural field experiments are expensive as soils are extremely diverse. It is necessary to treat them in a specific manner. Any recommendation has to be fitted to the specific soil conditions. Soil characteristics have large time and spatial variability. Changes of soil characteristics can be often proved and quantified only after decades. There is a strong dependence of the soil processes on the weather conditions in a given year. Therefore it is necessary to verify all the results suitable for practical application in LTEs, generally, but in particular on the research of organic carbon or humus.

At comprehensive and coordinated use they are definitely the most effective. Table 1 shows the most important LTE in the world that last for more than 100 years. Debreczeni and Körschens [2] published a compilation of more than 600 long-term field experiments all over the world, lasting for more than 10 years. For many researchers, modelling and working on the computer is more comfortable than the performance of field experiments, which is often associated with hard work under adverse weather conditions, especially when it comes to soil and root investigations. However, a model is worthless if it has not been verified by the results from the long-term field experiments.

A large part of the problems that have not been sufficiently clarified yet can be solved only by using these long-term field experiments. They include:

- The supply of soils with soil organic matter and the elaboration of suitable methods to determine optimal humus contents and the factors of the humus balance. Since many decades, we have optimal values for all macro- and micronutrients in the soil, we have also limit values for pollutants, however, we have no optimal values for the most important elements in soil, i.e. carbon and nitrogen.
- The effect of crop rotations on the crop yields, soil health and chemical, physical and biological soil characteristics.
- The effect of various management systems, in particular fertilization, on the nutrient leaching and the ecological soil functions.

Table 1: Long-term field experiments in the world with duration of more than 100 years.

Location	Country	Start
Rothamsted (Broadbalk, Park Gras a.o.)	UK	1843
Grignon	France	1875
Illinois (Morrow Plots)	USA	1876
Halle/Saale (Eternal Rye)	Germany	1878
Columbia (Sanborn fields)	USA	1888
Dakota	USA	1892
Askov (Sandmarken and Lermarken)	Denmark	1894
Auburn	USA	1896
Bad Lauchstädt (Static Fertilization Experiment)	Germany	1902
Moscow	Russia	1912

- Research of the effects of climatic changes on soil properties.
 - Indirect quantification of the atmospheric N deposition.
 - Evidence of the nutrient efficiency of different fertilization systems by means of nutrient balances.
- The solution of almost all problems related to land use, particularly the practically relevant current issues of climate change and maintaining soil quality, requires long-term studies in compliance with the ceteris paribus principle. In order to achieve a generalized knowledge, it is important to evaluate results of a number of LTE conducted in various soil and climate conditions.

THE STATIC FERTILISATION EXPERIMENT BAD LAUCHSTÄDT

It is not the oldest, but the most important long-term experiment in the world because of the following reasons: the treatments of the main series have been unchanged since 1902. The fertilizer variants meet today's requirements. In 1978 an extension of the experimental question was made. This makes

investigations possible at very different levels of organic carbon. Extensive chemical, biological and physical investigations were carried out. The results of this experiment are documented in numerous publications [3,4,5,6].

SELECTED RESULTS OF LONG-TERM FIELD EXPERIMENTS

Crop Yields. The extensive evaluations of long-term field experiments in the past have shown that the soil-improving effect of humus, i.e. the effect that cannot be achieved solely with the supply of nutrients accounts for up to 10% yield increase in sandy soils and up to 6% yield increase in clay soils [4]. In recent years, the crop yields have increased substantially and along with the crop yields, the amount of post-harvest residues has increased, as well. In case of cereals, the grain yield increase by 1 t/ha corresponds to 0.2 t/ha increase of the amount of the post-harvest residues. Just 10 cm stubble corresponds to 1 t/ha straw application.

The results of 350 comparisons quantified the effect of the combined organic-mineral fertilization compared to only optimal mineral fertilization to 6% yield increase (Fig.1). The least effect was observed in winter wheat 3% (n = 92), the largest differences occurred in potatoes, 9% (n = 40). These results confirmed the previous statements. It is clear that discussion about the optimal humus content and humus balance refers to the yield increase of the order well below 10%.

Soil Organic Matter. Figure 2 shows, the SOC contents in plots that did not receive any organic or mineral fertilizers for decades as compared with the SOC contents in plots that received optimal organic and mineral fertilization. The inert C content (analogous to permanent humus) is between 0.32% and 2.06% C_{org} , the decomposable C, analogous to nutritive humus, is 0.11% to 0.72% C_{org} . This decomposable organic matter can be affected by the cropping and crop management (except for ameliorative measures). The average decomposable carbon content was 0.3 % C_{org} in the 18 long-term field experiments, in 7 of which it was less than 0.2% C_{org} . The total organic carbon contents remain below 2.3% C_{org} , which goes for more than 80% of the arable land of Germany. A sandy soil in Thyrow is with 0.7% C_{org} well supplied, a Chernozem in Bad Lauchstädt is well supplied with 2.2% C_{org} , under otherwise identical conditions. The annual changes of C_{org} contents, calculated from the difference between the extreme variants "zero" and "10 t / ha.a manure + NPK" have been less than 0.01% C_{org} .

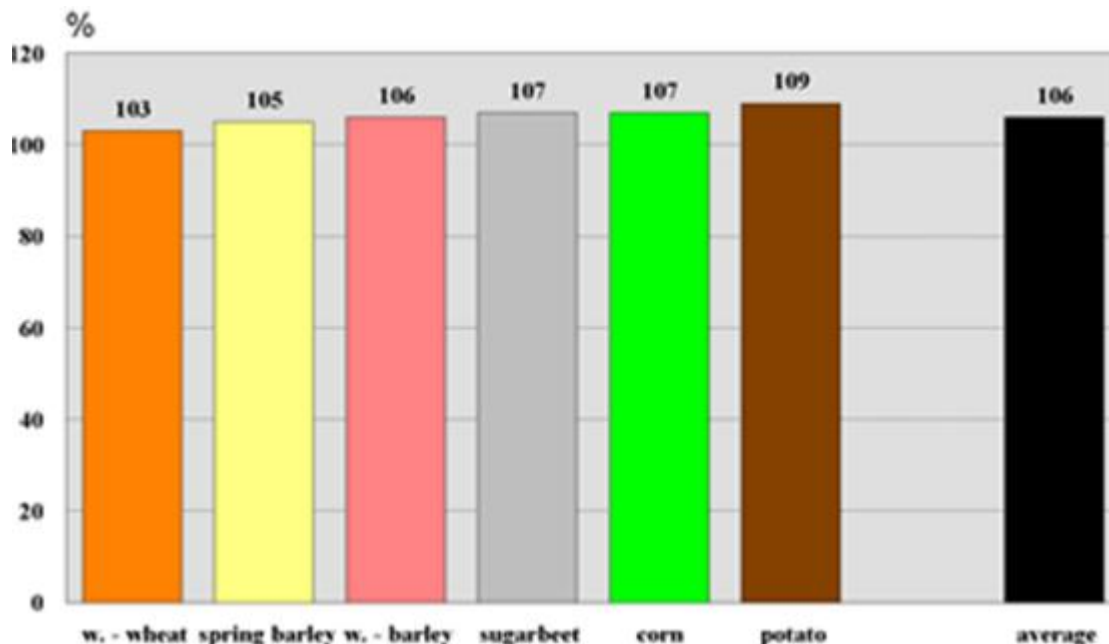


Figure 1: Comparison of crop yields at mineral fertilized plots (equals 100%) with the yields at plots fertilized with both organic and mineral fertilizers. Results of 350 experimental years at 15 long-term field experiments, mainly from the 21st century [5]

Climate Change and Humus Content. Climate change is a big issue in society, politics, economics and science at national and international level. An increase in annual mean temperature and impacts on the

quantity and distribution of annual precipitation are well known and documented by measurements. There are different views on the causes of climate change. According to the IPCC [7],

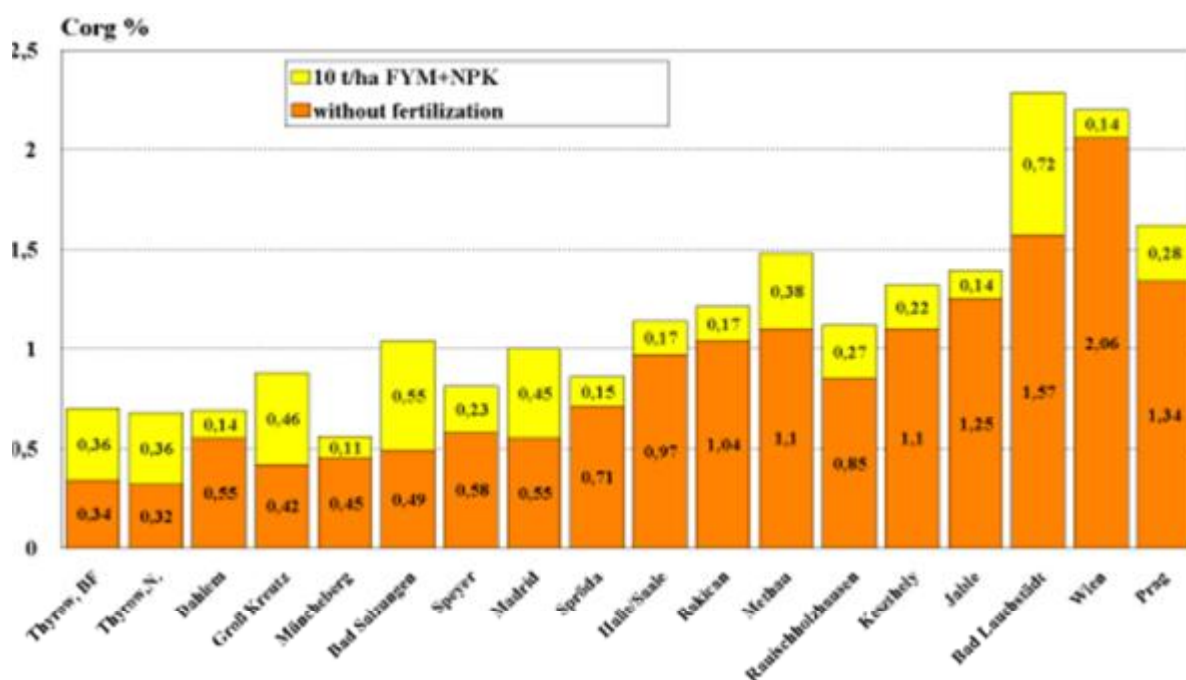


Figure 2: Effect of fertilization on soil organic carbon (SOC) contents in the top soil (0–30 cm) of 18 European long-term experiments – results from the first decade of the twenty-first century [5].

the increasing concentration of trace gases in the atmosphere, caused by anthropogenic activities, is primarily held responsible (5th Assessment Report of the IPCC 2013, [7]). There is, obviously, no sufficient evidence for this view. The detection of carbon loss as a result of global warming requires continuous long-term studies of at least 20 years, while respecting the *ceteris paribus* principle, i.e. all factors (fertilization, tillage, crop rotation, etc.) must be kept constant. These conditions can be fulfilled only in LTE. Körschens et al. [6] evaluated 15 long-term field experiments lasting for more than 40 years, in which 20 years were considered as starting time and the next 20 years were included in the evaluation. The results obtained have shown that the climate change does not cause a decrease in humus content of arable soils, on the contrary. These results are confirmed by many other authors.

Soil as a Carbon Sink? In the context of climate change a possibility to use the soil as a carbon sink has been discussed a lot.. The evaluation of LTE allows following statement: An increase of C_{org} - content of the soil by 0.1% in the arable layer, which corresponds to 4 to 5 t/ha of carbon, at an accumulation of 10% and at 40% C in plant dry matter requires input of 100 to 120 t/ha plant dry matter. That is, the reduction of the CO_2 concentration in the atmosphere by carbon accumulation in mineral soils (arable land) is, with certain exceptions, not relevant. The required C input exceeds the possible amount of plant matter, many times [3].

CONCLUSIONS

1. The soil improving effect of SOM on yields, i.e. the effect which cannot be reached by a sufficient and equivalent nutrient supply, was 6% (average of 350 yield comparisons from 15 LTE at 12 different sites, the majority for the period 2001–2010), being lowest for winter wheat (3%) and highest for potatoes (9%).
2. The possibility to reduce the CO_2 content in the atmosphere by carbon sequestration to soil can be ruled out.
3. SOC contents in the topsoil of long-term (decades) unfertilized treatments range between 0.36 and 1.57% for 18 analysed sites; SOC differences between unfertilized and optimally fertilized treatments are on average 0.3%.
4. The course of management-induced (e.g. crop rotation, fertilization, soil tillage) changes in SOC depends on the starting level of SOC; equivalent treatments may lead to an increase in

SOC from a low starting level, but a decrease from a high starting level.

5. 90% of the primary organic matter (POM) input to soil, referred to the starting plant biomass, has been mineralized and the assimilated carbon is returned back into the atmosphere.
6. To increase the C_{org} -contents in soil by 0.1%, the input of 100 to 120 t/ha dry plant matter is necessary.
7. While increasing the humus content in soil, nitrogen utilization would be reduced and the pollution of the atmosphere with CO_2 , CH_4 and N_2O would be increased.
8. An increase in humus content above its site and land use optimum level does not bring benefits, neither for the yields nor for the environment.
9. There has been no scientifically based evidence that climate change has reduced the humus content of arable soils in Central Europe. The existing data indicate rather contrary.



Appendix: Long-term field experimental site Bad Lauchstädt, Germany. Soil is a Chernozem. The photo shows a variant without nitrogen fertilizer. The sub-optimum plant nutrition state is indicated by the light colour of wheat plants. Photo: L. Mueller

REFERENCES

- [1] Quoted by: Müller, G., Förster, I. 1963. Die bodenkundlichen Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit. Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl-Marx-Universität Leipzig, 12. Jahrgang, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe, H. 4
- [2] Debreczeni, K., Körschens, M. 2003. Long-term field experiments of the world. Archives of Agronomy and Soil Science, October 2003, Vol. 49, pp 464- 483
- [3] Körschens, M., Kubat, J. 2015. Soil Organic Matter – Climate Change – Carbon Sequestration? The importance of long-term field experiments. 60. anniversary of long-term field experiments in the Czech Republic. Book of Abstracts and Proceedings of the international Conference. p.43 – 50
- [4] Scholz S. 1978. Beziehung zwischen OBS-Gehalt und Ertrag, abgeleitet aus Dauerversuchen. In: Synthetische Information. Bereich Bad Lauchstädt: Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Münchenberg.
- [5] Körschens, M., Albert, E., Armbruster, M., Barkusky, M., Baumecker, M., Behle-Schalk, L., Bischoff, R., Cergan, Z., Ellmer, F., Herbst, F., Hoffmann, S., Hofmann, B., Kismány-Oky, T., Kubat, J., Kunzova, E., Lopez-Fando, C., Merbach, I., Merbach, W., Teresa Pardo, M., Rogasik, J., Rühlmann, J. Spiegel, H., Schulz, E., Tajnsek, A., Toth, Z., Wegener, H., Zorn, W. 2013. Effect of different mineral and organic fertilization on yield, N-uptake, C- and N-balance, as well as C-content and C-dynamics in the soil, derived from the results of 20 long-term field experiments in the 21st century. Archives of Agronomy and Soil Science 59:1017–1040.
- [6] Körschens, M.; Albert, E.; Baumecker, M.; Ellmer, F.; Grunert, M.; Hoffmann, S.; Kismányoky, T.; Kubat, J.; Kunzova, E.; Marx, M.; Rogasik, J.; Rinklebe, J.; Rühlmann, J.; Schilli, C.; Schröter, H.; Schroetter, S.; Schweizer, K.; Toth, Z.; Zimmer, J.; Zorn, W. 2014. Humus und Klimaänderung - Ergebnisse aus 15 langjährigen Dauerfeldversuchen. Archives of Agronomy and Soil Science 60 (11), S. 1485-1517.
- [7] IPCC fifth assessment report: climate change 2013 - The physical science basis (IPCC WGI AR5) Source(s): Cambridge University Press, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

**Chapter IV/49: NETWORK OF LONG-TERM AGRICULTURAL TRIALS WITH
FERTILIZERS IN THE FRAMEWORK OF RUSSIAN AGROECOLOGICAL MONITORING**
**Глава IV/49: Сеть длительных полевых опытов с удобрениями в системе агроэкологического
мониторинга России**

Vladimir Romanenkov*^{1,2}, Lyudmila Shevtsova², Maya Belichenko²

DOI 10.25680/9922.2018.72.78.314

*Email: viuageoset@gmail.com

1. Lomonosov Moscow State University, Soil Science Faculty, Leninskiye Gory, 1 Bld. 12, 119991 Moscow, Russia

2. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova st. 31a, Moscow 127550, Russia

ABSTRACT. In the 1990s, a methodology for organization of agroecological monitoring was elaborated as a unified observation system of the state and dynamics of agroecosystems and a component of biosphere monitoring. It allows the environmentally optimal fertilizing systems to be determined experimentally and the role of separate practices in positive and negative environmental impacts to be assessed. Experimental investigations have focused on determining site-specific indicative parameters to characterize the state and dynamics of soil fertility to ensure the application of environmentally sound fertilizer rates for the optimal nutrition of plants with consideration of weather conditions. Comparison of soil agrochemical parameters dynamics in periodical agrochemical soil survey of agricultural lands and in long-term experiments allows to test effective measures for soil fertility control in modern technologies. Strategy of fertilizers application based on long-term research should include the upper limit of permissible fertilizer rates connected with reducing environmental risk of nutrient loss, while the lower limit for the tested management practice connected with the significant decrease in the fertilization efficiency.

Резюме. В 1990-х гг. разработана методология организации агроэкологического мониторинга как единой системы наблюдений за состоянием и динамикой агроэкосистем и компонента биосферного мониторинга. Она позволяет экспериментально определить экологически оптимальные системы удобрения и оценить роль элементов систем земледелия в положительном и отрицательном воздействии на окружающую среду. Экспериментальные исследования были направлены на разработку локальных индикаторов для характеристики состояния и динамики почвенного плодородия, что гарантировало применение экологически оправданных доз удобрений для оптимального питания растений с учетом погодных условий. Сравнение динамики агрохимических показателей состояния почв по результатам агрохимического обследования и по данным длительных опытов позволяет оценить эффективность мероприятий по контролю за состоянием плодородия в современных технологиях. Стратегия применения удобрений на базе длительных полевых исследований должна включать верхний предел возможных доз с учётом снижения рисков для окружающей среды при потере элементов питания и нижний предел тестируемых элементов систем земледелия, связанный со значимым падением окупаемости удобрений.

KEYWORDS: Long-term field trials, fertilizers, Geographical network, agroecological monitoring

Ключевые слова: Длительные полевые опыты, удобрения, Геосеть, агроэкологический мониторинг

INTRODUCTION

Soil fertility monitoring is one of the numerous tools for assessing the fertility of soil and its agroecological potential. Local monitoring on the reference plots, test areas, and plots of long-term field experiments run by the Geographical Network, as well as the periodical agrochemical soil survey of agricultural lands and models of soil fertility, are complementary methods within the integral approach to assess the effect of economic activities and natural factors on the agricultural soils [1].

Studies on the development of high-input technologies of crop cultivation and the program of agroecological monitoring have been launched in the Soviet Union in the late 1980s–early 1990s. The studies in the fields of intensive farm systems and agroecological monitoring are mutually related. An advantage of the new monitoring system compared to the existing soil-agrochemical approaches was the implementation of an expanded research program and the unification of methodological approaches and procedures. The organization of agroecological monitoring was considered as a unified observation system of the state and dynamics of agroecosystems and a component of biosphere monitoring. The main

aim of the agroecological monitoring was to integrate it into the network of regular ground environmental observations in space and time, and the major practical tasks were to create highly efficient and ecologically balanced agrocenoses on the basis of the expanded reproduction of soil fertility, to sustain the essential functions of soil cover, the maximal use natural-climatic resources, and to increase the efficiency of chemicals [2,3].

MATERIAL AND METHODS

The field experiment is the most representative method of studying the theoretical and practical principles for reproducing soil fertility, increasing crop yields, and improving crop quality. The network of more than 350 similar long-term experiments simultaneously performed in several geographical and soil-climatic zones according to the standardized procedure form the main scientific basis for adequately assessing the changes in slow processes. Measurements within the geographical network of long-term field experiments supplement the observation design with a new information block: an assessment of variations in the agrochemical soil parameters under the impact of multiple factors.

Long-term field experiments allow the environmentally optimal fertilizing systems to be determined experimentally and the role of separate practices in positive and negative environmental impacts to be assessed. In the 1990s, a methodology for launching new field experiments was developed, which includes the extension of experimental studies in agroecosystems to include information about adjacent environments by organizing a new type of experimental network: agroecological polygons. The organization of polygons allows the effect of intensification factors in agrolandscapes to be studied by taking into account the transfer of water, nutrients, and xenobiotics. The main objective of the polygons was their integration into the network of land observations on the state of arable soils as a component of agrochemical and agroecological monitoring. The experimental treatments were located along the main slopes and allowed the treatments within catenae to be compared by taking into account the geochemical conjugation and the control of soil material, nutrient, and water transfer both within and beyond the experimental plots.

Research in the field of agroecological monitoring involved the development of scientific and technical fundamentals for the creation of an integrated system of remote sensing methods with the selection of the most informative parameters for each zone (e.g., soil moisture for the Nonchernozemic zone, salt content for the irrigated arid areas, and humus content for chernozems).

It was recognized that no common set of parameters characterizing the soil fertility can be proposed for all soils. It is advisable to select indicative parameters for the state and dynamics of soil and soil cover in the area considered, which are controlled on the basis of the realization of different management practices. The parameters were separated into three groups, which allowed performing the early diagnostics on the basis of seasonal dynamics and reflecting the perennial and long-term changes in the state of soils (Table 1) with the possibility of periodical revision and specification.

It was planned to use the monitoring data for improving the zonal farming systems and assessing the capacities of different soils to sustain a specific productivity level depending on the natural and climatic conditions, management practices, the deviation of soil properties from the optimum level, and the control of the environmental status of lands. The fertilizing system was considered as a combination of not only agronomical solutions, but also organizational and economic ones to ensure the observance of environmental requirements. On the basis of present-day terminology, principles were developed for the sustainable farming, the adaptive management in farming systems and plant nutrition, and the utilization of the bioclimatic potential of the territory for ensuring the long-term improving of land quality.

The practical implementation of this task revealed a number of contradictions because of the differences in the requirements for the organization of long-term experiments and monitoring. The implementation of monitoring implies as wide as possible range of all soil-environmental conditions typical for the studied landscape. The main requirement for the establishment of long-term experiments is, on the contrary, the maximum reduction of the initial heterogeneity of the studied properties, and the studies were performed on small plots of 50–100 m² in area. A significant spatial heterogeneity of the standard agrochemical parameters was revealed on the established polygons.

Table 1. Control parameters in soil-ecological monitoring (after [4], with amendments)

Group of parameters	Potential indicators	Measurement periodicity	Methods of regulation
Early diagnostics	Enzymatic activity, respiration, and nitrogen fixation Change of the redox potential Acidification (alkalization) Soil density Contents of nutrients Dynamics of groundwater level and salt content	Several times per vegetation period	Organic and mineral fertilizers Agricultural technology, amelioration Chemical and water amelioration Soil cultivation, composition and proportions of lands Application of organic and mineral fertilizers, agrotechnical practices Drainage; changes of fertilizer application times, rates, and methods; agricultural technology
Perennial changes	Content and composition of salts in the 0- to 100-cm layer (electrical conductivity) Exchangeable Na, % Content and quality of soil organic matter Accumulation of heavy metals, biological productivity of agrocenosis	Annually, at the end of vegetation (after harvest) on the same dates to exclude the effect of seasonal dynamics	Irrigation and drainage Irrigation and drainage Application of organic fertilizers, increase of agrocenosis productivity, biological amelioration Chemical amelioration, agrotechnical practices, remediation
Long-term changes	Proportions of fine and coarser soil fractions, mineralogy, thickness of soil horizon, content and forms of nitrogen and essential macronutrients	Every several years at the end of rotation cycle after harvest	Land use, composition and proportions of lands Combination of crops, crop rotation systems Structure of crop areas Soil cultivation, reclamation measures

This problems was solved, in particular, by the involvement of special techniques for the statistical treatment of experimental results (geostatistics methods and the analysis of local trends), which allowed characterizing the spatial heterogeneity of the studied parameters [5].

It can be taken that the mandatory use of agroecological approaches became a general rule in the analysis of the farm systems described [6]. We present some examples to illustrate the above statements.

RESULTS AND DISCUSSION

Effective control of soil fertility in modern technologies

Nutrient mining and decrease of fertility can be revealed based on the decrease of available phosphorus and potassium content, decline of pH and soil organic carbon, especially on albeluvisols with a low natural productivity level. In Republic of Komi dynamics of the relevant agrochemical parameters was compared with the results of 30-year trail with fodder crop rotation. In 1966-2008 weighted average content of available phosphorus based on periodical agrochemical soil survey of agricultural lands had the maximum of $188 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ with decrease to 160 at the end of the period, and for available potassium the same tendency was traced. It coincides with a sharp decrease in applied fertilizer rates: from $153 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ at the end of 80-s to $14 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ in 2008. Weighted average pH value also decreased from 5.3 in 1993 to 4.8 in 2008. The results of the trail demonstrate possibility to stabilize pH at 5/7 at the expense of high rates of peat and FYM compost and available phosphorus at $380\text{-}400 \text{ mg kg}^{-1}$ level with a positive trend for potassium (Fig.1).

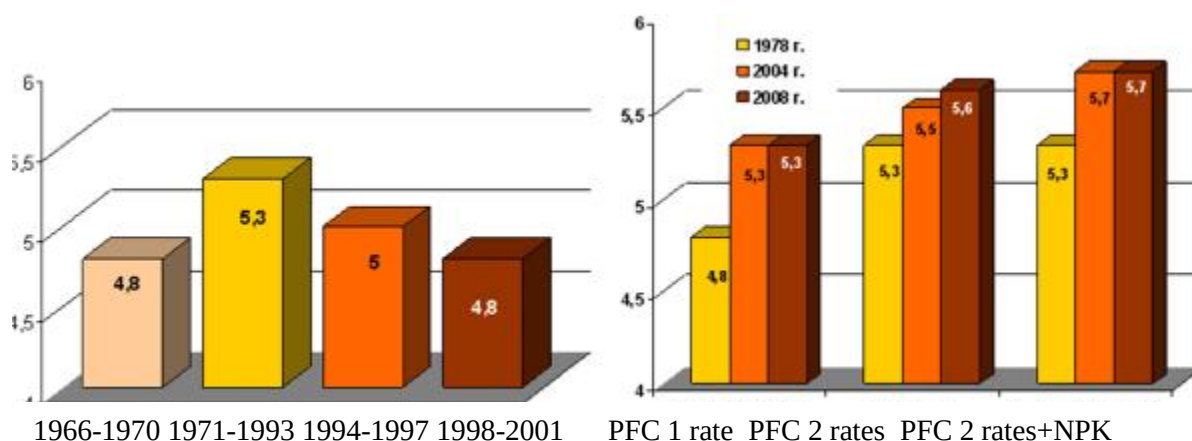


Figure 1. Trends of pH_{KCl} in the Republic of Komi (a) weighted average for arable lands in 1966-2008 based on periodical agrochemical soil survey of agricultural lands; (b) in a long-term trial with organic and organic-mineral fertilization, PFC – peat-farm manure compost.

Assessment the efficiency of fertilizers with consideration of weather conditions

The analysis of databases of the Geographical Network for assessing changes in fertilizer efficiency as affected by fertilization rates showed that the uncertainty at low application rates is relatively high because of variation of weather conditions. This is true for both the Nonchernozemic and Chernozemic zones of the European Russia (Fig. 2). In an experiment with winter wheat on soddy-podzolic soil when N application rates were above 60 kg/ha, the range of fertilizers efficiency variation in treatments having different soil fertility was comparable with the effect of weather conditions. Below this application rate, the efficiency of fertilizers can decrease by more than two times. In a long-term experiment on ordinary chernozem in 9-course cereals-row crops rotation with black fallow, an analogous tendency was observed at NPK rates below 150 kg/ha; a significant decrease in variation occurred at rates of 190–280 kg/ha. Hence, application strategy should include the upper limit of permissible fertilizer rates connected with reducing environmental risk of nutrient loss, while the lower limit for the tested management practice is the significant decrease in the fertilization efficiency because of the variation in weather conditions.

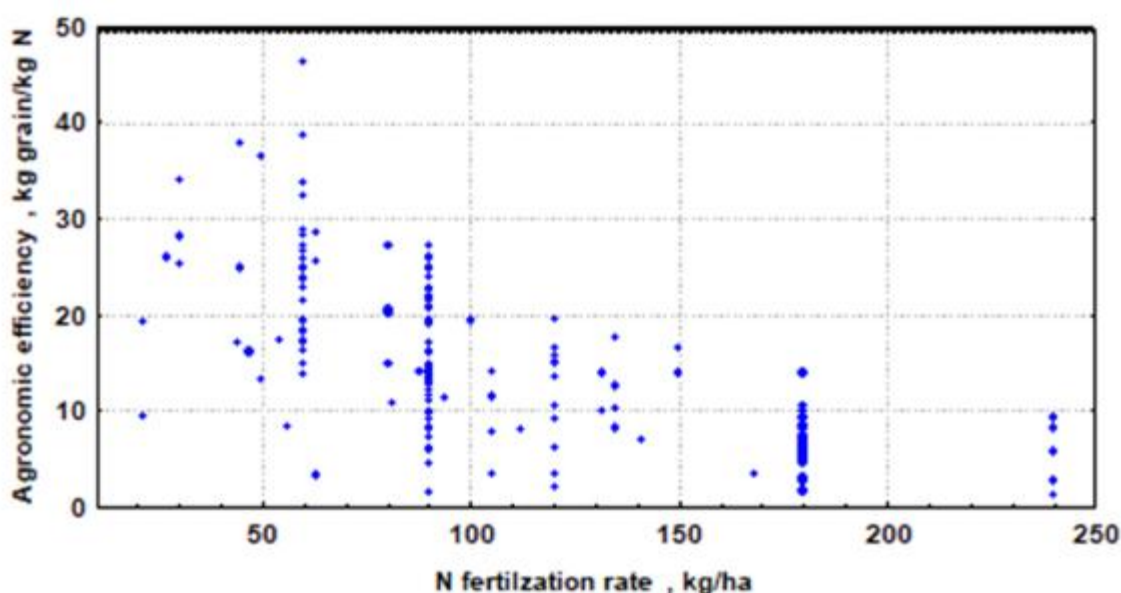


Figure 2. Agronomic efficiency of fertilizers for N fertilization under winter wheat, experimental data of Central Experimental Station of the Pryanishnikov Research Institute of Agrochemistry, Moscow oblast, 1963–1991.

CONCLUSIONS

1. Integration of long-term field experiments run by the Geographical Network in the system of agroecological monitoring allows to develop principles of sustainable farming, the adaptive management in farming systems and plant nutrition, to access utilization of the bioclimatic potential of the territory for ensuring the long-term improving of land quality.
2. Site-specific indicative parameters were proposed to characterize the state and dynamics of soil fertility and the environmental state of soils to ensure the application of environmentally sound fertilizer rates for the optimal nutrition of plants with consideration of weather conditions.
3. Under the conditions of low-cost agriculture information derived from long-term experiments allows confidently using the obtained data for extensive farming technologies and changes in the structure of conventional crop rotations, as well as for the high-input methods providing that financial investments into the agriculture will increase. Moreover, it allows assessing the interchangeability of different approaches with consideration for environmental restrictions of the used technologies.

REFERENCES

- [1] Sychev, V.G., Yefremov, E.N., Romanenkov, V.A. 2016. Monitoring of soil fertility (agroecological monitoring). In *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia*, Springer Water. Springer International Publishing, pp. 541–561
- [2] Litvak, Sh.I. 1991. Systemic approach to agrochemical research (Системный подход к агрохимическим исследованиям). , Agropromizdat, Moscow. 220 p.
- [3] Litvak, Sh.I. , Pankova, N.K. 1989. Main principles of fertilizer system development for crop rotation from geographical network of field experiments (Основные принципы разработки системы удобрения в севообороте (по данным опытов географической сети) In: *Fertilizers application and extended reproduction of soil fertility (Применение удобрений и расширенное воспроизводство плодородия почв)*. Proceedings of VIUA, Moscow, 7–19.
- [4] Methodological and organizational principles of carrying agroecological monitoring in high-input agriculture (based on the geographical network experiments) (Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии (на базе Географической сети опытов). 1991. Milashchenko, N.Z., Litvak, Sh.I. (ed). VIUA, Moscow. 356 p.
- [5] Romanenkov, V.A., Kuzyakova, I.F. 2000. New methodological approaches to agroecological field experiments in landscape agriculture (Новые методологические подходы к агроэкологическим полевым опытам в ландшафтном земледелии). In: *Proceedings of International scientific and practical conference “Current problems of experimental studies” (Труды международной научно-практической конференции “Современные проблемы в экспериментальных исследованиях”)*, Vol. 1. St. Petersburg. 140–146 .
- [6] Romanenkov, V.A., Shevtsova, L.K. 2014. Long-term Geographical Network field experiments in modern and advanced agrochemical and agrolandscape research (Длительные опыты Геосети в современных и перспективных агрохимических и агроландшафтных исследованиях) *Agrokhimia*, 11, 3–14.

**Глава IV/50: РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЛИТЕЛЬНЫХ
ОПЫТОВ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ**

**Chapter IV/50: The Role of Fertilizers in Providing Sustainable Agricultural Production: Results of
the Long-Term Trials of the Geographical Network**

Майя Беличенко*¹, Виктор Сычев¹, Владимир Романенков^{1,2}

DOI 10.25680/4223.2018.32.99.315

*Эл. Почта: mvbelichenko@gmail.com

1. Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова РАН,
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

2. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова 119992 Москва, Ленинские горы, 1, стр.
12, Россия

РЕЗЮМЕ. На основе созданной во ВНИИ агрохимии им. Прянишникова и постоянно пополняемой единой базы данных «Агрогеос» проведен анализ отзывчивости культур на технологические приемы, применяемые в опытах и выявлены тенденции изменения состояния почв. Результаты длительных опытов обобщены по федеральным округам, типам почв и изучаемым факторам. Показано, что в длительных опытах урожайность пшеницы выше, чем средняя урожайность в хозяйствах по федеральным округам, вследствие высокого уровня агротехники в опытах. На примерах длительных опытов в Московской, Рязанской, Владимирской областях, Ставропольском крае, Кабардино-Балкарии показана положительная роль удобрений в обеспечении устойчивого сельскохозяйственного производства. Отмечена важная роль погодных условий года в формировании урожая во Владимирской области. Для Кабардино-Балкарской республики важным фактором повышения окупаемости удобрений является орошение. Результаты длительных опытов выявили большое значение комплексной химизации и научно обоснованных севооборотов для дерново-подзолистых и темно-серых почв.

Abstract. The analysis of crop response to agricultural techniques used in the experiments and the trends of soil fertility changes was carried out on the basis of unified database "Agrogeos" created and constantly updated at the Pryanishnikov Institute of Agrochemistry. The results of long-term experiments were summarized according to the Federal districts, soil types and studied factors. It is shown that in long-term experiments wheat yields were higher than the average yield in farms in Federal districts. The reason of higher productivity in long-term experiments was the high level of agricultural techniques. Examples of long experiences in Moscow, Ryazan, Vladimir regions, Stavropol Krai, Kabardino-Balkaria showed a positive role of fertilizers in sustainable agricultural production. According to the long-term investigations the important role of weather conditions in crop production was marked for Vladimir region. For the Kabardino-Balkarian Republic an important factor in increasing of fertilizer payback was irrigation. Results of long-term experiments showed the importance of integrated chemicalization and scientifically based crop rotations for sod-podzol and dark gray soils.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Географическая сеть длительных полевых опытов с удобрениями, база данных, урожайность культур, окупаемость удобрений, плодородие почвы.

Keywords: Geographical network of long-term field experiments with fertilizers, database, crop yields, profitability of fertilizer, fertility of the soil

ВВЕДЕНИЕ

С 1941 года в Советском Союзе, а теперь в Российской Федерации организована и продолжает функционировать Географическая сеть опытов с удобрениями.

Сегодня мы проводим в рамках Геосети более 130 полевых многолетних опытов с удобрениями, среди которых 15 - длительностью более 70 лет, а более половины из них перешагнули 35-летний рубеж. Существующая в настоящее время сеть опытов России является уникальной, не имеющей мировых аналогов системой длительных стационарных наблюдений, аккумулирующей в себе информацию, получаемую десятилетиями.

ЦЕЛЬ МЕТОДА

С 2001 года ВНИИА как головной координатор Геосети осуществляет ведение информационной базы данных длительных опытов на федеральном уровне на электронных носителях. Ранее такая информация поступала ежегодно в виде унифицированных отчётных карточек. В настоящее время широкое использование компьютерных технологий позволяет значительно усовершенствовать работу по сбору и накоплению реальной информации полевых опытов Геосети и значительно расширить масштаб ее использования.

Опыты, проводящиеся в соответствии с требованиями методики опытного дела и имеющие паспорта, получили аттестаты и включены в «Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации». Изданы четыре книги "Реестра". Электронная версия размещена на сайте Геосети <http://www.geo-set.ru>

В опытах Геосети изучают влияние на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почв обширного ряда факторов. Факторы, которые изучают в длительных опытах помимо различных систем удобрения, распределены по-разному в зависимости от региона. В Нечерноземной зоне большое внимание уделено известкованию и средствам защиты растений, в Черноземной зоне – севооборотам и системе обработки почвы, в Северо-Кавказском федеральном округе - системе обработки почвы и внесению растительных остатков, влиянию орошения, в Приволжском федеральном округе все изучаемые факторы распределены между опытами достаточно равномерно – наибольшее количество посвящено внесению растительных остатков и один опыт с орошением, в Сибирском федеральном округе в большинстве опытов изучают средства защиты растений, системы обработки почвы и севообороты. Кроме влияния удобрений на урожай и почвы в Уральском федеральном округе изучают внесение растительных остатков, зеленое удобрение, известкование и средства защиты растений, в Дальневосточном федеральном округе – известкование, внесение растительных остатков и средства защиты растений.

Во ВНИИ агрохимии им. Прянишникова отдел Географической сети опытов с удобрениями ведет работу по созданию на основе отчетов учреждений Геосети единой базы данных «Агрогеос», включающую в себя погодные показатели, дозы удобрений, урожайность культур, качество продукции, агрохимические свойства почв. На основе анализа собранных данных определяют отзывчивость культур на технологические приемы, применяемые в опытах, выявляют тенденции изменения состояния почв.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обобщение результатов длительных опытов по выбранным принципам (федеральным округам, типам почв, изучаемым факторам) позволяют проанализировать многие процессы и увидеть существующие проблемы.

На рисунке представлены данные по урожайности озимой пшеницы учреждений Геосети, обобщенные по федеральным округам и статистические данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата) о средней урожайности в хозяйствах по федеральному округу [1]. Во всех округах, кроме Северо-Западного существуют значительные расхождения между средней урожайностью по округу и в длительных опытах.

В Северо-Кавказском, Южном и Приволжском федеральных округах урожайность пшеницы не только на удобренных, но и на контрольных вариантах опытов (без применения удобрений) превышает урожайность этой культуры в производственных условиях на 5-13 ц/га.

Превышение урожайности пшеницы в опытах со средней дозой удобрений еще выше и составляет от 6 ц/га для ЦРНЗ до 20 ц/га для Южного федерального округа. Причиной такой ситуации является высокий уровень агротехники в опытах. Следовательно, применение правильно подобранной системы удобрения, зональных севооборотов и других элементов агротехнологий обеспечит повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в производственных посевах данных регионов.

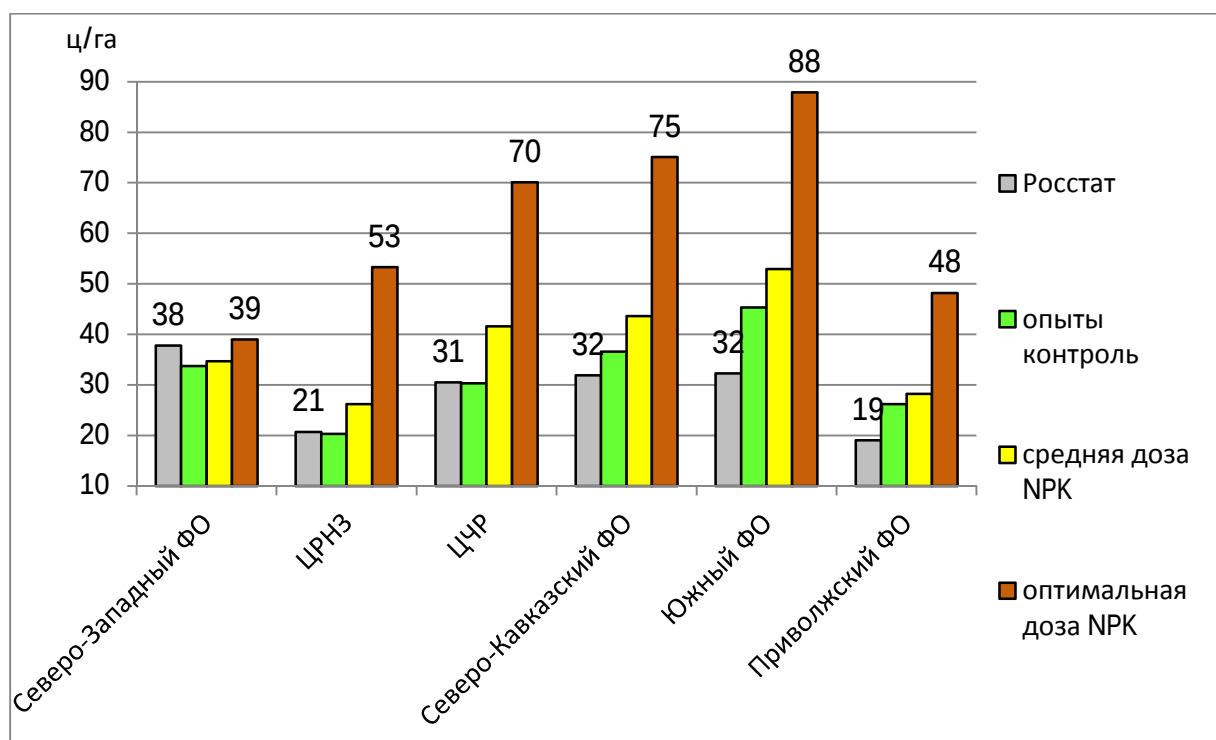


Рисунок 1 - Сравнение данных по урожайности озимой пшеницы в 2005-15 гг. в длительных опытах Геосети с урожайностью в хозяйствах

Максимальная урожайность, достигаемая в опытах, определяет оптимальную дозу удобрений, при которой она была получена, показывает уровень, которого можно достичь при соблюдении всех правил агротехники в благоприятные по погодным условиям годы.

Однако, повышение урожайности за счет введения севооборотов, технологии обработки почвы, новых сортов без достаточного комплексного внесения удобрений приводит к нарушению баланса веществ и это весьма опасное явление, ведущее к истощению почвы.

За последние восемь лет средняя урожайность озимых зерновых культур по федеральным округам Российской Федерации по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) составила от 15,1 до 34,5 ц/га (Таблица). Вынос основных элементов питания растений при таком уровне урожайности изменяется от 110 до 248 кг/га NPK. При этом современный уровень внесения удобрений по статистическим данным крайне низок, так в среднем за последние восемь лет по федеральным округам было внесено от 10,5 до 84,4 кг/га действующего вещества удобрений. Таким образом, по разным регионам внесение удобрений компенсирует от 7,8 до 34% выноса питательных элементов.

Длительные опыты дают положительные примеры роста урожайности культур, повышения продуктивности севооборотов, и улучшения плодородия почв при высоком уровне интенсификация сельскохозяйственного производства.

В длительном опыте ЦОС ВНИИ агрохимии, проводимом в Московской области на дерново-подзолистой почве за 8 ротаций севооборота применение удобрений совместно со средствами защиты растений обеспечило последовательный рост продуктивности севооборота от 30 до 57 ц з.е./га урожайности озимой пшеницы с 3,5 до 6,5 т/га, а в благоприятные годы 8-9 т/га [2]. Окупаемость минеральных удобрений также последовательно возрастала с 8 до 18 кг / 1 кг питательных веществ удобрений. Рост урожайности и окупаемости удобрений происходил на фоне существенного улучшения потенциального плодородия почвы: содержание подвижного фосфора возросло за 50 лет в 10 раз, от очень низкого до высокого, калия – вдвое от среднего до высокого, при стабильном содержании гумуса на уровне выше 2%.

Таблица 1 - Урожайность, вынос основных питательных элементов и внесение удобрений под озимые зерновые культуры

Федеральный округ	Урожайность*, ц/га	Вынос, кг/га				Внесено удобрений*, кг/га	Интенсивность баланса, %
		N	P	K	NPK		
Российская Федерация	29,0	96,9	38,5	69,8	205,2	41,3	20,0
Центральный	30	102	40	73	216	66	31
Южный	34	114	45	82	241	76	32
Приволжский	18	62	25	45	132	28	21
Северо-Западный	35	117	47	85	248	84	34
Северо-Кавказский	33	113	45	81	239	74	31
Уральский	18	60	24	44	128	21	16
Сибирский	19	64	25	46	135	11	8
Дальневосточный	15,1	51,0	20,0	37,0	109,0	35,5	33,0

В длительном опыте Ставропольского ГАУ [3,4] на черноземе выщелоченном за 36 лет проведено 4 ротаций севооборота изучают влияние на урожайность озимой пшеницы (предшественник – занятый пар) органо-минеральной системы удобрения в различных дозах: рекомендованной, балансовой, расчетной, и способов обработки почв. Показана возможность увеличения ее урожайности от 37 до 56 ц/га при поверхностной обработке почв (глубина 10-12 см), а при отвальной вспашке до 63 ц/га, при достижении окупаемости 12,7 кг / 1 кг питательных веществ минеральных удобрений. Свойства почв, однако, вызывают некоторые опасения. Содержание подвижных форм фосфора возрастает от 240 до 330 мг/кг, калия не изменяется 265 мг/кг, содержание гумуса оставалось стабильным до 1993 года, после наблюдается снижение его содержания от 6,4 до 5,6 % на 0,8%, что, очевидно связано с ростом урожайности культур и интенсификацией выноса.

В длительном (60 лет) стационарном опыте Кабардино-Балкарского НИИСХ [5] при орошении чернозема обыкновенного исследования показали, что применение систем удобрения увеличивало продуктивность неорошаемого севооборота на 50-100%, а на фоне орошения – на 165-185%. Окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений без орошения за время опыта увеличилась незначительно: до 6 -7 кг зерновых единиц, а при орошении – возросла до 17-18 кг зерновых единиц. За время проведения опыта обеспеченность орошаемой и неорошаемой почвы подвижным фосфором возросла от низкой до высокой, а калия – от средней до высокой. В республике в настоящее время обеспеченность фосфором в категории высокая и очень высокая имеют только 15% неорошаемых и 20% орошаемых земель, а калия – 20 и 40%, соответственно.

Задача опыта Рязанского НИИСХ - разработка севооборотов, отвечающие требованиям земледелия при разных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства с подбором культур, соответствующих принципам ландшафтного земледелия [6]. Севооборот № 1: ячмень – овес – черный пар – озимая пшеница – кукуруза – яровая пшеница, севооборот №2: ячмень + клевер - клевер 1 г.п.- клевер 2 г.п.- озимая пшеница – кукуруза – яровая пшеница. На примере данного опыта видно насколько высоко поднимается продуктивность севооборота при большой насыщенности его травами. Удобрения (N₉₀P₉₀K₉₀) дают прибавку в обоих севооборотах 5-14 ц.е./га (до 37%). Введение 3 лет трав приводит к еще большему росту продуктивности. Прибавка в зерно-травяно-пропашном севообороте по сравнению с зерно-паро-пропашным составляет 9-31 ц.е./га, продуктивность достигает 80 ц.е./га. Столь высокая продуктивность требует особого внимания к изменению свойств почв. В данном случае содержание гумуса и калия практически не изменилось, фосфора – выросло на 50%.

Эффективность применения минеральных и органических удобрений в значительной степени определяется изменчивостью погодных условий. В опыте ФГБНУ ВНИИОУ, заложенном в 1968 году, (к настоящему времени прошло 10 ротаций) изучают влияние длительного применения различных систем удобрений на продуктивность зернопропашного севооборота, качество урожая и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы; осуществляют исследование круговорота углерода, баланса органического вещества и элементов минерального питания; определяют оптимальные параметры плодородия легких дерново-подзолистых почв [7]. Для анализа влияния

влагообеспеченности вегетационного периода на прибавку продуктивности культур минеральной системы удобрения выбраны варианты с внесением $N_{50}P_{25}K_{60}$ и $N_{100}P_{50}K_{120}$, для органоминеральной системы - варианты опыта с внесением 10 т/га навоза + $N_{50}P_{25}K_{60}$ либо $N_{100}P_{50}K_{120}$.

Во-первых, установлено, что наилучшими условиями влагообеспеченности для легких дерново-подзолистых почв являются ГТК 1,25 и ГТК 1,64, во-вторых, при неблагоприятных условиях недостатка или избытка увлажнения прибавки от средней и повышенной дозы минеральных удобрений мало отличаются, в-третьих, преимущество органо-минеральной системы проявляется при недостатке увлажнения, или при повышенных дозах удобрений.

Окупаемость удобрений максимальна – 11 кг з.е./1 кг д.в. - при внесении только минеральных удобрений в дозе $N_{50}P_{25}K_{60}$. Максимальную прибавку урожая – 18,1 ц з. е./га - обеспечивает внесение 10 т/га навоза + $N_{100}P_{50}K_{120}$ в годы с высоким уровнем влагообеспеченности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Урожайность озимой пшеницы в длительных опытах учреждений Геосети, обобщенных по федеральным округам, выше средней урожайности в хозяйствах на этих же территориях благодаря применению правильно подобранной системы удобрения, зональных севооборотов и других элементов агротехнологий.
2. Приведенные примеры длительных опытов показывают возможность последовательного повышения окупаемости удобрений, роста интенсификации сельскохозяйственного производства и сохранения плодородия почв и качества сельскохозяйственной продукции при достаточном уровне применения удобрений.
3. На современном этапе работы Геосети более широкого изучения требуют факторы влияние на эффективность удобрений метеоусловий, особенностей сортов, форм, сроков и способов внесения удобрений, средств защиты растений, способов обработки почв и гидротехнической мелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сайт Федеральной службы государственной статистики <http://www.gks.ru/>, базы данных <http://cbsd.gks.ru/> (Росстат).
- [2] Ваулина Г.И., Алиев А.М. Роль средств химизации в энергосберегающих агротехнологиях производства сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистых суглинистых почвах Центрального Нечерноземья. // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями: материалы Всерос. сов. научных учреждений-участников Геосети. М.: ВНИИА, 2016. - С. 38 - 53.
- [3] Есаулко А. Н., Агеев В. В., Сигида М. С., Бузов В.А. Оптимизация систем удобрений в центральном предкавказье. // Достижения науки и техники АПК. 2010. - № 11. - С. 63 – 65.
- [4] Есаулко А. Н., Фурсова А. Ю. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки чернозема выщелоченного на химический состав растений озимой пшеницы // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2(18). С. 182–186.
- [5] Бижоева Т.П. Влияние 66-летнего применения систем удобрения на продуктивность севооборота и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного в орошаемых и неорошаемых условиях степной зоны Центрального Предкавказья //Матер. Межд. научно-практ. конф. «Научное наследие академика Д.Н. Прянишникова и современные проблемы агрохимии». М.: ВНИИА, 2015. - С. 111 - 116.
- [6] Пестряков А.М., Свирина В.А., Красников Н.Г. Влияние удобрений на урожайность культур севооборота и плодородия темно-серой лесной почвы.//Сб. материалов 49-ой Международной научной конференции молодых ученых, специалистов - агрохимиков и экологов (ВНИИА).-М.: ВНИИА, 2015.- С.158-160
- [7] Лукин С.М. Агроэкологическое обоснование систем применения удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Владимир, 2009. - 405 с.

Глава IV/51: МЕТОДОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Chapter IV/51: Methodology of a Modern System of Field Experiments

Алексей И. Иванов*^{1,2}, Жанна А. Иванова¹,

DOI 10.25680/3372.2018.19.37.316

*Эл. Почта: ivanovai2009@yandex.ru

1.Агрофизический научно-исследовательский институт, Гражданский пр., 14, 195220 г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

2.Северо-Западный научный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, ш. Подбельского, 7, 196608 г. Санкт-Петербург - Пушкин, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ. В ходе многолетнего исследования разработана и апробирована методология многоуровневой системы полевых опытов в Маньковском филиале АФИ. Её построение базировалось на принципах системности и многомасштабности. Она включала в себя полевые опыты фундаментального (большой балансный опыт, агроэкологический стационар, агрофизический стационар), фундаментально-прикладного (ландшафтный, прецизионный, кооперативный опыты), детализирующего (сравнительный, мелкоделетный, микрополевой опыты, частное исследование) и производственного (производственный опыт, мониторинговое исследование) уровня. С фундаментальных позиций система экспериментов выстраивается в соответствии с многомасштабным характером организации агроэкосистем и направлена на математически точное описание процессов и явлений в них. Основным прикладным аспектом её реализации является нормативная база проектирования ресурсосберегающих систем земледелия.

Abstract. A methodology for a multi-tiered system of field experiments has been developed and tested in the Manikowski branch of the Agro-Physical Institute (AFI) over the past years. Its formation was based on the principles of consistency and scale-crossing. It included fundamental field experiments at different levels (big balance experiments, stationary agroecological and agrophysical experiments), fundamental-applied experiments (landscape, precision, cooperative experiments), detailed (comparative, small-plot, small-plot field experiments, individual study) and production experiments (field monitoring studies). With fundamental items, the system of experiments is built in accordance with the multiscale nature of the organization of agroecosystems and is aimed at a mathematically precise description of the processes and phenomena in them. The main applied aspect of its implementation is the normative base of designing of resource-saving farming systems.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: методология, полевой опыт, методические принципы, система экспериментов

Keywords: methodology, field experiment, methodological principles, system of experiments

ВВЕДЕНИЕ

Формирование научных основ управления стабильным и безопасным производством продовольствия является одной из приоритетных прикладных задач современной аграрной науки, отстаивающей концепцию адаптивной интенсификации устойчивого ресурсосберегающего земледелия [1-2]. Её реализация требует глубокой перестройки системы опытно-исследовательской работы и информационного обеспечения современного земледелия [3-7]. При этом полевой метод исследования был и остаётся основным инструментом решения фундаментальных и прикладных задач с.-х. науки [5,8,9]. С 2004 года в АФИ на правах координационного центра осуществляется разработка и апробация методологии построения зональной системы экспериментов и информационного обеспечения ресурсосберегающего земледелия.

ЦЕЛЬ МЕТОДОЛОГИИ

Специфика полевого метода, связанная с проведением разносторонних исследований на природно-антропогенных объектах в естественных погодноклиматических условиях с их генетически обусловленной неоднородностью заставляет вести постоянный поиск самых разнообразных методов и средств, обеспечивающих повышение достоверности и эффективности исследований [5,10-12]. Важнейшие аспекты обновления, такие как, постановка эксперимента на

его законное место в исследовательском процессе, использование адекватных информационно-технических средств, математических процедур и моделирования на всех этапах научного процесса, позволяющих реализовать в полной мере идеологию научного объяснения, имеют своей основной целью, с одной стороны, фундаментализацию с.-х. науки, с другой – решение задач не только современного, но и будущего товарного производства [5,12]. При этом методологическим ключом здесь, как и прежде, должен выступать принцип системности и многомасштабности изучения объектов исследования.

ПРИНЦИП И ПРОЦЕДУРА

С учётом специфики природно-территориального положения нашей страны первые наиболее масштабные системы экспериментов, существующие и в настоящее время, имели географический характер. При этом, исходя из системной сущности организации самих объектов исследования (растений, почв, агроэкосистем и др.), поиск принципов и методов управления ими должен опираться на строгую функциональную иерархию [13]. На его основе была сформирована базовая многоуровневая система полевых опытов в Меньковском филиале АФИ, служащем тестовым агроэкологическим и методологическим полигоном [14]. Она включает в себя полевые опыты фундаментального (большой балансовый опыт, агрофизический стационар, агрофизический стационар), фундаментально-прикладного (ландшафтный, прецизионный, кооперативный опыты), детализирующего (сравнительный, мелкоделяночный, микрополевой опыты, частное исследование) и производственного (производственный опыт, мониторинговое исследование) уровня (Рис. 1).

Таким организационным построением обеспечивается реализация наиболее важных принципов современного исследования, гарантирующих получение значимых фундаментальных и прикладных результатов, таких как принципы детерминизма, системности и развития (динамичности).

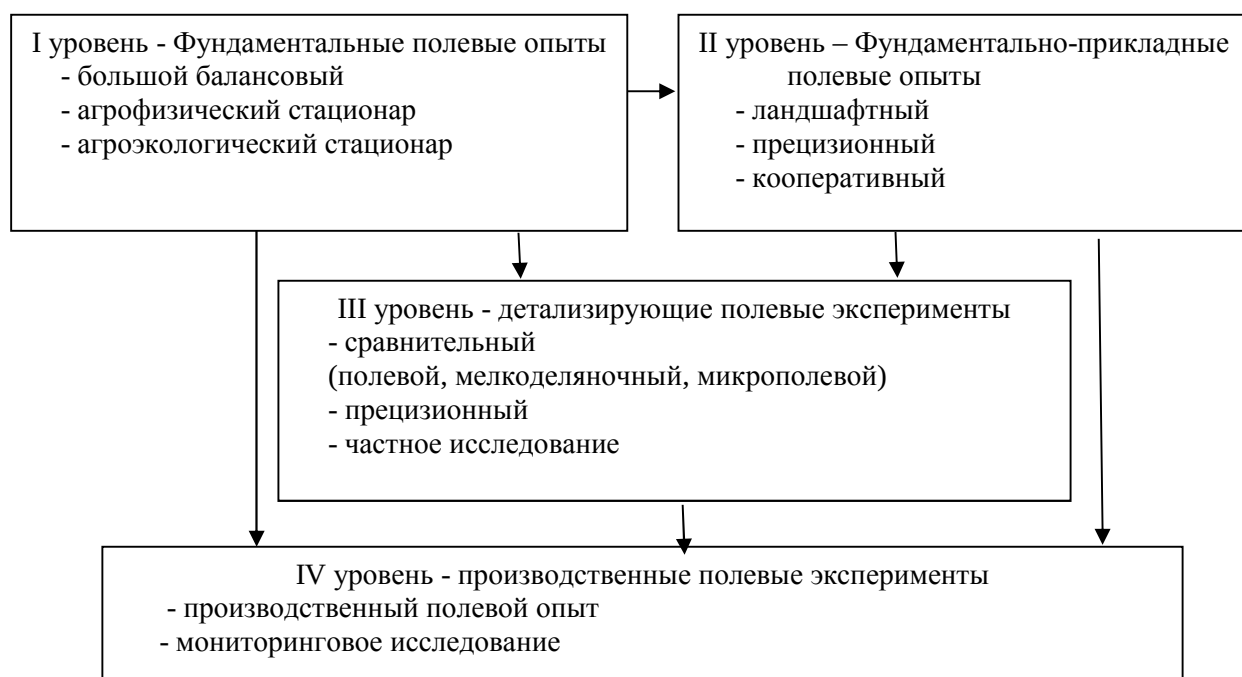


Рис. 1 – Система полевых экспериментов базового зонального агроэкологического полигона

Фундаментальные полевые опыты имеют своей целью поиск основных констант продукционного процесса наиболее значимых сельскохозяйственных культур, их минимальных, средних и максимальных значений при сочетании комплекса типичных для региона агроэкологических факторов для надёжного математически обусловленного планирования практически всех видов полевых опытов и решения задач проектирования адаптивных систем земледелия.

Большой балансовый опыт направлен на установление аксиоматики и наиболее важных для математического моделирования и практического управления констант продукционного процесса

посевов отдельных (доминирующих в структуре посевных площадей) культур; определение вещественных и энергетических балансовых отношений и математических закономерностей их варьирования; выявление пределов продуктивности агроценозов в типичных агроэкологических условиях. Этот тип опыта формирует фактологический фундамент всей системы экспериментов и закладывается поэтапно. В основе его проектирования и реализации лежат такие методические принципы как репрезентативность, точность, системность, энергетическая обусловленность, севооборотность, технологическая гетерогенность.

Построенный на этих же принципах **агрофизический стационар** посвящён точной оценке структурно-функциональных связей в системе почва – растение – удобрение – окружающая среда, пределов и динамики продуктивности посевов при разной интенсивности агротехнологий для разработки нормативной базы систем воспроизводства почвенного плодородия и адаптивных систем земледелия. На этапе подготовки этого опыта формируется максимально возможная модельная дифференциация агрофизических свойств доминирующей зональной почвы с целью охвата всех уровней интенсивности систем севооборотов, удобрения и обработки почвы, т.е. технологической гетерогенности. Например, применительно к агрофизическому стационару Меньковского филиала АФИ при его закладке были сформированы три вида почвы по степени окультуренности, имеющей решающее значение в стабилизации товарного земледелия региона.

Агроэкологический стационар, имея схожие с агрофизическим стационаром фундаментально-прикладные цели, связанные с дифференциацией пределов продуктивности агроценозов, в большей мере сориентирован на оценку структурно-функциональных биоценологических связей в системе почва – растение – окружающая среда. По этой причине такие эксперименты, в отличие от агрофизических, возможны только в пространственно развёрнутых севооборотах. В Меньковском филиале АФИ агроэкологический стационар имеет самую продолжительную историю, начатую с его закладки в 1982 г. На его базе был получен целый ряд нетривиальных результатов, касающихся комплексной оценки систем обработки почвы, удобрения, математического моделирования и управления продукционным процессом [10,15,16]. Обобщение результатов исследований в нём позволило установить трансформацию вклада факторов погодных и агротехнических условий в продуктивность севооборота и полевых культур, реализацию биоклиматического потенциала, в т.ч. в связи с климатическими изменениями и деградационными явлениями в почве [17]. При этом зафиксировано резкое возрастание роли защиты растений в результативности продукционного процесса культур полевого севооборота на современном этапе. Особенно важное значение приобрело биоценологическое направление исследований в этом опыте, позволяющее совершенствовать фундаментальные основы системы защиты растений с позиций управления структурой агробиоценоза и его фитосанитарным состоянием [18].

Фундаментально-прикладные полевые опыты имеют целый ряд особенностей. В частности, они закладываются в реально существующих условиях неоднородности комплекса агроэкологических условий и охватывают территории целых природно-территориальных комплексов (агрolandшафтов) в случае с ландшафтными и прецизионными опытами и всей зоны – в случае с кооперативными опытами. По этой причине занимаемые этими опытами площади исчисляются десятками и более гектаров. Методологически эти эксперименты базируются на сочетании новых концептуальных подходов с методами классического полевого опыта, методики непрерывного и периодического ландшафтно-экологического исследования, геоинформационных системах, математическом моделировании, а так же параметрических и непараметрических методах статистики.

Ландшафтный опыт направлен на поиск закономерностей пространственного и временного варьирования адаптивных реакций культурного растительного сообщества к природным и антропогенным факторам. Агроэкологическая гетерогенность – основной принцип закладки **кооперативного опыта** является, вытекающий из целевой задачи поиска зональной дифференциации пределов продуктивности отдельных культур в единообразных агротехнологиях. Кооперативный опыт представляет собой географически развёрнутую систему ландшафтных экспериментов с общей агротехнологической схемой. **Прецизионный опыт** направлен на точную математическую оценку всего многообразия структурно-функциональных связей в системе почва-агроценоз-приземный слой атмосферы, обусловленного сложившейся пространственной и временной неоднородностью агроэкологических условий для разработки нормативной базы точных систем земледелия [1].

Разработанная и апробированная в АФИ методология ландшафтного полевого опыта представляет собой сплав из исторически сложившихся методических подходов, принятых в ландшафтно-

экологических исследованиях, принципиальных требований к постановке полевого опыта, как основного инструмента исследований в агрономической науке, новейших технологий информационного обеспечения и статистической обработки обширной научной информации. Основные методические особенности планирования и практической реализации ландшафтного полевого опыта сводятся: к активному использованию априорного компьютерного моделирования, как инструмента фундаментализации научного познания; сочетанию трансектного и ключевого метода в системе полевого опыта, а также серии методических подходов по изучению миграционных процессов; применению методов дистанционного зондирования компонентов агроландшафта; широкому использованию геоинформационных технологий и систем; методов параметрической и непараметрической статистики и др. Их обоснованное применение позволяет существенно сократить временные затраты на комплексное исследование до одной ротации севооборота.

В ходе апробации этой методологии было установлено, что в условиях выраженной неоднородности свойств почвы автоморфных озёрно- и водно-ледниковых равнин дифференцированному управлению продукционным процессом за счёт минеральных систем удобрения податливы 67–82 % площади агроландшафта, органо-минеральных – 89–96 %. Достижение 100 %-ного результата в управлении продукционным процессом в них связано с оптимизацией агрофизических свойств почвы в аккумулятивных полугидроморфных фациях агроландшафта за счёт мелиоративного воздействия. Дифференцированное применение органических удобрений обосновано, только на фоне высокого уровня неоднородности свойств дерново-подзолистых почв, тогда как мелиорантов и минеральных удобрений – и на среднем уровне, минеральных подкормок – в т.ч. и на слабом уровне неоднородности. На фоне обоснованного дифференцированного применения органических удобрений необходимость в пространственно распределённом внесении минеральных удобрений возникает весьма редко и приурочена исключительно к регулированию калийного питания культур. Применение мелиорантов и удобрений в точных системах позволяет повысить окупаемость их действующего вещества в среднем на 18–72 % культурами овощного севооборота и на 12–32 % - полевого, добиться 75–90 %-ной реализации генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур и до 95 % - регионального биоклиматического потенциала.

Эксперименты 1 и 2 уровня, исходя из объёмов и глубины решаемых научных задач, формируют взаимоувязанные подсистемы с **детализирующими полевыми опытами и частными исследованиями**. Накопленный опыт закладки фундаментальных и фундаментально-прикладных экспериментов показывает, что к решению задач каждого из них могут быть приурочены до 10 и более детальных исследований, закладываемых с использованием классических методических подходов. Например, подсистема полевых экспериментов в агроэкологическом стационаре включает в себя три крупных исследовательских направления: эффективность и моделирование продукционного процесса, воспроизводство почвенного плодородия, управление фитосанитарным состоянием агроэкосистем. В каждом из них ежегодно проводится от 3 до 7 мелкоделяночных и микрополевых, в т.ч. прецизионных опытов и частных исследований, направленных на детальное изучение закономерностей и способов управления явлениями, установленными в базовом эксперименте.

Экспериментальная база производственного уровня имеет принципиальное значение, как для практического освоения инновационных разработок, так и для формирования целостной системы информационного обеспечения земледелия, а так же мониторинга состояния сельскохозяйственных земель зоны. При этом требуется сочетание методов дистанционного спектроскопического зондирования с динамическим моделированием, формирование геоинформационных систем и баз данных, распространяемых на всю зону. Их методология опирается на принципы системности, севооборотности, технологической гетерогенности, репрезентативности и достоверности. Это требует значительной площади поля севооборота с набором типичных культур и охвата значительной части тестового полигона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Достижение максимального фундаментального и прикладного результата полевых исследований требует сочетания базовых методических принципов детерминизма, системности и развития с новейшими достижениями в области информационно-технического и математического обеспечения.

2. Обоснованное построение многоуровневой системы экспериментов и её информационно-аналитического обеспечения под современные и перспективные задачи сельскохозяйственного производства – весьма затратный процесс. Его успех во многом зависит от реализации принципа многомасштабности и кооперации в проведении исследований.
3. В ходе апробации многоуровневой системы экспериментов в Меньковском филиале АФИ разработаны новые информационно-технические, агротехнологические средства управления производственным процессом, позволяющие достигнуть 75–90 %-ной реализации генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур и 95 % - регионального биоклиматического потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Иванов И.А., Якушев В.П., Иванов А.И. Основы почвоведения, агрохимии и земледелия. СПб.: Изд. АФИ, 2010. 236 с.
- [2]Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: КолосС, 2011. 443 с.
- [3]Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Якушев В.П. Концепция опытного дела и развитие современных методов исследований в агрономии и агрофизике // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 1999. № 2. С. 15 - 17.
- [4]Семенов В.А. О необходимости и возможностях интенсификации экспериментальной работы / Современные проблемы опытного дела. С-Пб., 2000. Т. 1. С. 35 – 43.
- [5]Семенов В.А. Полевой опыт в аграрной науке (новая концепция). М.: РАСХН, 2004. 32 с.
- [6]Иванов А.И., Якушев В.В. Методические аспекты информационного обеспечения точного земледелия / Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. М.: РАСХН, Почвенный НИИ им. В.В. Докучаева, 2010. С. 304 – 309.
- [7]Иванов А.И., Лекомцев П.В. Методология мониторинга неоднородности состояния мелиорированных земель на основе развития физико-технической базы адаптивно-ландшафтного земледелия. С-Пб.: АФИ, 2013. 63 с.
- [8]Молостов А.С. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1966. 239 с.
- [9]Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- [10]Полуэктов Р.А. Полевой опыт и моделирование производственного процесса // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2002. № 2. С. 25 – 29.
- [11]Ковалёв Н.Г. и др. Агроландшафтоведение. М.-Тверь, 2004. 492 с.
- [12]Иванов А.И., Конашенков А.А. Методологические особенности полевого экспериментирования в условиях пространственной неоднородности почвенного покрова / От полевого эксперимента – к созданию устойчивых агроэкосистем в изменяющемся мире: методология, инструментарий, реализация. С-Пб. 2010. С. 19 – 24.
- [13]Коваль С.Ф., Шаманин В.П. Растение в опыте. Омск: ИЦиГ СО РАН, 1999. 204 с.
- [14]Иванов А.И. Агроэкологический тестовый полигон – ключевое звено организации систем полевых экспериментов / Экологические аспекты производства продукции животноводства, снижение отрицательного воздействия химически активного азота на окружающую среду в сельскохозяйственном производстве; полевые исследования для устойчивого развития сельских территорий. – СПб: ГНУ СНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. - С. 245 – 249.
- [15]Иванов А.И., Фесенко М.А., Вертебный В.Е., Дубовицкая В.И. О результатах и развитии исследований в многолетнем стационарном опыте в семипольном севообороте // Агрофизика. – 2012. - № 3(7) – С.50 – 57.
- [16]Полуэктов Р.А., Терлеев В.В., Гляденкова Н.А. Оперативное прогнозирование хода производственного процесса зерновых культур и картофеля на МОС: Результаты многолетних прогнозов. Материалы координационного совещания Агрофизического института. С-Пб., 2010. С. 21 - 26.
- [17]Иванов А.И. и др. Агротехнические аспекты реализации биоклиматического потенциала Северо-Запада России // Агрофизика. 2016. № 2. С. 35 – 45.
- [18]Шпанев А.М. и др. Защита яровой пшеницы на северо-западе Нечерноземья // Защита и карантин растений. 2015. №6. С. 14 - 17.

**Глава IV/52: ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ
РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В УСЛОВИЯХ СТАЦИОНАРНЫХ
ОПЫТОВ**

**Chapter IV/52: Productivity of Maize under Long-Term Use of Various Agrotechnical Methods in
Stationary Experiments**

Александр Ф. Стулин

DOI 10.25680/2659.2018.10.25.317

Эл. Почта: opytnoe@vmail.ru

Воронежский филиал Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы, ул.Чаянова, д. 13, 396835, п.Опытной станции ВНИИК, Хохольский р-он, Воронежская обл, Россия

РЕЗЮМЕ. В двух стационарных полевых опытах изучено влияние длительного применения минеральных удобрений в десятипольном севообороте в течение пяти ротаций и монокультуре кукурузы на ее продуктивность. Ежегодное внесение N60P60K60 повысило урожайность зеленой массы, сухого вещества и зерна кукурузы в среднем за годы исследований соответственно на 8,8, 2,53 и 1,29 т/га в севообороте и 10,1, 2,71 и 1,32 т/га в монокультуре при урожайности на неудобренном фоне соответственно 26,2, 6,42 и 3,42 т/га и в монокультуре - 22,1, 5,65 и 2,81 т/га. Наибольшее содержание органического вещества углерода отмечено в пахотном слое: в архивном почвенном образце содержалось 3,19 %, в чистом пару (с 1960 года) - 3,12 %, в монокультуре кукурузы на неудобренном фоне и с ежегодным внесением NPK - соответственно 3,37 и 3,42 %. В слое почвы 60-80 см существенных различий в содержании органического углерода по вариантам не было. Нижняя граница аккумуляции углерода, происходящего от фотосинтеза C₄ типа в агроценозе, по результатам фитолитного анализа находится в слое 80-100 см.

Abstract. In two stationary field experiments, the effect of prolonged use of mineral fertilizers in a ten-field crop rotation over five rotations and in a maize monoculture on the productivity of maize was studied. The annual application of N60P60K60 increased the yield of green mass, dry matter and corn grain on average by 8,8, 2,53 and 1,29 t/ha in the crop rotation, and 10,1, 2,71 and 1,32 t/ha in the monoculture with yields on the unfertilized background variant of 26,2, 6,42, and 3,42 t/ha and in monoculture of 22,1, 5,65 and 2,81 t/ha. The highest content of topsoil organic carbon was 3,19 % in the archival soil sample, and 3,12 % in the black fallow (since 1960). In the unfertilized monoculture of maize it was 3,37 %, and 3,42 % at annual NPK application. In the soil layer 60-80 cm, there were no significant differences in the content of organic carbon. The lower limit of the accumulation of carbon originating from the photosynthesis of C₄ type in the agrocenosis was found in the 80-100 cm layer, based on the results of phytolite analysis.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Агроценоз кукурузы, длительные опыты, севооборот, монокультура, минеральные удобрения, урожайность, углерод почвы.

Keywords: Agrocenosis of maize, long-term experiments, crop rotation, monoculture, mineral fertilizers, yield, carbon soil.

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза - одна из важнейших культур зернового баланса в мире, поскольку отвечает мировым тенденциям производства высокоэнергетического корма для животноводства и сырья для промышленности. Для удовлетворения все возрастающего спроса без увеличения посевных площадей под кукурузой в сельскохозяйственную практику широко вошло бессменное возделывание этой культуры [1, 2]. В США примерно 15 % посевных площадей занимает кукуруза, выращиваемая более 5 лет подряд в бессменном посеве [3]. Длительные опыты с монокультурой кукурузы являются единственной базой для изучения динамики C₃ и C₄ растительности вследствие существенной разницы в дискриминации тяжелого изотопа ¹³C в зависимости от типа фотосинтеза, что позволяет оценить необходимые характеристики круговорота углерода в агроценозах с наиболее динамичным балансом органического вещества, поскольку даже незначительные изменения запасов углерода в почве могут оказать существенное влияние на состав атмосферы [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на черноземе выщелоченном в длительных стационарных полевых опытах. Географические координаты: 51° 36,480' с.ш. и 38° 58,159' в.д. Севооборот развернут на трех полях и одним полем с монокультурой кукурузы с площадью каждого поля 1,1 га. Севооборот десятипольный, в котором 50 % зерновых, 20% технических и 30% кормовых культур. Кукуруза в монокультуре возделывается с 1960 года. Это самый длительный опыт с монокультурой не только в России, но и в ближнем зарубежье. Минеральные удобрения (Naa, Pcg, Kx) вносили ежегодно с 1965года осенью согласно схемы опыта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Варьирование продуктивности кукурузы, независимо от места ее выращивания, было довольно существенным, что напрямую зависело от погодных условий вегетации, в тоже время влияние исследуемых факторов оставалось достоверным. Урожайность кукурузы больше зависит от осадков вегетационного периода ($r = 0,75 \pm 0,21$), чем от запаса продуктивной влаги в 2-х метровом слое почвы к моменту посева. Урожайность зеленой массы кукурузы на естественном фоне в среднем за 5 ротаций составила в севообороте 26,2 т/га, в монокультуре 22,1т/га (табл. 1)

Таблица 1 - Урожайность кукурузы в севообороте и монокультуре при длительном внесении удобрений, т/га (среднее за 5 ротаций)

Вариант	Кукуруза в севообороте			Кукуруза в монокультуре		
	зеленая масса	сухое вещество	зерно	зеленая масса	сухое вещество	зерно
Контроль	26,2*	6,42	3,42	22,1	5,65	2,81
N ₆₀	4,0	0,92	0,73	5,2	1,38	0,73
P ₆₀	0,4	0,40	0,02	- 0,9	0,01	- 0,04
K ₆₀	0,8	0,14	0,04	1,1	0,22	0,01
N ₆₀ P ₆₀	7,4	1,94	1,11	7,7	2,07	1,10
N ₆₀ K ₆₀	4,9	1,03	0,84	6,7	1,75	0,97
P ₆₀ K ₆₀	1,3	0,59	0,13	1,2	0,54	0,10
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,8	2,53	1,29	10,1	2,71	1,32
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	8,1	2,24	1,21	9,0	2,36	1,28
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	8,7	2,60	1,24	9,5	2,79	1,29
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	8,6	2,29	1,21	9,6	2,50	1,35
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	11,5	2,90	1,65	13,2	3,34	1,79
НСР ₀₅	2,9	0,70	0,35	2,4	0,66	0,32
*Примечание: Урожайность на контроле без удобрений и прибавки от удобрений						

На этом фоне урожайность в севообороте составила в I ротации 28,4 т/га, II - 25,8, III-20,5, IV-31,5 и V - 25,0 т/га, что выше, чем в монокультуре за эти же годы в I-III ротациях на 15 %, IV –на 24 %, V - на 26 %. Реакция кукурузы на внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений была одинаковой в монокультуре и севообороте. При хорошей обеспеченности растений подвижными формами калия и фосфора за счет почвы не наблюдали положительного влияния на продуктивность кукурузы от внесения калийных и фосфорных удобрений. При анализе вклада азота, фосфора и калия в формировании прибавки урожайности кукурузы отмечена ведущая роль азота в ее повышении. Внесение N₆₀ повысило урожайность зеленой массы в среднем за 5 ротаций в севообороте на 4,0 т/га с колебаниями по ротациям от 2,1 т/га во второй до 5,4 т/га в четвертой. В монокультуре средняя прибавка была выше на 30 %, а колебания по ротациям - от 4,7 т/га в третьей до 6,8 т/га в четвертой. Кукуруза в монокультуре предъявляет повышенные требования в отношении азота. Полученные многолетние данные свидетельствуют о необходимости совместного внесения с азотными фосфорных и калийных удобрений по 60 кг/га, прибавка урожая

при этом удваивалась по сравнению с N_{60} . В среднем за 5 ротаций прибавка урожайности зеленой массы кукурузы от внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ повысилась в севообороте на 34 %, в монокультуре – на 46 %. Снижение дозы фосфора до 30 кг/га, равно как и увеличение ее и калия до 120 кг/га в полном удобрении, не изменяет величину урожая. При увеличении дозы азота $N_{120}P_{60}K_{60}$ прирост зеленой массы кукурузы в севообороте составил 11,5 т/га, в монокультуре 13,2 т/га, что больше на 14,8 %. Обобщение данных 140 полевых опытов с кукурузой, выращиваемой на силос в европейской части России, подтвердили неоспоримое преимущество полного минерального удобрения перед парными сочетаниями в формировании урожайности кукурузы [5]. Урожайность зерна кукурузы на неудобренном фоне в среднем за годы исследований в севообороте составили 3,42 т/га с колебаниями по годам от 1,84 т/га в 1983 году до 5,0 т/га в 2015 году. В монокультуре этот показатель был 2,81 т/га с колебаниями от 1,63 т/га в 1986 году до 4,42 т/га в 2015 году. Размах варьирования (R_n) прибавки урожайности зерна кукурузы за все годы исследований в севообороте был в пределах от 3,16 до 4,41 т /га, в монокультуре 2,79 - 3,88 т/га. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайность зерна в севообороте повысилась на 38 %, в монокультуре прирост несколько большим – 47 %. Прирост урожайности кукурузы за счет севооборотного фактора по вариантам опыта был в пределах 2,3-5,4 т/га зеленой массы, 0,3-0,8 т/га сухого вещества и 0,5-0,7 т/га зерна. Содержание и круговорот углерода в почве изучен слабее относительно надземной части фитоценозов, несмотря на то, что основные запасы его сосредоточены в органическом веществе и карбонатных новообразованиях [6]. Наибольшее содержание $C_{орг}$ в черноземе было в пахотном слое: в архивном почвенном образце, отобранном до закладки опыта, содержалось 3,19 %, в чистом пару (с 1960г) - 3,12 %, в монокультуре кукурузы на неудобренном фоне и ежегодным внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ соответственно 3,37 и 3,42 % с дальнейшим его снижением по профилю почвы. В слое почвы 60-80 см этот показатель был в пределах 1,50-1,55 %. По всем изучаемым вариантам запасы $C_{орг}$ сохранились на очень высоком уровне – от 270 до 287 т/га и достоверно не различались между собой, что указывает на высокую устойчивость органического вещества данной почвы. Скорость обновления углерода мало зависела от типа почвы и климатических условий [4]. Аккумуляция молодого углерода в агрочерноземе и на опытной станции Асков [7] при выращивании кукурузы на силос была в пределах 0,02-0,03 кг C/m^2 в год. Низкая скорость обновления углерода в агрочерноземе связана с высокими исходными запасами органического вещества – 23,0-24,0 кг C/m^2 в 0-60 см слое по сравнению с другими типами почв (6,3-6,4 кг C/m^2) и небольшой массой пожнивных остатков при выращивании кукурузы на силос. Коэффициент гумификации (K_g) растительных остатков кукурузы в изучаемом черноземе статистически не различались в удобренном и контрольных вариантах (15-17 %). В серии экспериментов на территории США и Западной Европы в длительных опытах с монокультурой кукурузы получены примерно такие же величины K_g [8, 9]. По влиянию на увеличение содержания гумуса в профиле чернозема (0-60 см) варианты образуют следующий ряд: $2NPK > NPK > N_2PK > NK > \text{контроль} > NP_2K + 0,78 \% C + 0,73 \% C + 0,68 \% C + 0,38 \% C + 0,23 \% C + 0,17 \% C$. Запасы неорганического углерода были незначительны и составили всего лишь 1,5-2,3 т/га. Определение глубины проникновения углерода, происходящего от фотосинтеза C_4 типа, методом идентификации фитолитов кукурузы в профиле агрочернозема под монокультурой кукурузы показало, что численность фитолитов кукурузы составляет всего лишь 2-3 % от общей численности этих образований в фитолитном комплексе. Это связано с тем, что фитолиты кукурузы накапливаются в почвенном профиле лишь в условиях современного почвообразования в течение 50 лет с начала выращивания кукурузы. Количество фитолитов кукурузы в слоях почвы 0-20 см и 20-40 см практически одинаково. При этом фитолиты, характерные для растений кукурузы, в слое 80-100 см отсутствуют, что указывает, что нижняя граница аккумуляции молодого углерода в агрочерноземе находится в слое 80 см. Ежегодное внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ в севообороте и монокультуре кукурузы не приводит к существенному изменению количественного состава тяжелых металлов (Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cd) в почве и растениях кукурузы благодаря высокой буферности и экологической устойчивости агрочернозема. По размеру выноса урожая кукурузы ТМ располагаются в ряд: $Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd$. Севооборотный фактор повышал вынос растениями кукурузы Mn на 8,9, Zn на 16,2, Ni на 9,7 % и не оказывал влияния на вынос Cu, Pb и Cd.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В агроэкологических условиях Центрального Черноземья кукуруза способна выдерживать длительное выращивание в монокультуре. Продуктивность кукурузы, выращиваемой в

севообороте и бесценно, определяли азотные удобрения, внесенные отдельно и в сочетании с фосфорными и фосфорно-калийными при ежегодной дозе 60кг/га.

2. Внесение $N_{60}P_{30}K_{60}$ повысило урожайность зеленой массы и зерна кукурузы соответственно на 8,8 и 1,29 т/га в севообороте и на 10,1 и 1,3 т/га в монокультуре.
3. Запасы органического углерода по вариантам опыта в 0-80 см слое почвы сохранились на очень высоком уровне – от 270 до 287 т/га, что указывает на высокую устойчивость органического вещества данной почвы.



Фото 2017 года трех полей севооборота (озимая пшеница, ячмень и подсолнечник) и поля бесценного посева кукурузы. Пространство между полями занимает чистый пар, который поддерживается в чистом виде с 1960 года.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Nevens, F., Reheul, D. 2001. Crop rotation versus monoculture; yield, N yield and ear fraction of silage maize at different levels of mineral N fertilization. Netherlands Journal of Agriculture Science 49, 405-425.
- [2]Plourde, J., Pijanowski, B., Pekin, B. 2013. Evidence of increased monoculture cropping in the Central United States. Agriculture, Environment and Ecosystems 165, 50-59.
- [3]Daberkow, S., Payne J., Schepers J. 2008. Comparing Continuous Corn and Corn-Soybean Cropping Systems. Western Economics Forum, Spring, 13 p.
- [4]Ларионова А.А., Стулин А.Ф., Занина О.Г., Евдокимов И.В., Хохлова О.С., Бюггер Ф., Шлотер М., Кудеяров В.Н., 2012. Распределение стабильных изотопов углерода в агрочерноземе при смене растительности с C_3 типом фотосинтеза на монокультуру кукурузы. Почвоведение 8, 863-874.
- [5]Прошкин В.А., Смирнов А.П. 1994. Сравнительная эффективность минеральных удобрений на различных почвах. Агрохимия 5. 35-38.
- [6]Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А., Борисов А.В., Воронин П.Ю., Демкин В.А., Демкина Т.С., Евдокимов И.В. 2007. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука. 315 с.
- [7]Kristiansen, S.M., Hansen E.M., Jensen L.S., Christensen B.T. 2005. Natural ^{13}C , abundance and carbon storage in Danish soils under continuous silage maize. Europ. S. Agron. 22. 107-117.

[8]Puget P., Lal R., Izzaurradle C., Post M., Owens L. 2005. Stock and distribution of total and corn – derived soil organic carbon in aggregate and primary particle fractions for different land use and soil management practices Soil Sci. 170. 256-279.

[9]Flessa, H., Amelung W., Helfrich M., Wiesenberger G., Gleixner G., Brodowski S., Rethemeyer J., Kramer C., Grootes P. 2008. Storage and stability of organic matter and fossil carbon in Luvisol and Phaeosem with continuous maize cropping: A synthesis. J. Plant Nutr. Soil Sci. 171. 36-51.

**Глава IV/53: КАЧЕСТВО ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ
ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В ЗОНАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ СИБИРИ**
**Chapter IV/53: Quality of Soils and Crop Productivity at Long-Term Application of Fertilizers in
Zonal Landscapes of Siberia**

Геннадий П. Гамзиков

DOI 10.25680/7732.2018.71.65.318

Эл. Почта: gamolgen@rambler.ru

Новосибирский государственный аграрный университет, Агрономический факультет, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, Новосибирск, Россия,

РЕЗЮМЕ. Апробирована система длительных стационарных полевых опытов, проводимых в зональных ландшафтах (южная тайга, лесостепь, степь) Сибири на почвах различных по природному плодородию. Результаты многолетних исследований свидетельствуют об устойчиво высокой положительной направленности влияния экзогенных источников минерального питания на качество почв, повышение урожайности полевых культур и общий сбор продукции в севооборотах.

Abstract. A system of long-term stationary field experiments was conducted in zonal landscapes (southern taiga, forest-steppe, steppe) of Siberia on soils of various natural fertility. The results of long-term studies indicate a consistently high positive orientation of the influence of exogenous sources of mineral nutrition on the quality of soils, an increase in the yield of field crops and a general stability of harvesting agricultural products in crop rotations.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зональные ландшафты, полевые экосистемы, почвы, удобрения, стационарные опыты, агрохимия почв, продуктивность севооборотов, высокая эффективность, экологическая безопасность, качество почв.

Keywords: zonal landscapes, field ecosystems, soils, fertilizers, stationary experiments, agrochemistry of soils, productivity of crop rotations, high efficiency, ecological safety, soil quality.

ВВЕДЕНИЕ

В Сибири расположена значительная часть сельскохозяйственных угодий (56,7 млн. га) и пашни (около 25 млн. га), в регионе хорошо развиты растениеводство и животноводство, на значительных площадях возделываются яровые зерновые, технические и кормовые культуры. Высокая эффективность растениеводства возможна при экологически рациональном использовании как природных (климат, ландшафт, почвенное плодородие, биопотенциал культур и др.), так и антропогенных (организация производства, инвестиции, системы земледелия и применения удобрений, уровни интенсификации, сорта, отрасли и др.) факторов. Среди комплекса этих факторов ключевую позицию занимает плодородие почв, определяющее обеспеченность растений элементами питания и, следовательно, уровни продуктивности полевых культур.

Краткосрочными опытами было показано [1,2], что в условиях региона основным приёмом поддержания и улучшения плодородия почв и оптимизации питания растений могут служить удобрения. Тем не менее, в современном сельскохозяйственном производстве использование удобрений крестьянами ещё крайне низкое – 8-12 кг д.в. на гектар пашни. Главными причинами недостаточного применения промышленных туков являются высокая их стоимость, отсутствие субсидий для приобретения и низкая окупаемость дополнительной продукцией при учёте только

их действия в год внесения. Последняя причина недостаточно корректна, поскольку известно [1,3], что последствие удобрений проявляется в течение нескольких последующих лет. Считаем, что наиболее достоверные и убедительные материалы могут быть получены только в долгосрочных опытах с удобрениями, когда учёт эффективности и влияния их на продуктивность культур, а также на агрохимические свойства почв проводятся в севообороте и при разных погодных условиях. В этой связи цель нашей работы состояла в оценке влияния удобрений при длительном систематическом применении удобрений на качественный состав плодородия почв, продуктивность культур севооборотов и экологическую безопасность агроландшафтов.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Своеобразие резко континентального климата и разнообразие ландшафтных условий Сибири заключается в широтной зональности территории с выделением почвенно-климатических зон: южная тайга, лесостепь и степь [4,5]. Для южной тайги свойственны малые запасы тепла (сумма $t > 10^\circ = 1600-1750^\circ$), короткий период вегетации культур с высоким годовым количеством осадков - более 400 мм, почвенный покров представлен в основном дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами. Лесостепная зона относится к умеренно-континентальному климату с годовым количеством осадков в северной части более 350 мм, в центральной – около 350 мм и в южной – менее 300 мм, сумма $t > 10^\circ$ соответственно по этим подзонам составляет 1700-1800°, 1750-1900°, 1850-2000°. В северной лесостепи зональные почвы – серые лесные, чернозёмы оподзоленные и выщелоченные, в центральной - выщелоченные и обыкновенные. Степная зона относится к засушливому климату и подразделяется на умеренно-засушливую с количеством осадков 250-280 мм и сухую – 180-220 мм. В целом по зоне сумма $t > 10^\circ$ равна 2200-2400°, преобладающие почвы - чернозёмы южные и каштановые. Провинциальные особенности сибирских почв состоят в маломощности гумусовых горизонтов, существенной языковатости профиля, длительном и глубоком промерзании, которое приводит к позднему оживлению микрофлоры и короткому периоду биологической её активности.

Громадные территориальные просторы, значительное ландшафтное разнообразие, жёсткие климатические условия и существенно отличающиеся по плодородию почвы определяют необходимость проведения исследований по эффективности удобрений, влиянию их на агрохимические свойства, трансформацию элементов минерального питания и экологическую их толерантность.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Стационарные многолетние опыты по изучению систем применения органических и минеральных удобрений заложены в разные годы на типичных почвах для каждой ландшафтной зоны. Схемы севооборота, систем применения удобрений и методов исследований разрабатывались исполнителями в соответствии с методическими указаниями Геосети опытов с удобрениями ВИУАА (Москва) [6]. Опыты проводятся на типичных стационарных участках в течение многих лет (от 20 до 75 лет). В каждом опыте исследуемые варианты изучаются в 3-4-кратной повторности, севообороты развернуты во времени и в пространстве.

Почвенные образцы с разных стационаров для оценки изменений агрохимических свойств почв под влиянием удобрений были отобраны с контрольных и удобренных вариантов. Отбор почвенных образцов и аналитические определения проводились под руководством автора статьи. Агрохимические анализы почв проведены общепринятыми методами [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В почвенных образцах с вариантов многолетних полевых опытов, проводимых на разных территориях исследуемого региона, установлены положительные изменения агрохимических показателей в зависимости от вносимых удобрений (Таблица 1). Систематическое внесение промышленных удобрений повышает почти во всех почвах содержание гумуса в сравнении с контролем (в 1,2-1,4 раза). Лишь в чернозёмах темпы его прироста можно принять в качестве тенденции. При этом навоз, как один, так и в сочетании с минеральными туками, более эффективен. Под влиянием системного применения удобрений во все почвы поступает в 1,3-1,5 раза больше растительных остатков и сопряжённо в 1,4-1,6 раза возрастает объём биомассы микроорганизмов, что, несомненно, способствует накоплению органического вещества и новообразованию гумуса [8].

Таблица 1. Изменение агрохимических свойств сибирских почв при длительном применении удобрений

Норма внесения удобрений на 1 га севооборота	Гумус, %	Азот		Фосфор		Калий	
		общий , %	легкогид - ролизуем ый, мг/кг	минерал ь- ный, мг/100г	подвижн - ный, мг/кг	необмен - ный, мг/100г	обмен- ный, мг/кг
Южная тайга, Томское Приобье, дерново-подзолистая почва, 35 лет							
Без удобрений	1,27	0,086	65,8	38,7	52	12,1	77
N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄	1,46	0,089	84,1	44,5	105	14,5	98
N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ +нав оз	1,78	0,091	83,3	40,6	102	18,1	151
Лесостепь, Иркутское Приангарье, светло-серая лесная почва, 30 лет							
Без удобрений	1,55	0,132	95	133	26	74,0	75
N ₃₆ P ₂₄	2,07	0,162	125	148	31	не опр.	не опр.
N ₃₆ P ₂₄ K ₃₆	2,07	0,171	131	157	31	89,7	130
Лесостепь, Алтайское Приобье, чернозём выщелоченный, 20 лет							
Без удобрений	6,42	0,32	186,7	55,7	159	116,9	169
N ₂₂ P ₂₈ K ₂₈	6.64	0,35	189,0	56,3	177	130,0	201
N ₂₂ P ₂₈ K ₂₈ +нав оз	6,67	0.36	198.3	57,6	216	122,9	190
Сухая степь, Западное Забайкалье, каштановая почва, 30 лет							
Без удобрений	1,00	0,081	116,1	84,6	14	443,7	96
N ₂₇ P ₃₈ K ₂₇	1,19	0,085	110,6	108,0	20	477,3	104
Навоз-10 т/га	1,45	0,091	130,6	110,7	18	536,0	139

Применение азотных удобрений оказывает положительное влияние на содержание общего азота в почвах за счёт увеличения всех фракций его составляющих. Наиболее заметные количественные изменения характерны для азота легкогидролизуемой фракции, составляющие которой, служат ближайшим резервом для текущей минерализации и, соответственно, накопления минерального азота. Особенно наглядно это проявляется в опытах на дерново-подзолистой и светло-серой лесной почвах – содержание легкогидролизуемого азота в них возрастает в 1,3-1,4 раза.

Многолетние результаты сибирских опытов подтверждают данные, полученные в европейской части страны, свидетельствующие о положительной роли экзогенного фосфора в поддержании фосфатного уровня пахотных почв [9]. При длительном применении удобрений во всех сибирских почвах увеличивалось суммарное содержание минеральных фосфатов (на 12-27 %). При этом уровни воздействия на их групповой состав зависят от типа почв, длительности и норм внесения тука. Основные положительные изменения под влиянием экзогенного фосфора в сибирских почвах наблюдаются в первых четырёх группах минеральных фосфатов и накоплении подвижных форм P₂O₅. Такое распределение обуславливает длительное его последствие, о чём ранее было показано в опытах с суперфосфатом меченым изотопом P³² [10].

Постоянное внесение калийных удобрений в сибирские почвы способствует не только поддержанию исходного калийного статуса, но и оказывает положительное влияние на содержание практически всех форм почвенного калия: легкоподвижного, подвижного, обменного, необменного и валового. Оценка особенностей распределения закреплённого экзогенного калия показывает, что основное его количество (50-75%) находится в необменной, остальная часть – в обменной и подвижной формах. При этом доля остаточного калия легкоподвижных соединений не превышает 6%. Применение навоза также оказывает положительное действие на все формы почвенного калия.

Многолетние наблюдения за режимом мобильных соединений азота (нитраты и аммоний) и подвижных форм фосфора и калия в удобренных почвах свидетельствуют о слабой их миграции по почвенному профилю [2,9,10]. Вертикальное распределение наиболее активной части минерального азота (N-NO₃) обычно ограничивается слоем 0-50 см, подвижных соединений фосфатов, калия и обменного аммония – слоем 0-30 см. Следовательно, длительное применение удобрений при соблюдении технологии их внесения не является экологически опасным

приёмом. Таким образом, анализ экспериментальных данных по оценке эффективности систематического применения удобрений в сибирских агроландшафтах, позволяет убедиться в положительном их влиянии на количественные и качественные агрохимические параметры сибирских почв.

Результаты урожайных данных, полученные в длительных стационарных опытах, проводимых в разных почвенно-климатических зонах Сибири [3], дают возможность судить о высокой значимости минеральных и органических удобрений в формировании продуктивности культур в полевых севооборотах (Таблица 2). В семипольном зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой почве при выполнении всех зональных агротехнических приёмов за счёт естественного их плодородия уровни урожайности ограничиваются 13-15 ц зерновых единиц с гектара. Длительное систематическое применение удобрений позволяет оказывать высокое положительное влияние на продуктивность всех культур севооборота: выход продукции с гектара севооборотной площади при минеральной системе по вариантам опыта повышался от 18 до 29 ц/га з.ед. (в 1,3-1,9 раз выше, чем на контроле), при органической – от 16 до 21 ц/га (в 1,2-1,6 раза) и при органо-минеральной – от 21 до 32 ц/га (в 1,8-2,1 раза). В соответствии с нормами внесения туков окупаемость 1 кг д.в. NPK составляла 6,7-7,4 кг зерна. Каждая тонна внесённого навоза за годы действия и последствий позволяла получать в сумме за ротацию севооборота до 100 кг зерна дополнительно.

Положительное влияние удобрений на продуктивность пятипольного зернопарового севооборота наблюдалось и на светло-серой лесной почве Иркутского Приангарья. В среднем за 30 лет сбор продукции с 1 га севооборота превышал неудобренные варианты в 1,2-1,4 раза. При этом оплата 1 кг питательного вещества была достаточно высокой - 8-9 кг зерна). Следует отметить, что уровни урожайности пшеницы и ячменя в значительной мере зависели от погодных условий, что способствовало широкой амплитуде колебаний сбора зерна по годам (от 7,5 до 35,5 ц/га).

Таблица 2. Продуктивность полевых севооборотов при длительном применении удобрений

Норма удобрений на 1 га севооборота, кг д.в.	Продуктивность севооборота, ц/га з.ед.	Прибавка		Оплата 1 кг д.в. / 1 т навоза, кг зерна
		ц/га з.ед.	%	
Южная тайга, Томское Приобье, дерново-подзолистая почва, 35 лет				
Без удобрений	13,8			
N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄	20,6	6,8	49,3	6,7
Навоз, 5,7 т/га	19,8	6,0	43,5	/109
N ₃₄ P ₃₄ K ₃₄ ⁺ навоз	26,8	13,0	94,5	6,9 / 105
Лесостепь, Иркутское Приангарье, светло-серая лесная почва, 30 лет				
Без удобрений	17,8			
N ₃₆ P ₂₄	23,3	5,5	30,8	9,1
N ₃₆ P ₂₄ K ₃₆	25,5	7,7	43,2	8,0
Лесостепь, Омское Прииртышье, чернозём выщелоченный, 20 лет				
Без удобрений	25,6			
N ₂₅ P ₅₀ K ₁₀	31,5	5,9	23,0	6,9
N ₂₅ P ₅₀ K ₁₀ ⁺ навоз	33,0	7,4	28,9	6,9 / 60
Сухая степь, Западное Забайкалье, каштановая почва, 30 лет				
Без удобрений	12,6			
N ₂₇ P ₃₈	19,3	6,7	53,2	10,3
N ₂₇ P ₃₈ K ₂₇	20,1	7,5	59,5	8,2
Навоз-10 т/га	18,8	6,2	49,3	/ 59

На чернозёме в лесостепи с помощью удобрений удавалось получать наиболее высокие уровни продуктивности – до 30 ц/га и выше. Умеренные нормы систематического внесения удобрений

позволяли устойчиво повышать в 1,2 раза и более выход продукции с гектара севооборота, улучшать качество урожая и иметь высокую экономическую их рентабельность (до 150-180 %). Результаты тридцатилетних исследований на каштановых почвах Забайкалья показали, что длительное применение удобрений также оказывает положительное влияние не только на агрохимические свойства почвы, но в значительной мере на продуктивность культур севооборота. Наибольшая отзывчивость растений на удобрения в условиях сухой степи характерна для культур, высеваемых по пару, что обусловлено, в основном, более высокими исходными запасами влаги, нитратного азота и меньшей засорённостью полей. Применение минеральных и органических удобрений оказывало не только прямое, но и длительное последствие на урожайность полевых культур. На долю последствия в зависимости от погодных условий года приходилось от 48 до 70 % от суммарной прибавки урожая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Длительные стационарные полевые опыты по применению органических и минеральных удобрений в севооборотах служат фундаментальной основой для теоретического обоснования, сохранения и поддержания плодородия почв, оптимизации питания растений и для разработки практических приёмов эффективного применения удобрений и получения от них высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в своеобразных условиях Сибири.
2. Повышение и стабилизация урожайности полевых культур в регионе является составной частью проблемы обеспечения населения продовольствием. Успешное решение этой проблемы невозможно без удобрений - неотъемлемой агрохимической составляющей эффективного земледелия, позволяющей улучшить плодородие земли, оптимизировать питание полевых культур и получать высокие урожаи качественной растительной продукции.
3. Результаты многолетних стационарных опытов убеждают, что систематическое использование минеральных и органических удобрений в полевых севооборотах позволяет гарантированно получать высокую агрономическую окупаемость удобрений продукцией при экономической рентабельности их применения и сохранении экологической безопасности агроландшафтов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Синягин И.И., Кузнецов Н.Я. 1979. Применение удобрений в Сибири. М.: Колос. 373 с.
- [2]Гамзиков Г.П. 2013. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: Россельхозакадемия. Сиб. отделение. Новосибирский ГАУ. 790 с.
- [3]Гамзиков Г.П. 2011. Состояние и перспективы исследований в длительных стационарных опытах с удобрениями в Сибири / Длительное применение удобрений. Агрохимические, агрономические и экологические аспекты. Новосибирск: Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. С. 32-46.
- [4]Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Западной Сибири. 1968. М.: Изд-во Наука. 382 с.
- [5]Агрохимическая характеристика почв СССР. Восточная Сибирь. 1969. М.: Изд-во Наука. 335 с.
- [6]Методические указания по географической сети опытов с удобрениями. 1959.М.: ВНИИУА.40 с.
- [7]Агрохимические методы исследования почв. 1975. М.: Наука, - 656 с.
- [8]Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. 1990. Влияние длительного систематического применения удобрений на органическое вещество почв. Почвоведение, № 11.С. 57-67.
- [9]Иванов А.Л., Сычёв В.Г., Державин Л.М., Адрианов С.Н., Бражникова Н.В., Карпова Д.В., Карпухин А.И., Кирпичников Н.А., Коночук В.Д., Самойлов Л.Н. 2012. Агробιοгеохимический цикл фосфора. /Под редакцией академика Иванова А.Л., М.: Россельхозакадемия. 512 с.
- [10]Поставская С.М., Гамзиков Г.П. 1975. О минеральных фосфатах черноземов Западной Сибири. Почвоведение, № 1. С. 93-101.

**Глава IV/54: О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО (50 ЛЕТ) ДЕЙСТВИЯ
УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ**
**Chapter IV/54: About the Laws of a Long-Term (50 years) Application of Fertilizers in a Field
Experiment on a Derno-Podsol Soil**

Николай Кирпичников*, Виктор Сычев, Майя Беличенко, Ольга Рухович

DOI 10.25680/1234.2018.90.96.319

*Эл. Почта: ehramova@bk.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова РАН
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

РЕЗЮМЕ. В длительном полевом опыте на слабоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве Центрального Нечерноземья России в зернотравяном севообороте показано, что систематическое применение физиологически кислых азотно-калийных удобрений в форме аммиачной селитры и хлористого калия приводит к накоплению подвижного алюминия в почве с 4,5 до 12,6 мг/100 г и оказывает негативное влияние на продуктивность культур. Эффективность известкования на фоне систематического применения азотно-калийных удобрений во времени повышалась и зависела от дозы извести. В последние годы (десятая и одиннадцатая ротации) продуктивность севооборота повышалась до 58%, а урожайность озимой пшеницы практически удваивалась. Действие фосфорных удобрений как на фоне азотно-калийных удобрений, так и на фоне совместного применения азотно-калийных удобрений и известкования во времени также повышалось. При сочетании минеральных удобрений и извести продуктивность севооборота превышала уровень контроля в три раза.

Abstract. In a long-term field experiment on poorly cultivated sod-podzol loamy soil of the Central Non-Chernozem region of Russia in grain-grass crop rotation it was shown that the systematic application of physiologically acidic nitrogen-potassium fertilizer in the ammonium nitrate and potassium chloride form led to the accumulation of movable aluminum in the soil from 4.5 to 12.6 mg/100 g and has a negative impact on crop productivity. The efficiency of liming on the background of the systematic use of nitrogen-potassium fertilizers was increased in time and depended on the dose of lime. In recent years (tenth and eleventh rotation) the productivity of the crop rotation increased by 58%, winter wheat yields doubled. The effect of phosphoric fertilizers increased in time as well as on the background of nitrogen-potassium fertilizer, and on the background of combined application of nitrogen-potash fertilizers and liming. The productivity of the crop rotation exceeded that of the control three times with a combination of mineral fertilizers and lime.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дерново-подзолистая почва, удобрения, продуктивность, урожайность, севооборот, озимая пшеница.

Keywords: sod-podzolic soil, fertilizer, productivity, yield, crop, winter wheat.

ВВЕДЕНИЕ

Дерново-подзолистые суглинистые почвы, которые составляют основную территорию Центрального Нечерноземья России, обладают низким естественным плодородием. Они имеют повышенную кислотность, слабо обеспечены питательными веществами и низкое содержание гумуса. Слабая обеспеченность таких почв подвижными фосфатами и избыточная кислотность среды, особенно при высоком содержании активного алюминия, является одним из главных причин низкой урожайности сельскохозяйственных культур.

Уровень кислотности и содержания подвижного фосфора являются определяющими показателями окультуренности дерново-подзолистых суглинистых почв. Поэтому для повышения их плодородия необходимо прежде всего известкование, внесение достаточного количества удобрений, использование в севообороте многолетних бобовых трав.

При резком отрицательном балансе питательных веществ, особенно фосфора и низких темпах известкования в настоящее время слабоокультуренные дерново-подзолистые почвы Центрального Нечерноземья составляют около 60% (1).

Для обеспечения эффективного окультуривания малоплодородных дерново-подзолистых почв в этих условиях важно рациональное и сбалансированное применение удобрений и получение

высокой продуктивности сельскохозяйственных культур при экологически безопасной продукции (2).

Для разработки концепции повышения продуктивности дерново-подзолистых почв и их плодородия, получения наиболее полной информации о действии удобрений важно использование базы данных, полученных в длительных полевых опытах (3,4).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение эффективности длительного применения минеральных удобрений и известкования в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Центрального Нечерноземья России.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Длительный полевой опыт СШ-27 заложен в 1966г. на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой слабоокультуренной почве Центрального Нечерноземья в Московской обл.

Исходные агрохимические показатели: рН_{KCl} 3,9-4,2; гидролитическая кислотность (по Каппену) 4,9-5,2 и обменная кислотность 0,6 мг-экв/100г; степень насыщенности основаниями 57-63%, содержание гумуса (по Тюрину) 1,65%; подвижного фосфора (по Кирсанову) 4,5 мг/100г; степень подвижности фосфатов (P₂O₅ по Скофилду) 0,032 мг/л.

Природно-климатическая зона – зона смешанных лесов, которая отличается достаточным увлажнением. Среднегодовое количество осадков составляет 607 мм, температура воздуха 3,50С. Количество продуктивной влаги для растений в оптимальные по увлажнению годы находится в пределах 385-455 мм или 3850-4550 т/га. Однако некоторые годы (1981, 1999, 2010 г.) были засушливыми в вегетационный период, особенно в период роста растений. Так, урожайность озимой пшеницы в эти годы в вариантах с удобрениями составляла всего лишь 10-20 ц/га (при сумме осадков за май – август 61-80 мм). В благоприятные годы (2009, 2015, 2016 г.г.) урожайность озимой пшеницы в некоторых вариантах достигала 70-75 ц/га.

Полевой опыт заложен на двух полях зернотравяного севооборота: озимая пшеница, ячмень + клевер, клевер двух лет пользования. В шестой ротации в севооборот был включен картофель. Минеральные удобрения применяли по выносу урожаями в форме аммиачной селитры (N-34%), двойного суперфосфата (P₂O₅ -42%), хлористого калия (K₂O-60%). Известь вносили в виде известняковой муки тонкого помола в дозах: 1,5 гидролитической кислотности (г.к.) – по 0,5 г.к. в течение первых трех ротаций и по 2,5 г.к. – по 1,0 г.к. в первой и третьей ротациях и по 0,5 г.к. в восьмой. В качестве общего фона применяли химические средства защиты растений от сорняков и болезней. В опыте использовали районированные сорта сельскохозяйственных культур. Агротехника обычная, принятая в Московской области. Опыт проводится на двух полях в натуре, размеры делянок 100м².

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования в длительном полевом опыте показали определенную закономерность в действии удобрений на почву и растения во времени. Систематическое внесение физиологически кислых азотно-калийных удобрений (NK) привело к повышению кислотности почвы, особенно подвижного алюминия (рис. 1).

При исходном значении рН_{KCl} 4,2, гидролитической кислотности 5,2 мг-экв/100г, содержании подвижного алюминия (по Соколову) 4,6 мг/100г. эти показатели через 50 лет стали соответственно: 3,9; 6,0 и 12,6.

Ежегодное внесение двойного суперфосфата повысило содержание подвижного фосфора в почве с 4,5 до 7,8-10,2 мг/100г. Содержание подвижного калия в почве от использования хлористого калия практически не изменялось и составляло 11,5-13,0 мг/100г. Содержание гумуса в почве в условиях зернотравяного севооборота во времени также не изменилось. При известковании в дозе 1,5г.к. повысилось значение рН_{KCl} до 5,4 в четвертой ротации и до 4,5 – в одиннадцатой, снизилась гидролитическая кислотность соответственно до 1,6 и 3,2 мг-экв/100г., а степень насыщенности основаниями до 88 и 82%.

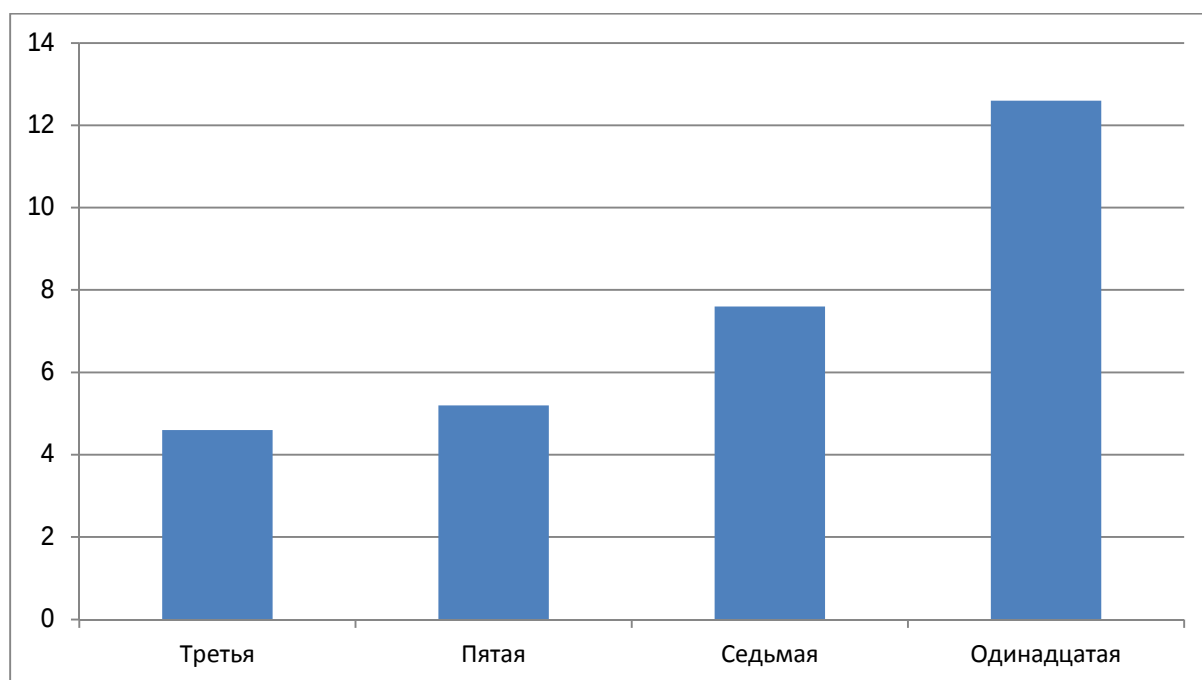


Рисунок 1 - Динамика содержания подвижного алюминия в почве фона НК по ротациям, мг/100г

Высокое и длительное действие оказала эта доза извести на содержание подвижного алюминия (2,90 мг/100г в одиннадцатой ротации при уровне на фоне НК 12,6 мг/100г). Значительное влияние на свойства почвы отмечалось при внесении более высокой дозы извести (2,0 и 2,5г.к.) – уровень pH_{KCl} составил в четвертой ротации 6,0, в одиннадцатой – 5,2, гидролитической кислотности 1,0 и 2,4 мг-экв/100г соответственно, а подвижный алюминий в почве при этом практически не обнаруживался. Степень насыщенности основаниями при использовании высокой дозы извести составила в четвертой ротации 97%, в одиннадцатой – 81%.

В связи с изменениями агрохимических свойств почвы во времени изменялась и эффективность удобрений (таблица).

Применение азотно-калийных удобрений (фон НК) обеспечивало достаточно высокий эффект в первый период. Так, за третью и четвертую ротации повышение продуктивности в среднем составило около 25%, а урожайность озимой пшеницы – 27% при уровне в контроле без удобрений 28,5 ц.з.е./га и 22,5 ц/га, соответственно. В последние ротации севооборота (десятая и одиннадцатая) урожайность сельскохозяйственных культур формировалась на уровне контроля, о чем свидетельствуют данные продуктивности севооборота и урожайности озимой пшеницы. Отсутствие эффекта от азотно-калийных удобрений в последние годы, очевидно, связано с отрицательным влиянием алюминия на растения, содержание которого повышалось при систематическом внесении физиологически кислых минеральных удобрений в форме аммиачной селитры и хлористого калия. В одиннадцатой ротации содержание подвижного алюминия в почве достигло 12,8 мг/100г, что в три раза выше исходного. Об отрицательном влиянии алюминия на растения в условиях сильнокислых дерново-подзолистых почв свидетельствуют результаты исследований и в других опытах (5,6).

Систематическое использование в опыте фосфорных удобрений на фоне азотно-калийных приводило к существенному повышению урожайности, особенно в последние ротации.

Так, средняя продуктивность за третью и четвертую ротации в варианте с применением фосфорных удобрений повышалась на 30%, а урожайность озимой пшеницы на 50%. В последние ротации превышение составило 49 и 88%, соответственно. На фоне извести действие фосфорных удобрений во времени также возрастало.

Таблица 1 - Эффективность минеральных удобрений и извести во времени в длительном полевом опыте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве (средние данные)

Вариант	За третью и четвертую ротации		За десятую и одиннадцатую ротации	
	продуктивность, ц.з.е./га	урожай озимой пшеницы, ц/га	продуктивность, ц.з.е./га	урожай озимой пшеницы, ц/га
Без удобрений	28,5	22,5	25,0	22,2
НК-фон	35,4	28,6	25,9	22,6
НК + P	46,0	42,4	38,6	41,9
НК + известь по 1,5г.к.	40,4	35,5	35,4	37,1
НК + известь по 1,5г.к. +P	47,6	47,7	49,8	52,8
НК +известь по 2,5г.к.	41,0	38,9	41,3	45,1
НК + известь по 2,5г.к. + P	47,3	47,0	55,0	60,3
Нср ₀₅ ц/га	-	4,4	-	4,7

Так, на известкованном фоне по 1,5 г.к. продуктивность севооборота при внесении фосфорных удобрений повышалась в первый период на 18%, в последние годы – на 40%. Но их влияние на фоне извести проявилось в меньшей степени, чем на фоне азотно-калийных удобрений, что связано с улучшением обеспеченности растений фосфором за счет известкования (6,7). Эффективность известкования зависела от дозы извести и времени ее действия. В первый период после известкования продуктивность севооборота по сравнению с фоном НК повышалась на 15% и не зависела от дозы извести. В последние ротации положительное влияние извести усиливалось, особенно высокой дозы (по 2,5 г.к.), которая обеспечивала прибавку продуктивности севооборота 58%, а урожайности озимой пшеницы 97%. Повышение эффективности извести во времени связано с усилением кислотности почвы на фоне НК, особенно подвижного алюминия. Такая закономерность в действии извести отмечается и на фоне полного минерального удобрения (NPK), хотя ее влияние на физико-химические свойства с течением времени ослаблялось. Этот факт свидетельствует о длительном влиянии известкования, особенно высоких доз на почву и растения в условиях слабокультурных дерново-подзолистых суглинистых почв.

Наибольшая урожайность сельскохозяйственных культур в условиях данного опыта формировалась при сочетании извести и минеральных удобрений. Так, в одиннадцатой ротации продуктивность севооборота достигала около 60 ц.з.е./га, а урожайность озимой пшеницы свыше 70 ц/га, что превышало уровень контроля без удобрений почти в три раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В длительном (50 лет) полевом опыте установлены закономерности действия удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы и продуктивность зернотравяного севооборота.
2. Систематическое применение физиологически кислых азотно-калийных удобрений приводило к постепенному повышению подвижного алюминия (с 4,6 до 12,6 мг/100г), что отрицательно сказалось на урожайности, которая в последние годы практически не отличалась от уровня контроля.
3. Эффективность известкования особенно высокой дозой, на фоне азотно-калийных удобрений во времени повышалась, продуктивность севооборота при этом в последние годы увеличилась на 58%, а урожайность озимой пшеницы практически удваивалась.
4. Действие фосфорных удобрений с течением времени усиливалось и в большей степени на фоне азотно-калийных удобрений, чем на фоне извести. Наибольшая продуктивность севооборота

(около 60 ц.з.е.) и урожайность озимой пшеницы (более 70ц/га) достигалась при сочетании минеральных удобрений и извести, что превышает уровень контроля почти в три раза.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений.- М.: ВНИИА.- 2013.- 296 с.
- [2]Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы. М.: Наука, 2002.- 258 с.
- [3]Романенков В.А. Динамика запасов почвенного углерода в агроценозах Европейской территории России (по данным длительных полевых опытов) Автореферат дисс. докт. биол. наук. М.: 2011, 47 с.
- [4]Janzen H. H. Long - term ecological sites: musings on the future , as seen (dimiy) from the past // Global Change Biology. 2009. V. 15. 2770-2778.
- [5]Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. Санкт-Петербург, ЛНИИСХ.- 2005.. 90- 118.
- [6]Кирпичников Н.А. Влияние извести на фосфатный режим слабокультуренной дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений //Агрохимия, 2016, № 12, С. 3-8.
- [7]Сычев В.Г., Кирпичников Н.А., Шильников И.А. Фосфатный режим при известковании дерново-подзолистых почв. М.: ВНИИА, 2014, 152 с.

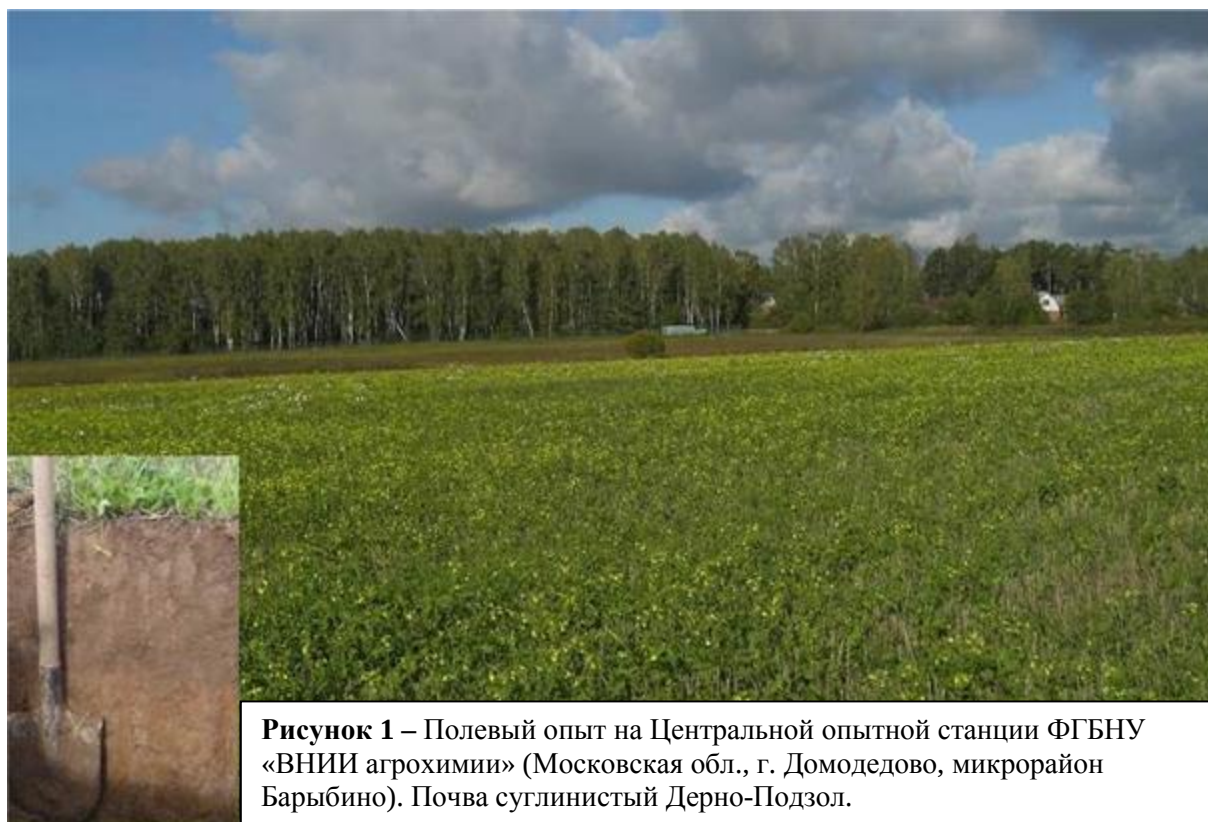


Рисунок 1 – Полевой опыт на Центральной опытной станции ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» (Московская обл., г. Домодедово, микрорайон Барыбино). Почва суглинистый Дерно-Подзол.

**ГЛАВА IV/55: ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ
ПОЧВЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА РОССИИ**

**Chapter IV/55: Effect of Long-Term Fertilizers Application on the Productivity of Crop Rotation
on Sod-Podzolic Sandy Loam Soil in the Central Region of Russia**

Сергей М. Лукин*, Елена В. Марчук, Екатерина И. Золкина, Юлия М. Теплова

DOI 10.25680/6968.2018.10.54.320

*Эл. Почта: vnion@vtsnet.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа, ул. Прянишникова, д.2, 601390 Вяткино, Судогодский р-н, Владимирская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. В длительном стационарном опыте (46 лет) на дерново-подзолистой супесчаной почве Центрального района России установлено, что при умеренных дозах внесения удобрений (N50P25K60) эффективность минеральной и органо-минеральной систем удобрения одинакова, при повышенных дозах внесения удобрений (N100P50K120) более высокую продуктивность севооборота обеспечивает органо-минеральная система удобрения. Продуктивность севооборота при использовании органической системы удобрения на 30-38 % ниже, по сравнению с использованием минеральной системы удобрения. Основной причиной этого является низкая доступность азота органического удобрения, по сравнению с азотом минеральных удобрений. При длительном применении удобрений наблюдается увеличение долевого участия удобрений в формировании урожая. Применение удобрений обеспечивает большую устойчивость урожайности культур по годам исследований, по сравнению с не удобренными вариантами.

Abstract. In a long-term field experiment (46 years old) on sandy loam sod-podzolic soil of the Central region of Russia it was found that the efficiency of mineral and organic-mineral fertilizer systems at moderate doses of fertilizer (N50P25K60) is the same. At raised doses of fertilizers (N100P50K120) higher crop rotation productivity is provided by the organic-mineral system. Productivity of the crop rotation based on organic fertilization was 30-38 % lower compared to the mineral fertilizer system. The main reason is the low availability of nitrogen in organic fertilizers compared to mineral nitrogen fertilizer. With long-term fertilizers use an increase of the fertilizers share in the crop formation is observed. Application of fertilizers provides greater crop yield stability over the time as compared with unfertilized variants.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дерново-подзолистые супесчаные почвы, система применения удобрений, урожайность культур, продуктивность севооборота, длительные стационарные опыты

Keywords: sod-podzolic sandy loam soils, the systems of fertilizers application, crop yields, productivity of crop rotation, long-term field experiments

ВВЕДЕНИЕ

Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы занимают в Нечерноземной зоне Российской Федерации более 5 млн. га. Характерной особенностью легких почв является низкое содержание в них органического вещества и основных элементов минерального питания, повышенная кислотность, низкая емкость катионного обмена, слабая буферная способность, неустойчивый водный режим. Повышение плодородия легких дерново-подзолистых почв связано с использованием комплекса мероприятий по оптимизации агрохимических, физико-химических и биологических свойств почв. К числу важнейших из них принадлежит разработка научно-обоснованных систем применения удобрений. Система применения удобрений в севообороте должна предусматривать получение требуемого уровня урожайности сельскохозяйственных культур высокого качества, сохранение и повышение плодородия почв, охрану окружающей среды от загрязнения. Необходимой предпосылкой этого является изучение закономерностей действия удобрений на величину и качество урожая, показатели плодородия почв, оптимизация применения удобрений в зависимости от почвенных, климатических условий, вида удобрений, структуры севооборотов. Вопросам сохранения и повышения плодородия легких дерново-подзолистых почв посвящены многие научные работы [1- 9]. Однако за последние годы в сельском хозяйстве России произошли значительные социальные и экономические изменения. Поэтому многие разработанные ранее рекомендации и нормативы нуждаются в корректировке.

При этом все мероприятия по воспроизводству плодородия почв, и в первую очередь системы удобрения, являющиеся составным элементом систем земледелия, должны быть обоснованы экологически, т.е. соответствовать почвенно-климатическому природному комплексу, включающему геоморфологические и биогеохимические особенности территории [10].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследований является проведение сравнительной оценки различных систем удобрения при длительном применении их в севообороте, изучение изменения эффективности удобрений с течением времени.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в длительном стационарном опыте института, заложенном в 1968 г. по следующей схеме: 1. Без удобрений; 2. P50K60; 3. N50P50; 4. N50K60; 5. N50P50K60; 6. Навоз 10 т/га; 7. Навоз 20 т/га; 8. N50P25K60; 9. N50P50K90; 10. Навоз 5 т/га + N25P12K30; 11. Навоз 10 т/га + N50; 12. Навоз 10 т/га + N50P25; 13. Навоз 10 т/га + N50P25K60; 14. N100P50K120; 15. N50P25K60; 16. Навоз 10 т/га + N100P50K120. В 1984-1989 гг. изучалось последствие удобрений. В 1990 г. в схему опыта были внесены изменения: в варианте 11 стали вносить навоз 10 т/га + N50P25K60 + солома; в варианте 12 - навоз 10 т/га + N50P25K60 + солома + сидерат; 15 - N50P25K60 + солома. Начиная с 2002 г., в варианте 11 используется N100P50K120 + солома; в варианте 12 изучается последствие удобрений на фоне без удобрений и N50. Остальные варианты сохраняются без изменений с 1968 года. Варианты 6, 8, 10 и 7, 13, 14 выровнены по количеству питательных веществ в дозах, эквивалентных, соответственно, 10 и 20 т/га навоза. Опыт заложен в севообороте: однолетний люпин – озимая пшеница – картофель – ячмень. Повторность в опыте - 4-х кратная, в контрольных вариантах – 8 кратная, размер делянок - 161 м². До 1975 года опыт проводился в 4-х полях, в 1976 -1984 гг. - в трех полях, начиная с 1990 года опыт проводится в двух полях. Почва под опытом – дерново-сильнопodzolistая тяжелосупесчаная, слабоглееватая, подстилаемая с глубины 40-50 см моренным суглинком. Свойства почвы перед закладкой опыта: pH 6.2-6.5 (на третьем поле без известки – 4.1), гидролитическая кислотность 1.0-2.2 мг-экв./100 г (на третьем поле 3.7-4.1), сумма поглощенных оснований 4.8-5.3 мг-экв./100 г (на третьем поле –1.4), P₂O₅ – 14-25, K₂O – 63-104 мг/кг, содержание гумуса 1.05-1.17 % (рисунок 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучение длительного применения удобрений в зернопропашном севообороте (10 ротаций) показало, что эффективность их зависела от вида культур и доз внесения удобрений. При умеренных дозах органическая система удобрения по действию на урожай уступала минеральной, особенно на зерновых, где это снижение было статистически значимым. В среднем за 10 ротаций продуктивность севооборота при использовании органической системы удобрения оказалась ниже, по сравнению с использованием минеральной системы удобрения, на 4.9-5.1 ц з.е./га или на 30-38 %.

Прибавки урожая от использования органоминеральной системы удобрения в умеренных дозах на люпине, озимой пшенице и картофеле, а также в целом за севооборот, были примерно равны прибавкам урожая от использования минеральной. Исключением явился ячмень, где эффективность органоминеральной системы удобрения была ниже, по сравнению с минеральной. Вместе с тем, при использовании удобрений в повышенных дозах отчетливо выявляется преимущество органоминеральной системы удобрения. В среднем за 10 ротаций севооборота прибавка урожая от сочетания навоза и минеральных удобрений была выше, по сравнению с органической системой удобрения, на 6.3 ц з.е./га, по сравнению с минеральной – на 1,2 ц з.е./га (табл. 1).

В последние годы во многих странах мира получают распространение биологические системы ведения сельского хозяйства, предусматривающие полный или частичный отказ от использования искусственных удобрений [11].

Как показали результаты опыта, отказ от использования минеральных удобрений и переход полностью на органическую систему удобрения, неблагоприятно сказывается, в первую очередь, на урожайности яровых зерновых культур. При этом суммарная продуктивность севооборота может снизиться, по сравнению с органоминеральной системой удобрения, на 4.3- 6.3 ц з.е./га, а урожайность яровых зерновых культур – в 1.3-1.4 раза (табл. 2).



Рисунок 1 - Длительный стационарный опыт ВНИИОУ, почвенный профиль

Таблица 1. Влияние различных систем удобрения на урожайность сельскохозяйственных культур (в среднем за 1968-2014 гг.)

Вариант	Культуры, ц/га				Продуктивность севооборота в среднем*, ц з.е./га	Прибавка урожая ц.з.е./га	
	Одн. люпин, зеленая масса	Озимая пшеница	Картофель	Ячмень		ц.з. е./га	%
Без удобрений	203	18.6	105	11.6	22.7		
Навоз 10 т/га	227	25.1	159	17.6	30.7	8.0	35
Навоз 5 т/га + N25P12K30	233	28.1	179	22.8	35.0	12.3	54
N50P25K60	232	27.8	182	24.8	35.6	12.9	57
Навоз 20 т/га	235	28.1	184	21.2	34.5	11.8	52
Навоз 10 т/га + N50P25K60	242	29.9	225	29.1	40.8	18.1	80
N100P50K120	247	28.6	211	28.6	39.6	16.9	74
Навоз 10 т/га + N100P50K120	258	29.5	237	29.6	42.2	19.5	86

НСР 0.95, ц/га 9.2 0.9 8.2 1.2 1.4

**с учетом побочной продукции*

В целом за севооборот оплата урожаем 1 т навоза составила 0.80 ц з.е. при среднегодовой дозе его внесения 10 т/га и 0.59 ц з.е. при дозе внесения 20 т/га.

Одной из основных причин более низкой эффективности органической системы удобрения, по сравнению с минеральной, является меньшая доступность азота навоза для растений. При этом, в большей степени дефицит азота проявлялся на зерновых культурах. Устранение дефицита минерального азота за счет внесения азотных удобрений на фоне навоза позволило получить почти такие же урожаи сельскохозяйственных культур, как и при внесении полного минерального удобрения. В целом, длительное применение удобрений обеспечивало более высокую

устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур по годам исследований, по сравнению с не удобренными вариантами.

Таблица 2. Соотношение урожайности культур при использовании органических и минеральных удобрений (минеральные удобрения 100 %)

Уровень удобренности	Однолетний люпин	Озимая пшеница	Картофель	Ячмень	В среднем по севообороту
N50P25K60	98	90	87	71	86
N100P50K120	95	98	87	74	87

Таблица 3. Прибавки урожая и долевое участие удобрений в формировании урожая при длительном их использовании в севообороте

Вариант	Ротации севооборота										В сре- днем
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Навоз 5 т/га + N25P12K30	<u>9.7</u> 24	<u>11.8</u> 31	<u>11.7</u> 32	<u>12.8</u> 40	<u>9.3</u> 25	<u>15.5</u> 41	<u>8.6</u> 35	<u>13.6</u> 37	<u>17.5</u> 45	<u>13.0</u> 47	<u>12.3</u> 35
Навоз 10 т/га + N50P25K60	<u>12.1</u> 29	<u>15.2</u> 37	<u>19.2</u> 44	<u>15.8</u> 46	<u>15.0</u> 34	<u>22.1</u> 49	<u>11.4</u> 41	<u>24.1</u> 51	<u>26.2</u> 55	<u>20.0</u> 58	<u>18.1</u> 44
Навоз 10 т/га + N100P50K120	<u>12.3</u> 29	<u>15.1</u> 37	<u>19.8</u> 44	<u>15.7</u> 45	<u>17.6</u> 38	<u>24.6</u> 52	<u>13.2</u> 45	<u>26.0</u> 53	<u>29.0</u> 58	<u>22.2</u> 60	<u>19.5</u> 46

Примечание. Над чертой – прибавки урожая ц з.е./га; под чертой – долевое участие удобрений в формировании урожая, %.

Таблица 4. Оплата 1 кг д.в. удобрений урожаем при длительном их использовании в севообороте, кг з.е.

Вариант	Ротации севооборота										В сре- днем
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Навоз 5 т/га + N25P12K30	7.2	8.7	8.7	9.5	6.9	11.5	6.4	10.1	13.0	9.6	9.1
Навоз 10 т/га + N50P25K60	4.5	5.6	3.4	5.9	5.6	8.2	4.4	8.9	9.7	7.4	6.7
Навоз 10 т/га + N100P50K120	3.0	3.7	2.4	3.9	4.3	6.1	3.3	6.4	7.2	5.6	4.8

Анализ изменения продуктивности севооборота во времени показывает, что длительное возделывание сельскохозяйственных культур без использования органических и минеральных удобрений постепенно ведет к снижению продуктивности посевов. В результате длительного применения удобрений и повышения окультуренности почвы наблюдается рост прибавок урожая от удобрений, их долевого участия в формировании урожая, а также оплаты 1 кг NPK продукцией от 1 к 10 ротации севооборота (табл. 3,4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В длительном стационарном опыте установлено, что при выравнивании по элементам минерального питания, эффективность органической системы удобрения на 30-38 % ниже, по сравнению с эквивалентным количеством минеральных удобрений. Эффективность минеральной системы удобрения, при умеренных дозах их внесения, равна эффективности органоминеральной; при повышенных дозах удобрений наибольшее влияние на урожайность культур оказывает органоминеральная система удобрения.

2. Применение в зернопропашном севообороте с однолетним люпином умеренных доз удобрений (навоз 5 т/га + N25P13K30) обеспечивает получение 35,0 ц з.е./га в год при оплате 1 кг NPK 9,1 кг з.е. При использовании повышенных доз удобрений (навоз 10 т/га + N50P25K60) продуктивность севооборота возрастает до 40,8 ц з.е./га, при этом оплата 1 кг NPK урожаем снижается до 6,7 кг з.е. Применение удобрений в более высоких дозах не сопровождается существенным приростом урожая, при этом значительно снижается оплата 1 кг NPK продукцией.
3. Длительное возделывание сельскохозяйственных культур без использования органических и минеральных удобрений постепенно ведет к снижению продуктивности посевов. Применение удобрений обеспечивает большую устойчивость урожайности культур по годам исследований, по сравнению с не удобренными вариантами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Франковский Е.С. Основные приемы поднятия урожайности на песчаных почвах. – Владимир, 1929. – 39 с.
- [2] Прокошев В.Н. Повышение плодородия песчаных и супесчаных почв дерново-подзолистого типа. - М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 442 с.
- [3] Важенин И.Г. Песчаные и супесчаные подзолистые почвы Северного Предуралья и их плодородие // Калийные удобрения на легких почвах Предуралья. Труды Соликамской с.-х. оп. станции, 1975, т. IV. С. 9-35.
- [4] Соловьев П.П., Гасова В.П. Влияние удобрений и их сочетаний на продуктивность севооборота, качество продукции и плодородие почвы // Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. Труды ВИУА, Вып. 11. М.: 1982. С. 24-57.
- [5] Трипольская Л.Н. Сравнение систем удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых супесчаных почвах. Автореферат дис... канд. с.-х. наук. Каунас. 1985. 24 с.
- [6] Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М.: Агропромиздат, 1990. 219 с.
- [7] Белоус Н.М. Повышение плодородия песчаных почв. М.: Колос. 1997. 192 с.
- [8] Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. Практическое руководство. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
- [9] Беляев Г.Н. Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 2005. 303 с.
- [10] Розанов Б.Г. Расширенное воспроизводство почвенного плодородия (некоторые теоретические аспекты) // Почвоведение, 1987, № 2. С. 5-15.
- [11] Горчаков Я.В., Дурманов Д.Н. Мировое органическое земледелие и климат XXI века. М.: Изд-во РУДН. 2002.– 400 с.

**Глава IV/56: ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ
ЗЕРНОСВЕКЛОВОЧНОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ
УДОБРЕНИЙ: ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ**

**Chapter IV/56: Dynamics of Agro-Chemical Characteristics of Soil in a Grain-Beet Crop Rotation
with Long-Term Fertilizer Application: Field Experiments**

**Ольга А. Минакова*, Людмила В. Александрова, Дмитрий А. Куницын, Татьяна Н.
Подвигина**

DOI 10.25680/9417.2018.90.79.321

*Эл. Почта: olalmin2@rambler.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, пос.
ВНИИСС, д. 86, 396030, Воронежская обл., Рамонский р-н, Россия

РЕЗЮМЕ. Длительно применяемые в условиях лесостепи ЦЧР РФ удобрения в севообороте с сахарной свеклой и зерновыми культурами способствовали значительному изменению эффективного почвенного плодородия, выразившегося в существенном увеличении содержания нитратного азота и подвижного фосфора, несколько меньшем - обменного калия. В первые 10-20 лет применения удобрений наиболее быстро увеличивается содержание N-NO₃-, максимальное увеличение содержания калия и фосфора отмечалось через 35-40 лет после начала проведения опыта. Относительно целины содержание гумуса снизилось на 9,0-16,2 % в удобренных вариантах, 24,7 - в неудобренном. Отмечалось некоторое повышение содержания токсичных элементов: мышьяка - до 22,6 %, ртути - до 22,2, фтора - 20,6 %, без превышения уровня предельно-допустимых концентраций. Менее всего применение удобрений влияло на содержание бора и молибдена.

Abstract. Long-term application of fertilizers under conditions of the forest-steppe in Central Chernozem Region of Russia was analysed in a crop rotation with sugar beet and grain crops. Fertilization promoted significant change of the efficient soil fertility that manifested itself in a considerable increase of nitrate nitrogen and mobile phosphorus content and somewhat less increase of exchange potassium content. During the first 10-20 years of fertilizer application, the increase of the N-NO₃ content was most rapid. Maximum increase of potassium and phosphorus content was noted 35-40 years after begin of the experiment. As compared to virgin soil, humus content reduced by 9.0-16.2 % in fertilized variants and by 24.7 in the unfertilized one. Certain increase of toxic elements' content (arsenic – up to 22.6 %, mercury – up to 22.2, fluorine – 20.6 %) without exceeding critical concentrations level was noted. Fertilizer application least of all influenced the boron and molybdenum content.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: плодородие, дозы удобрений, нитратный азот, фосфор, калий, гумус, микроэлементы

Keywords: fertility, doses of fertilizers, nitrate nitrogen, phosphorus, potassium, humus, microelements

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач агрохимии В.Г. Сычев 2012 [1] определяет как выявление характера тренда плодородия при длительном использовании средств химизации. Ведь удобрения при их длительном применении из просто источников доступных растениям элементов питания становятся фактором, определяющим уровень потенциального плодородия и устойчивости агроэкосистем в целом [2]. Применение удобрений в большей степени обогащает почву фосфором, нежели азотом. [3] Основная часть внесенного фосфора остается в пахотном горизонте почв, при больших дозах удобрений обогащается и подпахотный слой почвы. [4], [5] Удобрения увеличивают содержание подвижных форм азота и гумуса [5], [6] Вследствие необменного поглощения калия концентрация его подвижных форм в почве увеличивается слабо. [4] Зачастую отмечается дефицит подвижных соединений бора, цинка и кобальта, [7], [8]. Так как максимальный урожай сельскохозяйственных культур в севообороте возможен только при оптимальном снабжении растений элементами питания [9], то в условиях улучшения обеспеченности элементами питания урожайность культур в севооборотах с длительным применением удобрений значительно повышается [10], [11].

Цель исследований: Изучить динамику содержания и трансформации основных элементов питания и микроэлементов при длительном применении удобрений в севообороте с сахарной свеклой.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 1936-2016 гг. в полевом опыте по внесению минеральных удобрений и навоза, представляющим собой севооборот со следующим чередованием культур: черный пар, сахарная свекла, озимая пшеница, ячмень, клевер, озимая пшеница, сахарная свекла, однолетние травы, овёс. Опыт расположен на севере Воронежской области, в зоне лесостепи Центрально-Черноземного региона. Почва опытного участка — чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на тяжелом карбонатном суглинке. Навоз вносился в паровое поле, минеральные удобрения – под сахарную свеклу с осени под вспашку. Определение содержания подвижных форм основных элементов питания, микроэлементов и гумуса производилось по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В I ротации применение удобрений обеспечивало повышение содержания $N-NO_3^-$ почвы относительно контроля на 4,0-38,2 % (табл. 1), II — 18,4-54,4 %, III— 45,0-85,0 %, IV -11,8-65,9 %, V — 45,9-83,8 %, VI — 14,1-43,2 %, VII— 13,9- 54,4 %, VIII — 52,0-80,6 %, IX — 20,4-74,6 %. Наибольшему повышению содержания элемента способствовало применение $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза (кроме V, VIII и IX ротаций, где наибольшее увеличение обеспечивало $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза). В целом, динамика содержания $N-NO_3^-$ по ротациям характеризуется его достаточно быстрым увеличением во II-III ротации и значительно более медленным с IV по VII ротации, с последующим увеличением в VIII-IX ротации, что свидетельствует о возможном увеличении количества азота нитрификации на всех вариантах в условиях теплой влажной погоды в весенние периоды 2000-2016 гг.

Таблица 1 - Содержание $N-NO_3^-$ в стационарном опыте, 1-9 ротации севооборота, мг/100 г почвы

Вариант	Ротации								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$N_0P_0K_0$ (без удобрений)	1,49	1,03	0,80	0,78	0,74	1,25	0,79	1,04	1,39
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	1,54	1,22	1,16	0,87	1,07	1,27	0,89	1,49	1,98
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	1,91	1,03	1,44	1,26	1,36	1,43	1,15	1,77	2,16
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	2,05	1,59	1,47	1,49	1,79	1,79	1,90	1,70	1,96
$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза	-	-	-	-	1,09	1,58	1,58	1,07	1,28

Изменение содержания обменного K_2O вследствие применения удобрений в I ротации составило 6,2-31,0 % (табл. 3), II — отмечена тенденция к увеличению в варианте $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, IV — 11,2-32,7 %, V — 19,8-30,7 %, VI — 6,4-11,0 %, VII — не отмечено изменений, VIII — 19,4-36,8 %, IX — 10,8-49,0 %, то есть отмечалось значительное его увеличение в почве удобренных вариантах в I, IV и V ротациях и менее значительное – в VII-VIII ротациях, что, возможно, связано с необменным поглощением элемента и запаковкой в кристаллическую решетку глинистых минералов. Доза $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза создавала наивысшее содержание элемента в почве (кроме I и VII ротации).

Установлено повышение содержания подвижного P_2O_5 в почве удобренных вариантов относительно контроля в I ротации на 29,6-43,2 % (табл. 2), II — 5,22-19,1 %, III — 43,3-92,3 %, IV — 38,6-103 %, V — 19,3-76,3 %, VI — 21,7-46,7 %, VII — 16,3-53,6 %, VIII — 25,9-61,0 %, IX — 22,6-77,3 %, более всего способствовало применение $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, во II, VIII и IX ротациях также и доза $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза. Максимальное увеличение содержания

элемента вследствие применения удобрений было отмечено в III-V ротациях, в дальнейшем отмечалась стабилизация.

Таблица 2 - Содержание P_2O_5 в почве опыта, 1-9 ротации севооборота, мг/100 г почвы

Вариант	Ротации								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$N_0P_0K_0$ (без удобрений)	8,87	11,4	10,4	8,66	9,30	9,20	7,42	9,13	10,6
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	11,7	12,1	15,0	12,0	11,1	11,9	8,63	11,5	13,0
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	11,1	13,8	16,1	16,3	12,3	12,5	9,46	14,6	18,0
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	12,7	13,1	21,5	17,6	16,4	13,5	11,4	14,7	18,8
$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза	-	-	-	-	12,0	11,2	10,5	13,9	16,2

Таблица 3 - Содержание обменного калия в почве, 1-9 ротации севооборота, мг/100 г почвы

Вариант	Ротации							
	I	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$N_0P_0K_0$ (без удобрений)	11,3	12,9	10,7	10,1	10,9	10,1	10,3	10,2
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	12,0	11,0	11,9	10,2	11,6	9,4	12,3	13,1
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	14,8	11,0	12,8	12,1	11,8	10,1	12,3	12,7
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	13,9	15,8	14,2	13,2	12,1	9,6	14,1	15,2
$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза	11,7	13,2	12,4	9,8	11,3	10,2	12,7	11,3

Содержание гумуса в слое 0-20 см почвы удобренных вариантов составило 5,11-5,55 %, контроле – 4,89, целине – 6,10 %. Изменение содержание общего гумуса в почве стационарного опыта к началу IX ротации выразилось в значительном его снижении (по сравнению с целиной) в варианте без удобрений (на 1,21 абс. %, что в относительных процентах составило 24,7 %). Минеральные удобрения совместно с 25 т/га навоза в пару способствовали уменьшению показателя на 12,0-16,2 % в слое 0-20 см, $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза — 8,0-9,0 %. Относительно контроля в почве удобренных вариантов в IX ротации гумуса содержалось на 4,5-15,0 % больше. Чем больше вносилось элементов питания с удобрениями, тем меньше были потери гумуса при возделывании культур зернопропашного севооборота.

Содержание мышьяка в почве вариантов с удобрениями в IX ротации было повышено на 12,5-22,6 % относительно контроля (табл. 4), более всего при внесении $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза (вследствие высокого содержания в минеральных удобрениях). Повышение содержания ртути на 7,4-22,2 % более всего было отмечено при применении $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза. Увеличение количества фтора на 11,4-20,6 % наблюдалось при применении $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза. Содержание алюминия не было подвержено изменениям. Под влиянием удобрений содержание бора повышалось на 7,3-11,6 %, более всего при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза. Отмечалась тенденция к повышению содержания Мо при системе $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза (до 4,5 %). Содержание S в слое 0-20 см повышалась при применении всех изученных доз на 9,5-23,8 %, более всего — $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза.

Таблица 4 - Содержание микроэлементов и серы в почве стационарного опыта, слой 0-20 см, IX ротация, мг/кг почвы

Доза удобрений	As	Hg	F	Al	Mo	B	S
N0P0K0 (без удобрений)	0,37	0,027	0,35	0,007	0,177	1,38	2,10
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +25 т/га навоза	0,33	0,031	0,35	0,007	0,185	1,39	2,60
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +25 т/га навоза	0,45	0,029	0,39	0,005	0,177	1,48	2,40
N135P135K135 +25 т/га навоза	0,42	0,029	0,39	0,007	0,185	1,41	2,30
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +50 т/га навоза	0,41	0,033	0,42	0,007	0,175	1,54	2,42
HCP ₀₅	0,03	0,002	0,05	-	-	0,05	0,17



Рисунок 1. Поле стационарного опыта - поля сахарной свеклы в начале июня 2016 года, гибрид российской селекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Повышение содержания $N-NO_3^-$ в почве вследствие применения удобрений составило до 84,0 %, максимум был отмечен в III, V, VIII ротации.
2. Концентрация подвижного P_2O_5 максимально увеличивалась относительно контроля в III-V и IX ротациях (до 103 %).
3. Содержание обменного K_2O относительно контроля более всего возрастало в I и VIII-IX ротациях, повышение относительно контроля до 49,0 %.
4. Применение высоких доз минеральных удобрений и навоза снижало темпы дегумификации почвы и способствовало поддержанию гумусного состояния на достаточно высоком уровне.

5. Длительно применяемые удобрения к IX ротации значительно повышали содержание As, Hg и F в почве. Внесение 50 т/га навоза совместно с минеральными удобрениями в большей степени увеличивало содержание S.
6. Применение удобрений в наибольшей степени влияли на содержание $N-NO_3^-$ и подвижного P_2O_5 , в меньшей степени — обменного K_2O и S, минимально — гумуса и В, изменения Mo и Al не было отмечено.
7. Лучшие показатели почвенного плодородия обеспечивала система $N_{135}P_{135}K_{135}$ под сахарную свеклу совместно с 25 т/га навоза в черном пару.
8. Применение удобрений в течение 80 лет в зернопаропропашном севообороте значительно изменяло эффективное и, в меньшей степени, потенциальное плодородие чернозема выщелоченного лесостепи ЦЧР.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сычев, В.Г. Состояние рынка минеральных удобрений в РФ и в мире // Перспективы использования новых форм удобрений, средств защиты растений и регуляторов роста в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: матер. докл. участн. 7-ой междунар. конф. «Анапа-2012». М., 2012. – С. 3-6.
- [2] Байбеков, Р.Ф., Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений. М., ЦИНАО, 2003. – 192 с.
- [3] Чуб, М.П., Пронько, В.В., Ярошенко, Т.М., Климова, Н.Ф., Журавлев, Д.Ю. Пищевой режим чернозема южного и продуктивность ярового ячменя (*Hordeum sarivum*) в условиях длительного стационарного опыта // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 4. - С. 20-26.
- [4] Удобрения, их свойства и способы использования /Под ред. Коренькова, Д.А. М., 1982. 415 с.
- [5] Храмцов, И.Ф. Приемы рационального применения минеральных и органических удобрений на черноземных почвах Западной Сибири // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями: матер. Всеросс. научно-метод. конф. Географической сети опытов с удобрениями. М., 2006. С. 88-91.
- [6] Каргин, И.Ф., Каргин, В.И., Гомонова, Н.Ф. Изменение запасов гумуса в условиях длительного использования пашни // Российский научный мир. 2013. №2. С.104-113.
- [7] Кураков, В.И. Влияние длительного применения удобрений на содержание элементов питания в почве и поступление их в растения // Научные основы интенсификации свеклосахарного производства. Воронеж, 1990. - С. 81-82
- [8] Протасова, Н.А. Тяжелые металлы в черноземах и культурных растениях Воронежской области // Агрохимия. 2005. № 2. С. 80-86.
- [9] Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М., Агропромиздат, 1990. - 219 с.
- [10] Макаров, Р.Ф. Оптимизация фосфатного режима черноземных почв // Химизация сельского хозяйства. 1989. № 11. С. 3-7.
- [11] Кузнецова Т.А. Влияние длительного систематического применения органических и минеральных удобрений на урожайность капусты белокочанной в условиях 14 ротации севооборота на выщелоченных черноземах Западной Сибири [Электронный ресурс]: Инновационный центр образования и науки // URL: <http://www.izron.ru/articles/aktualnye-problemy-i-dostizheniya-v-selskokhozyaystvennykh-naukakh-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itoga/25/vliyanie-dlitelnogo-sistematicheskogo-primeneniya-organicheskikh-i-mineralnykh-udobreniy-na-urozhayn/> (дата обращения: 29.08.2017).

**Глава IV/57: ПРОДУКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ
ПИТАНИЯ ПО РОТАЦИЯМ ШЕСТИПОЛЬНОГО СЕВООБОРОТА В
АГРОЛАНДШАФТАХ СТЕПНОГО ПОВОЛЖЬЯ: СТАЦИОНАРНЫЕ ОПЫТЫ**
**Chapter IV/57: Productivity of Fertilization Systems and Balance of Nutrition Elements of a
Six-Field Crop Rotation in Agrolandscapes of the Volga Steppe Region: Stationary Experiments**
**Виктор В. Пронько*¹, Майя П. Чуб², Дмитрий Ю. Журавлев², Татьяна М. Ярошенко²,
Надежда Ф. Климова²**

DOI 10.25680/3381.2018.91.58.322

*Эл. Почта: victor-pronko@mail.ru

1. Научно производственное объединение «Сила жизни», ул. Большая Садовая, 239, Саратов, Россия

2. Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, ул. Тулайкова, 7, Саратов, Россия

РЕЗЮМЕ. Анализируются результаты длительного стационарного опыта с минеральными удобрениями за семь ротаций шестипольного севооборота, включающего чистый пар и зерновые культуры. Продолжительность опыта – 42 года. Он заложен на черноземе южном в Саратовской области. Установлено, что в среднем за семь ротаций наиболее эффективным оказалось внесение N34P18,5K8,0 на один гектар севооборотной площади. При этом было отмечено, что в первой ротации севооборота на вариантах с оптимальными дозами минеральных удобрений среднегодовая прибавка урожая составляла 0,22 – 0,24 т/га зерновых единиц. В седьмой ротации среднегодовой прирост урожая от удобрений на этих же вариантах достигнул 0,57 – 0,61 т/га зерновых единиц (в 2,5-2,6 раза больше). Окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений урожаем зерна за 42 года повысилась с 4,5 – 5,7 до 16,3 – 16,4 кг (в 2,9-3,6 раза). В годы с оптимальным увлажнением вегетационного периода прибавки урожая от удобрений и их окупаемость резко возрастали. Внесение минеральных удобрений повышало вынос растениями элементов питания из почвы. В среднем за 42 года вынос азота на удобренных делянках увеличился на 47 – 73%, фосфора – на 27 – 28%, калия – на 35 – 36%. Возмещение выноса (интенсивность баланса) на вариантах с оптимальными системами удобрений составили: азота – 86 – 100%, фосфора – 80 – 83%, калия – 15 – 18%.

Abstract. The results of a long-term stationary experiment with mineral fertilizers for seven rotations of a six-field crop rotation, including summer fallow and cereals are analyzed. The duration of the experiment is 42 years. It is carried out on a southern chernozem in the Saratov region. It was found out that on average for seven rotations the application of N34P18,5K8.0 per 1 hectare of crop rotation area was the most effective. It was noted that in the first rotation after application of optimal doses of mineral fertilizers, the average annual yield increase was 0.22-0.24 t / ha of grain units. In the seventh rotation, the average annual increase in the yield after application of fertilizers in the same variants was 0.57-0.61 t / ha of grain units (2.5-2.6 times more). The payback of 1 kg of the active substance of fertilizers for 42 years has increased from 4.5–5.7 to 16.3–16.4 kg (by 2.9–3.6 times). In the years with optimal moistening of the growing season, increase in yields after application of fertilizers and their payback increased sharply. Application of mineral fertilizers increased the removal of nutrients by the plants from the soil. On an average for 42 years, nitrogen yield in fertilized plots increased by 47 - 73%, phosphorus by 27-28%, potassium by 35-36%. Intensity of balance in variants cultivated with optimal fertilizer systems amounted to: nitrogen - 86 - 100%, phosphorus - 80 - 83%, potassium - 15 - 18%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стационарный опыт, удобрения, продуктивность севооборота, Поволжье, чернозем южный, баланс питательных веществ

Keywords: mineral fertilizers; crop rotation; perennial experiment; balance of nutrition elements; southern chernozem; cultivated land; Volga region.

ВВЕДЕНИЕ

Только в условиях стационарного опыта возможно определить эффективность удобрений, их влияние на плодородие почвы, а также выполнить расчеты баланса питательных веществ [1].

К сожалению, В Российской Федерации существовавшая ранее сеть таких уникальных опытов в последние 25-30 лет резко сократилась. В степи Поволжья остался единственный стационар, который позволяет получать информацию об особенностях действия недостаточного увлажнения.

Результаты отдельных этапов выполняемой работы ранее уже публиковались в научной литературе [2, 3, 4].

Цель наших исследований – определить в агроландшафтах степного Поволжья особенности действия минеральных удобрений по ротациям севооборота и дать им оценку на основе расчетов баланса питательных веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт проводится в шестипольном зернопаровом севообороте со следующим чередованием культур: пар черный, озимая пшеница, яровая пшеница, просо, ячмень, овес. С первой по четвертую ротацию вместо проса выращивалась кукуруза на зеленую массу. В настоящее время в нем завершена седьмая ротация.

Опыт имеет трехкратное повторение как во времени, так и в пространстве. Размер опытных делянок 235-300 кв. м, расположение рендомизированное. Почва опытного участка – чернозем южный, среднемощный, среднегумусный, тяжелосуглинистый. При закладке опыта исходное содержание гумуса в слое 0-20 см составляло 4,35%, общего азота-0,235%, валового фосфора-0,119%, валового калия-1,60%.

Закладка и проведение полевых опытов, а также агрохимические анализы выполнялись по общепринятым в агрохимии методам [5, 6].

В стационарном опыте изучаются 22 варианта различных систем удобрений. В настоящем сообщении дается анализ по 7 вариантам, которые позволяют более наглядно иллюстрировать выявленные закономерности.

В течение 42 лет погодные условия отличались большим разнообразием. Гидротермический коэффициент вегетационного периода изменялся от 2,0 до 0,3 (по Селянинову). Такое чередование сухих и влажных лет типично для черноземной степи Поволжья. Средний ГТК за 42 года наблюдений составлял 1,0-0,7.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что на урожай как отдельных культур, так и продуктивность севооборота в целом помимо удобрений большое влияние оказывали погодные условия.

В первой ротации севооборота преобладали годы с благоприятным увлажнением. В этих условиях наиболее эффективно действовали азотные удобрения (N18K20), обеспечившие прибавку урожая в 0,37 т/га з.е. Прирост урожая от фосфорных удобрений составлял лишь половину прибавки урожая от азота (вар. 3). Более высокие дозы удобрений не имели преимуществ, а окупаемость 1 кг д.в. при их использовании снизилась в два раза и более (вар. 11, 11а).

Во второй ротации урожайность на контроле оказалась практически такой же, как в первой (2,8 т/га). Но, в связи с более засушливыми условиями в этот период усилилось действие фосфорных удобрений. Максимальная прибавка урожая в 0,36 т/га при средней оплате 1 кг питательных веществ удобрений (4,9 кг зерна) получена от N35P31,6K6,6 (вар. 8).

В третьей ротации ввиду преобладания неблагоприятных погодных условий в этот временной период урожайность на контроле по сравнению с первой ротацией снизилась на 11%. Наибольшее увеличение урожайности (на 0,69 т/га) получено на вар. 8 от применения N45P26,6 при оплате 1 кг питательных веществ 9,6 кг/га зерна. Увеличение дозы до N56,6 (вар. 11а) не имело преимущества перед оптимальной дозой. В связи с систематическим применением фосфорных удобрений и накоплением рыхлосвязанных фосфатов фосфорные удобрения действовали слабо.

В четвертой ротации погодные условия оказались наиболее благоприятными за весь 42-летний период. Благодаря хорошей влагообеспеченности возросла потребность в дополнительном минеральном питании и прибавки урожая от удобрений в этой ротации возросли. Так, внесение азота с калием N41K25 повысило урожайность на 0,72 т/га. Оптимальные результаты в четвертой ротации показал вар. 8 (прибавка 1,00 т/га) при оплате 1 кг питательных веществ -12,5 кг зерна. Максимальный прирост урожая в 1,5 т/га получен на вар. 11а от N65P13,8K25 при оплате 1 кг питательных веществ - 14,5 кг зерна.

В пятой ротации наблюдалось довольно резкое снижение урожайности на контроле (на 32%) по отношению к первой ротации. Самые высокие прибавки урожая были получены на вариантах 8, 11 и 11а (0,93-0,96 т/га) при оплате 1 кг питательных веществ от 12,8 до 19,5 кг зерна соответственно. Необходимо отметить, что увеличение дозы удобрений до N61P13,3 (вар. 11а) по сравнению с вар. 8 и 11 не сопровождалось ростом прибавки урожайности, и окупаемость 1кг питательных веществ при этом заметно снижалась.

В шестой ротации урожайность на контроле по сравнению с первой уменьшилась на 24 %, что свидетельствует о существенном падении плодородия неудобренного контрольного варианта. Максимальное увеличение урожайности на 0,98 т/га обеспечило применение N61P13,3 (вар. 11а). При этом резко снизилась оплата удобрениями 1 кг питательных веществ до 13,3 кг зерна. Лучшим этот показатель был на вар. 8 (25,4 кг зерна на 1 кг д.в. удобрений).

В седьмой ротации наблюдалось заметное снижение урожайности на контроле по сравнению с исходной урожайностью на 44%. Оптимальную прибавку урожая в 0,6 т/га при оплате 1 кг питательных веществ в 16,6 кг зерна обеспечил вар. N35P20. Повышение дозы удобрений выше оптимальной (N56P20) не имело значительного преимущества.

В среднем за 42 года самым эффективным оказался вар. 8 (N34P18,5K8,0 на 1 га севооборотной площади) обеспечивший прибавку в 0,65 т/га при оплате 1 кг питательных веществ – 11,5 кг зерна (рис. 1).

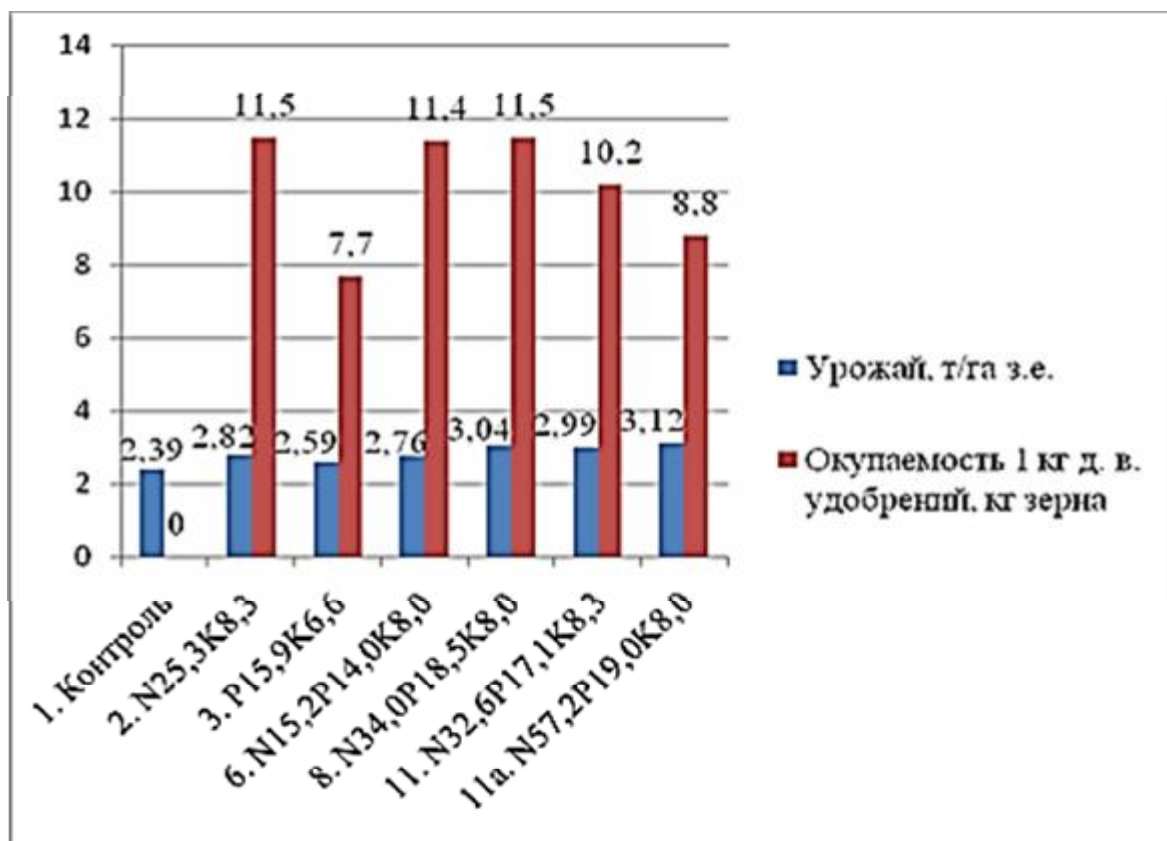


Рисунок 1 - Продуктивность систем удобрений шестипольного севооборота в среднем за 7 ротаций (1969-2014гг.)

Баланс питательных веществ наиболее полно отражает степень возмещения выноса питательных веществ за счет применения минеральных удобрений. При расчете баланса азота в расходную часть включался вынос элементов питания в среднем за 42 года, а также среднегодовые потери на эрозию (в количестве 2 кг/га) и потери азота из удобрений на денитрификацию (15 % от дозы). В приходную статью – поступление азота с семенами, осадками и за счет деятельности свободноживущих микроорганизмов в количестве – 13,5 кг/га на неудобренном контроле и 18,5 кг/га – на удобренных вариантах.

Расчеты показали, что интенсивность баланса азота, т. е. процент возмещения его выноса на контрольном варианте составила 33,5 % (рис. 2). Применение N25-35 на 1 га севооборотной площади обеспечило возмещение выноса на 86-87 % (вар. 2, 8, 11). Практически полное возмещение выноса наблюдалось на вар. 11а, где вносили N57 (99,7 %).

Дефицит фосфора на неудобренном контроле в среднем за 42 года составлял 16,6 кг/га с интенсивностью баланса 6,7 %. Внесение в среднем 15,9 кг/га P_2O_5 в год (вар. 3) возмещало потери фосфора на 100,4%. Внесение в севообороте небольших доз фосфора (вар. 6) возмещало вынос

данного элемента на 64,5%. Азотно-калийные удобрения (вар. 2) не оказали положительного влияния на баланс фосфора (рис. 3).

Среднегодовой баланс калия на контрольном варианте показал нулевую интенсивность, поскольку имел место только расход этого элемента из почвы, а приход полностью отсутствовал (рис. 4). На вариантах с удобрениями, где периодически вносили калий, интенсивность его баланса колебалась от 12,4 (вар. 6) до 18,3% (вар. 11a).

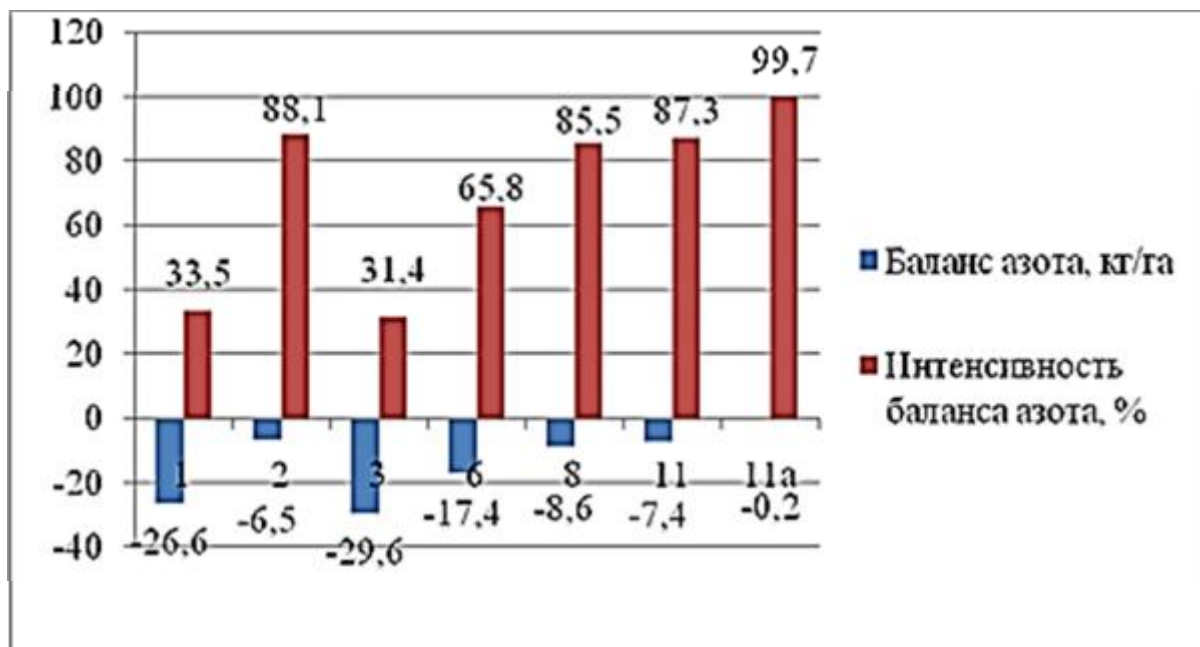


Рисунок 2 – Баланс азота в шестипольном севообороте в среднем за 7 ротаций (1969-2014гг.)

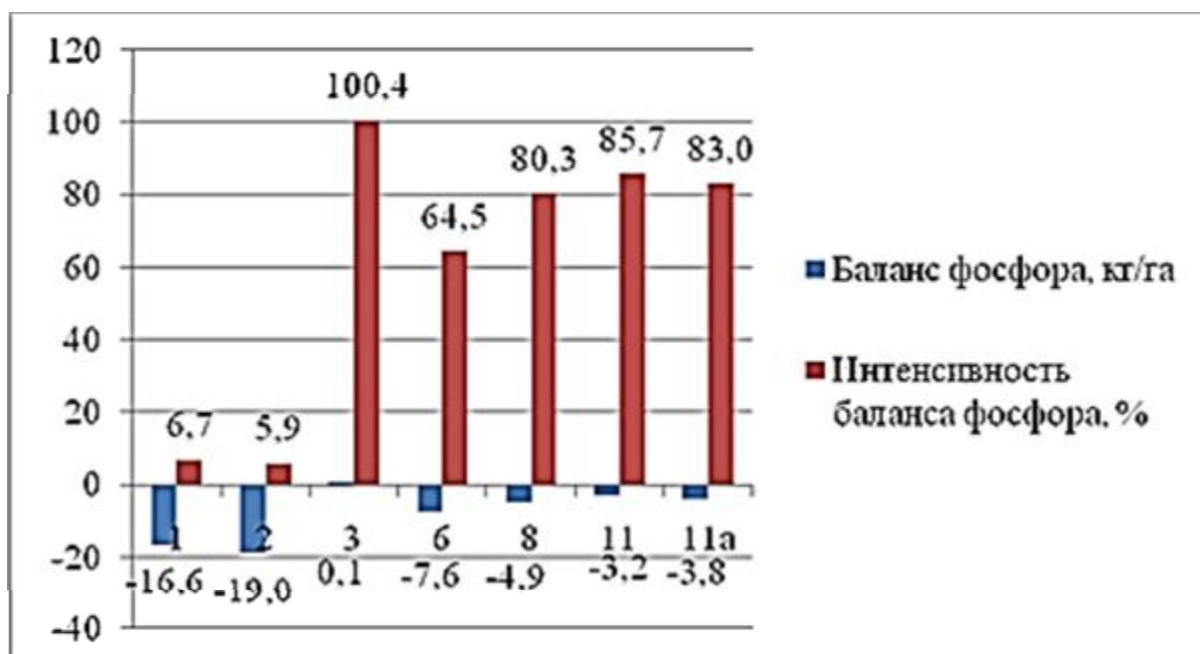


Рисунок 3 – Баланс фосфора в шестипольном севообороте в среднем за 7 ротаций (1969-2014гг.)

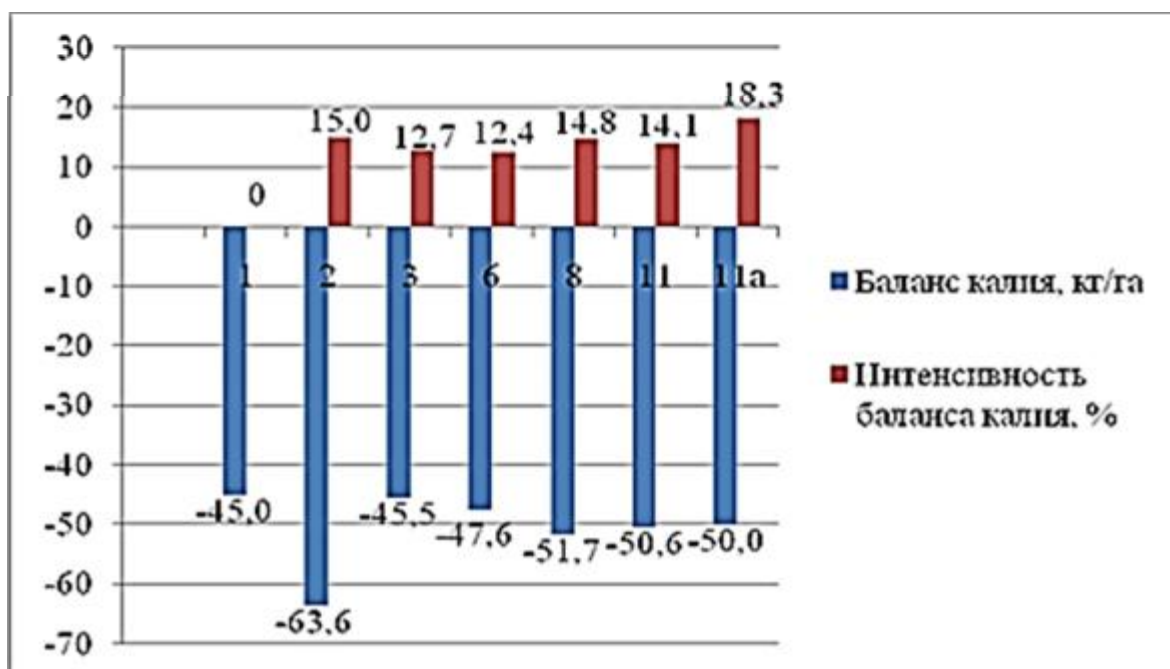


Рисунок 4 – Баланс калия в шестипольном севообороте в среднем за 7 ротаций (1969-2014гг.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Длительное наблюдение в стационарных условиях позволили установить, что за 42 года наблюдений продуктивность севооборота без внесения удобрений снизилась от первой ротации к седьмой на 43% (с 2,76 до 1,55 т/га). При внесении N34P18,5K8,0 на 1 га севооборотной площади прибавка урожайности (в среднем за 42 года) составила 0,65 т/га.
2. За время проведения опыта изменялась отзывчивость культур севооборота на виды удобрений. Так, в первой и второй ротациях довольно высокие показатели окупаемости урожаем имели как азотные, так и фосфорные удобрения. В последующих ротациях азот имел преимущество перед фосфором. Это позволило в последних ротациях снизить дозу фосфора до P6,6 без заметного снижения продуктивности севооборота.
3. Максимальную продуктивность севооборота в зоне южных черноземов Поволжья обеспечил баланс питательных веществ с уровнем возврата азота – 86 – 100%, фосфора – 80-86%, калия – 14 – 18%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Пронько В.В. Агрохимические исследования в Поволжье: история, современное состояние и проблемы // Проблемы агрохимии и экологии – 2013. - №4. – с. 38 – 40.
- [2]Чуб М.П., Пронько В.В., Потатурина Н.В., Бажан Г.Н. Эффективность и баланс фосфора в зернопаровом севообороте на черноземе южном при длительном применении удобрений // Агрохимия. – 2004. - №11. – с. 18 – 26.
- [3]Чуб М.П., Пронько В.В., Потатурина Н.В., Сайфуллина Л.Б. Влияние длительного применения удобрений на азотный режим южного чернозема засушливого Поволжья // Агрохимия. – 2005. - №10. – с. 5 – 12.
- [4]Чуб М.П., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Романенков В.А., Сычев В.Г. и др. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах Саратовского Поволжья в условиях аридного климата / Под общ. Ред. В.Г. Сычева. – Бюллетень ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова. – М., 2014, вып. 15. – 55 с.
- [5] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта 5-е изд., доп и перераб. – М., Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
- [6]Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М., Изд-во МГУ. 2001. – 689 с.

**Глава IV/58: МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ КАК ФАКТОРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО В АГРОЛАНДШАФТАХ ПОВОЛЖЬЯ:
СТАЦИОНАРНЫЕ ОПЫТЫ**

**Chapter IV/58: Mineral Fertilization as a Soil Fertility Regulating Factor of Southern Chernozems
in Agrolandscapes of the Volga Region: Stationary Experiments**

**Виктор В. Пронько*¹, Майя П. Чуб², Дмитрий Ю. Журавлев², Татьяна М. Ярошенко²,
Надежда Ф. Климова²**

DOI 10.25680/3780.2018.70.18.323

*Эл. Почта: victor-pronko@mail.ru

1. Научно производственное объединение «Сила жизни», ул. Большая Садовая, 239, Саратов, Россия

2. Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, ул. Тулайкова, 7, Саратов, Россия

РЕЗЮМЕ. В длительном стационарном опыте, заложенном в Поволжье на черноземе южном, в течение семи ротаций шестипольного севооборота изучалось влияние минеральных удобрений на динамику органического вещества, а также соединений азота и фосфора. Установлено, что за 42 года наблюдений в неудобренной почве содержание органического углерода снизилось в слое 0 – 40 см на 8,45 т/га. Внесение небольших доз минеральных удобрений (N15P14K8 на 1 га севооборотной площади) в первые 12 лет активизировало потери гумуса и они были выше, чем на контроле. В последующих ротациях потери стабилизировались и они были ниже, чем на контроле. При внесении на 1 га севооборотной площади N34P18K8 убыль гумуса была незначительной (0,12 – 0,20 т/га в год) и через 42 года наблюдений она оказалась на 33% ниже, чем на контроле. При этом в составе гумуса отмечалось изменение соотношения между гуминовыми и фульвокислотами. Произошли также потери валового (общего) азота в слое 0 – 40 см. Максимальными они были в неудобренной почве. Внесение в составе удобрений N39 свели потери азота к минимуму, а на варианте с N57 они практически отсутствовали. Содержание валового фосфора в течение семи ротаций шестипольного севооборота было относительно стабильным как в удобренной, так и неудобренной почвах. Но под влиянием удобрений произошло накопление фосфатов, связанных с алюминием, железом и кальцием за счет снижения фракции труднорастворимых фосфатов.

Abstract. In a long-term stationary experiment on Southern Chernozem in the Volga region, during seven rotations of a six-field crop rotation, the effect of mineral fertilizers on the dynamics of organic matter, as well as nitrogen and phosphorus compounds has been studied. It was found that for 42 years of observations in unfertilized soil the content of organic carbon decreased in the 0 - 40 cm layer by 8.45 t/ha. The application of small doses of mineral fertilizers (N15P14K8 per 1 ha of crop rotation area) in the first 12 years activated humus losses and they were higher than in the control variant. In subsequent rotations, the losses stabilized and they were lower than in the control. After application of N34P18K8 per 1 hectare of crop rotation area, humus loss was insignificant (0.12 - 0.20 t / ha per year) and after 42 years of observation it was 33% lower than in the control variant. At the same time, the humus content was marked by a change in the ratio between humic and fulvic acids. There were also losses of gross (total) nitrogen in the 0 - 40 cm layer of soil. In unfertilized soil they were at a maximum. Application of N39 reduced nitrogen losses to a minimum, and after application of N57 they were almost equal to zero. The content of gross phosphorus during the seven rotations of the six-field crop rotation was relatively stable in both fertilized and unfertilized soils. But after application of fertilizers there was an accumulation of phosphates associated with aluminum, iron and calcium due to the decrease in the fraction of poorly soluble phosphates.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: минеральные удобрения, многолетний опыт, гумус почвы, гуминовые кислоты, фульвокислоты, азот почвы, фосфор почвы, чернозем южный, агроландшафт, Поволжье
Keywords: mineral fertilizers; perennial experiment; soil humus; humic acids; fulvic acids; soil nitrogen; soil phosphorus; southern chernozem; cultivated land; Volga region.

ВВЕДЕНИЕ

В научной литературе сформировалось общепринятое мнение о том, что улучшению плодородия почв способствует систематическое внесение органических удобрений [1, 2]. Относительно минеральных удобрений высказывались различные точки зрения. Так, довольно часто

утверждается о снижении запасов гумуса при внесении минеральных удобрений, особенно если они содержат азот [3]. Утверждалось также, что систематическое применение минеральных удобрений увеличивает поступление в почву растительных остатков и тем самым они способствуют накоплению запасов гумуса [2]. По мнению ряда исследователей, ежегодное внесение 40-100 кг/га азота может обеспечить равновеликий баланс гумуса [4].

Подобная разнонаправленность в выводах объясняется тем, что исследования проводились на разных типах почв, имеющих неодинаковые условия увлажнения и температурный режим. Поэтому исследования по данному вопросу должны быть привязаны к конкретным ландшафтным зонам и провинциям.

Цель наших исследований – изучить в стационарных условиях влияние длительного применения минеральных удобрений на агрохимические свойства чернозема южного в засушливой степи Поволжья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Стационарный опыт закладывали с повторением во времени в 1968-1970 гг. Он расположен на равнинно – плакорном элементе агроландшафта. Почва – чернозем южный, малогумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый. Исходная агрохимическая характеристика слоя 0-40 см следующая: содержание углерода С % - 2,5, общего азота – 0,231, фосфора – 0,119, калия – 1,60 %. Чередование культур в шестипольном севообороте следующее: пар черный, озимая пшеница, яровая пшеница, просо, ячмень, овес. В 2014 году полностью закончена 7-ая ротация севооборота. Удобрения вносятся под основную обработку. Повторность опыта трехкратная, размер делянок 234-305 кв. м. Наблюдения и исследования в опыте проводятся по общепринятым методикам: содержание гумуса определяется по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, валовый азот – по Кьельдалю, фосфор и калий после мокрого озоления почвы по Гинзбург-Щегловой [5]. Полученные экспериментальные данные подвергались дисперсионному анализу по Доспехову [6]. Климат района проведения опыта засушливый, коэффициент континентальности 185-200, сумма температур свыше 10° С – 2600- 2800.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдениями установлено, что на неудобренном контроле за 7 ротаций севооборота (42 года) содержание органического углерода (С) в слое 0-20 см снизилось на 4,6 т/га. При этом в первые две ротации среднегодовые потери составляли 0,18 т/га в год, а в пятой и седьмой – 0,08 т/га в год. При внесении на 1 га севооборотной площади N15,2P14K8 в первые 12 лет опытов потери углерода были на 18 % выше, чем на контроле. В последующие периоды его потери стабилизировались и к концу седьмой ротации степень минерализации гумуса не отличалась от контроля. На варианте со среднегодовой дозой N34P18,5K8 до конца 5-ой ротации потери углерода колебались от 0,12 до 0,20 т/га в год. В седьмой ротации отмечена тенденция накопления углерода на этом варианте.

Высокие дозы удобрений (N57,2P19K8 на 1 га севооборотной площади) в условиях нашего опыта активизировали потери углерода и за 42 года они составили 13,22 т/га С (на 4,77 т/га больше, чем на контроле). Причиной этого могло стать сужение соотношения С:N в почвенной среде, которое привело к преобладанию минерализации над гумификацией и активному разложению не только растительных остатков, но и почвенного гумуса.

Поскольку между содержанием гумуса и общим азотом существует тесная связь, то по мере его разрушения снижались и запасы валового азота (рис. 1).

По окончании 7-ой ротации севооборота содержание общего азота на контрольном варианте по сравнению с исходными данными уменьшилось на 0,021%, или на 483 кг/га. При минимальной (вар. 6) и оптимальной (вар. 8) системе удобрений снижение составило - 0,01% (230 кг/га).

При максимальной системе удобрений (вар.11а) содержание общего азота не изменилось.

Запасы валового фосфора на контроле в слое 0-20 см по сравнению с исходными данными снизились на 207 кг/га. При внесении фосфорных удобрений со среднегодовой дозой 18,5-19,0 кг/га его содержание к концу седьмой ротации превышало исходные запасы (рис. 1).

В связи с высоким содержанием калия в южном черноземе, калийные удобрения применялись только в 1, 2 и 4 ротациях. Однако вынос калия за период проведения исследований существенно превосходил его объемы, внесенные с удобрениями. Так, если за 42 года запасы валового калия на неудобренном контроле по сравнению с исходными данными уменьшились на 0,46 т/га, то на удобренном фоне его потери составили в среднем 3,79 т/га.

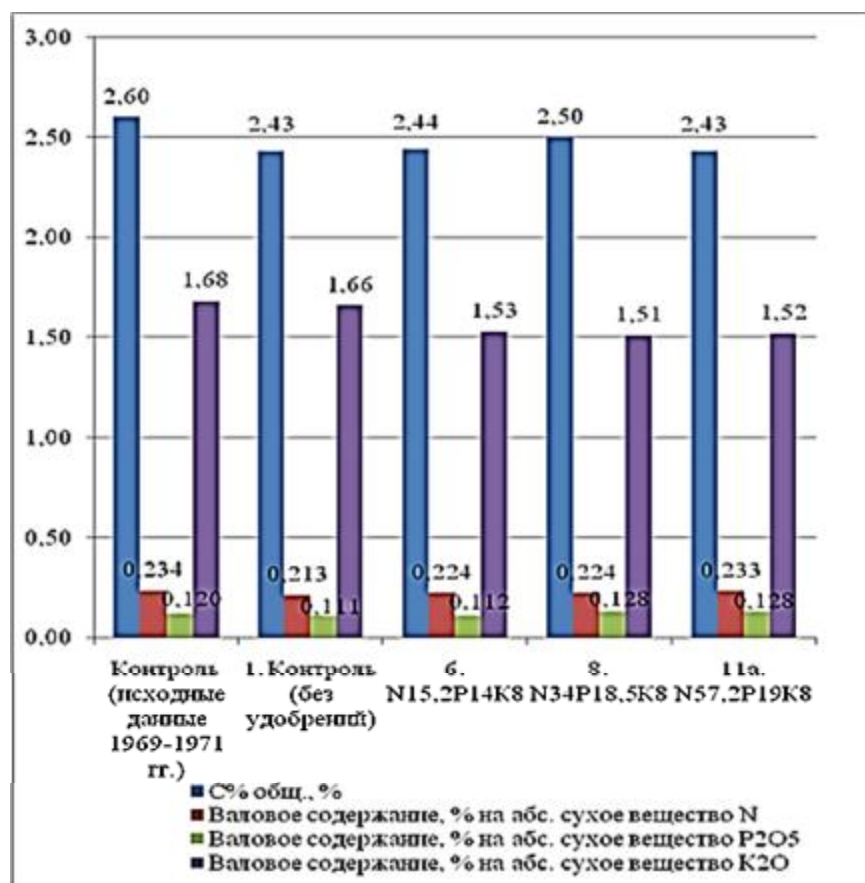


Рисунок 1 – Изменение агрохимических свойств чернозема южного по окончании 7 ротаций зернопарового севооборота (1969-2014 гг.)

За 42 года сельскохозяйственного использования произошли изменения в азотном фонде чернозема южного. Как на контроле, так и удобренных фонах, наиболее значительно уменьшилась фракция негидролизующего азота (рис. 2).

Это говорит о том, что потери общего азота происходили за счет разрушения наиболее сложных и фундаментальных органических соединений почвы. Одновременно с этим, на контроле уменьшилась и фракция легкогидролизующего азота, что связано с потреблением азота культурами. При оптимальной системе удобрений (вар.8) содержание легкогидролизующей фракции возросло на 25-28%, а при максимальной, где доза азота превосходила вынос (вар. 11а), содержание легкогидролизующих соединений повысилось на 45%. Следовательно, поступающий в почву азот удобрений находится не только в минеральной форме, но и закрепляется в легкогидролизующих соединениях (рис. 2).

За прошедшие 42 года фонд минеральных фосфатов чернозема южного также подвергся трансформации (рис. 3). В слое 0-20 см на неудобренном контроле и варианте с минимальной системой удобрений (вар. 6) произошло снижение содержания наиболее доступных фосфатов I и II групп. Эти потери по отношению к исходному контролю составили 33,0-24,6 %, несмотря на то, что сумма минеральных фосфатов в целом уменьшилась всего на 6,2%.

На вар. 11а, где фосфорные удобрения применялись в дозе P19 на 1 га севооборотной площади в год, суммарное содержание фосфатов I и II групп повысилось по сравнению с неудобренным контролем в 2 раза. При этом общая сумма фосфатов сохранилась практически на исходном уровне.

Из приведенных данных видно, что на контроле за 42 года количество минеральных фосфатов изменилось незначительно, что совершенно несопоставимо с размерами выноса фосфора растениями за этот срок.

Все это говорит о том, что на южном черноземе пополнение фонда минеральных фосфатов идет постоянно за счет минерализации органических соединений, что при невысоком выносе фосфора

культурами позволяет сохранить благоприятный фосфатный режим даже при небольших дозах фосфорных удобрений.

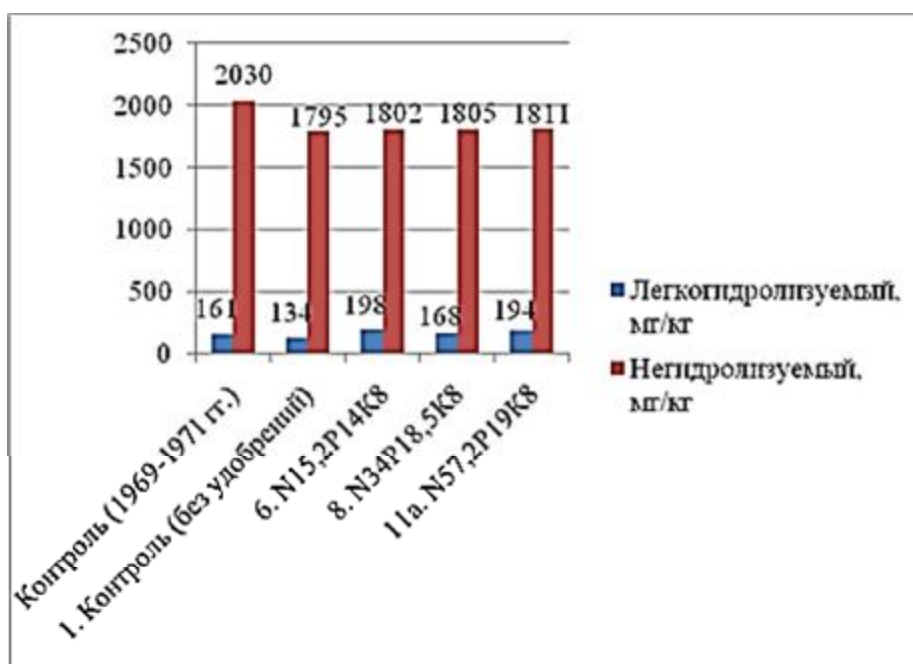


Рисунок 2 – Содержание гидролизуемых форм азота на черноземе южном по окончании 7 ротаций зернопарового севооборота (1969-2014гг.)

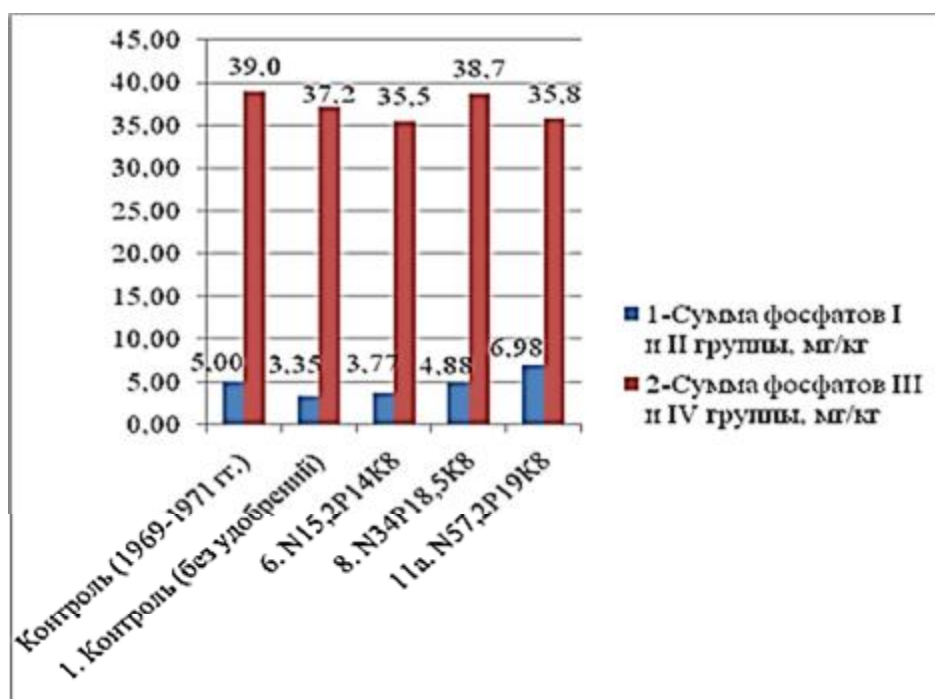


Рисунок 3 – Групповой состав фосфатов на черноземе южном по окончании 7 ротаций зернопарового севооборота (1969-2014гг.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. За 42 года наблюдений отмечено снижение содержания органического углерода на всех вариантах опыта. При внесении в составе минеральных удобрений N34-39 на 1 га севооборотной площади потери углерода были на 20-22 % ниже, чем в удобренной почве.

Увеличение дозы азота до N57 (т.е. выше его среднегодового выноса) активизировало процессы минерализации органического вещества почвы и его потери были на 60 % выше, чем на контрольном варианте.

2. К концу седьмой ротации зернопарового севооборота в черноземе южном наблюдалась убыль валового азота. При этом в удобренной почве снижалось содержание легкогидролизуемой фракции, а на удобренных вариантах – негидролизуемых форм азота.
3. За рассматриваемый период содержание валового фосфора изменялось незначительно. Только при внесении высоких доз фосфорных удобрений (P19 на 1 га севооборотной площади) резко увеличивались доли рыхлосвязанных фосфатов, а также фосфатов, связанных с алюминием и кальцием.
4. Несмотря на очень большой вынос калия из почвы с урожаем основной и побочной продукцией, его валовые запасы в черноземе южном остаются высокими и практически на исходном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гамзиков Г.П., Кулагина М.Н. Влияние длительного систематического применения удобрений на органическое вещество почв // Почвоведение. – 1990. - №4. – с. 57 – 67.
- [2] Багаутдинов Ф.Я. Гумусное состояние серой лесной почвы и чернозема типичного при внесении органических и минеральных удобрений // Агрохимия. – 1993. - №12. – с. 41 – 52.
- [3] Богданов Ф.М., Середа Н.А. Влияние различных систем удобрений на гумусное состояние и продуктивность чернозема типичного // Агрохимия. – 1998. - №4. – с. 18 – 24.
- [4] Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений // Агрохимия. – 1991. - №3. – с. 35 – 49.
- [5] Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
- [6] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Глава IV/59: ПЛОДОРОДИЕ ОРОШАЕМЫХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ РАВНИННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Chapter IV/59: Fertility of Irrigated Chernozem Soils in Plain Forest-Steppe Landscapes of Western Siberia

Василий Бойко*, Артем Тимохин

DOI 10.25680/1480.2018.19.58.324

*Эл. Почта: sibniish@bk.ru

ФГБНУ Сибирский НИИ сельского хозяйства, Омск, Россия

РЕЗЮМЕ. На стационаре в лесостепи Омского Прииртышья проводится изучение состояния плодородия длительно орошаемой лугово-черноземной почвы. Объекты исследования - почва, поливные и грунтовые воды. Сравнительный анализ агрофизических и химических свойств орошаемой длительно сезоннопромерзающей лугово-черноземной почвы в различные периоды лет показал, что она не вышла за пределы классификационных параметров, характерных для неорошаемых аналогов. Это является условием их дальнейшего интенсивного использования для производства высококачественных кормов. Сохранение плодородия при длительном орошении обеспечивается бобовыми и бобово-мятликовыми многолетними травостоями, если они занимают не менее 50-60% в структуре орошаемой пашни, при систематическом внесении фосфорсодержащих удобрений под все культуры севооборота и периодическом внесении органических удобрений. Азотные удобрения необходимы только под мятликовые культуры.

Abstract. The study about soil fertility of long-term irrigated Meadow-Chernozems is carried out in a stationary experiment located in the forest-steppe of the Irtysh lowland near the city of Omsk. Objects of the research are soil, irrigation and subsoil water. A comparative analysis of the agrophysical and chemical properties of irrigated long-seasonally frozen Meadow-Chernozem soil in different periods of years revealed no significant differences in comparison with non-irrigated soils. This is a condition for their further intensive use for the production of high-quality forage. Preservation of soil fertility during long-term irrigation is provided by perennial legumes and meadow grasses if they occupy not less than 50-60% in the structure of irrigated arable land, with systematic application of phosphorus fertilizers under all crops in the crop rotation and periodic application of organic fertilizers. Nitrogen fertilizers are necessary only for meadowgrass cultures.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Западная Сибирь, лесостепь, черноземы, орошение, плодородие, ландшафт

Keywords: Western Siberia, forest-steppe, Chernozem, irrigation, soil fertility, landscape

ВВЕДЕНИЕ

История развития оросительных мелиораций в Сибири свидетельствует о стремлении ученых различного профиля изучить и объяснить процессы, происходящие при мелиоративном воздействии на природный ландшафт.

Ввиду неустойчивости генетических свойств большинства сибирских черноземов в условиях орошения, учеными почвоведом региона сформулированы основные принципы водосберегающего черноземоохранного орошения. Речь идет о строго нормированной, ограниченной водоподаче и дополнительного типа увлажнения почв, соответствующего атмосферным осадкам хорошего года [1]. На стационаре в южной лесостепи Омского Прииртышья проводится изучение состояния плодородия длительно орошаемой лугово-черноземной почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория в южной лесостепи Омской области, на которой расположен опытный участок, площадью 36 га, относится к Приомской равнине, являющейся составной частью Барабинской неогеновой равнины.

Почва опытного стационара – лугово-черноземная, среднемощная, среднегумусная, тяжелосуглинистая с содержанием гумуса в слое 0-0,2 м около 7%, мощность гумусового горизонта «А» - 0,45 м. Реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная – $pH_{\text{водн.}}$ – 7,0-7,2.

Климат территории – типично континентальный. Сумма среднемесячных температур за период $>10^{\circ}\text{C}$ изменяется в пределах зоны орошения в среднем с 1900 до 2100°C . Сумма осадков за вегетационный период составляет 198 мм.

Организация полевых опытов, наблюдений, учетов и лабораторных анализов осуществлялась в соответствии с общепринятыми в земледелии и агрохимии методическими пособиями и указаниями. Это руководства для постановки полевых опытов и проведения полевых наблюдений [2, 3], статистической обработки опытных данных [4, 5], определения агрофизических свойств почвы [6, 7, 8], методик по химическому анализу почв [9], биологической активности почв [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивное использование пашни при оптимальном режиме орошения не вызвало негативных изменений агрофизических свойств. Плотность современной почвы в среднем по 8 полям севооборота стабилизировалась в слое 0-0,4 м на уровне 1,13-1,16 г/см³. Высоким остается количество почвенных агрегатов $> 0,25$ мм – 85-92% в слое 0-0,4 м в исходный период и 95-98% через 20 лет использования, в том числе водопрочных 47-60% и 63-68% соответственно.

Сумма поглощенных оснований на орошаемом массиве выше, чем на неорошаемом участке и находится на исходном уровне. Количество Na^{+} в слое 0-0,3 м не превышает 0,7-1,0% от суммы поглощенных оснований. За более чем 30-летний период не произошло существенного засоления двухметровой толщи почвенного профиля. Содержание солей уменьшилось с 0,074% (1976 г.) до 0,065% (2008 г.).

Внесение на первоначальном этапе повышенных доз азотных и фосфорных удобрений, наличие в севообороте донника, люцерны, сохраняет содержание гумуса на исходном уровне. При длительном применении умеренного уровня химизации (содержание гумуса в слое 0-0,4 м

снизилось на 0,16 и 0,31% и составило 6,18 и 6,23%, что является следствием минерализационных процессов на фоне высокой биологической активности. Тип гумуса остался неизменным и характеризуется как устойчиво гуматный.

Включение в севооборот козлятника восточного благоприятно влияет на биологическую активность почвы в сравнении с мятликовой культурой (кострец безостый). Длительное использование умеренных доз азотных и фосфорных удобрений повышало суммарную биологическую активность почвы на 12-20% в сравнении с фоном без удобрений.

При интенсивном использовании орошаемой пашни отмечается низкое содержание нитратного азота в почве во все периоды вегетации растений и повышение продуктивности возможно за счет увеличения круговорота азота агротехническими приемами, расширения посевов многолетних бобовых трав и внесения азотных удобрений под мятликовые и капустные культуры с учетом экологических ограничений. Мобилизация почвенного азота в интенсивных звеньях однолетних кормовых культур составляет около 100 кг/га. Общий вынос азота люцерной достигает 300 кг/га, что в три раза выше в сравнении с максимальным выносом его кострецом безостым на аналогичном фоне.

Важное значение для процессов почвообразования, особенно в орошаемых условиях, имеет критическая глубина залегания грунтовых вод (ГВ) – глубина, ниже которой не происходит вторичное засоление почв, а капиллярная кайма не достигает корнеобитаемого слоя почвы. По данным [11], критическая глубина залегания грунтовых вод на исследуемой территории составляет около 1,7 м. По данным А.М. Шкарубы [12] этот показатель составил около 1,9 м. На этих глубинах достигается равновесие между расходом капиллярной влаги на испарение, десукцию и скоростью капиллярного притока из грунтовой воды. Для условий Барабинской равнины суммарное количество осадков и оросительная норма не должны превышать 300 – 350 мм за вегетацию, с тем, чтобы не вызывать необратимых изменений УГВ орошаемой и прилегающей к ней территории.

Проведенные наблюдения за уровнем грунтовых вод на территории орошаемого стационара, всей Пушкинской ОС с 1977 по 2016 гг. показали, что за период сравнительно влажных лет (1978 – 1985 гг.) грунтовые воды поднялись с 4,27 до 2,75 м, прирост по типичным скважинам составил 1,52 м и 0,22 м в год. Одновременно на неорошаемом участке гидрометеослужбы (ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», скв. 81) среднегодовой подъем был аналогичным орошаемому участку – 0,28 м в год при исходном стоянии их 4,22 м (Рисунок 1).

Слабый подъем их уровня в засушливый период лет, когда оросительные нормы, как правило, выше, чем во влажные годы, может свидетельствовать о том, что подъем грунтовых вод в 1976 – 1980 гг. во многом был обусловлен особенностями погодных условий.

В последующие 20 лет (1985 – 2005 гг.) УГВ также был подвержен сезонной динамике, особенно на богарном участке, когда он поднимался весной 1986 г. до 1,43 м и опускался осенью того же года до 2,48 м. Аналогичные амплитуды колебаний происходили в 2003 – 2005 гг., когда предшествующий и указанные годы были повышено увлажненными и опускался в 2000 г. до 3,52 м весной и 3,76 м осенью после серии засушливых лет (1997 – 1999 гг.). В большинстве лет он поднимался весной до 2,07 – 2,65 м и опускался осенью до 2,67 – 3,48 м. В неполивных условиях в среднем за 21 год УГВ составил 2,17 м весной и 3 м осенью, то есть сезонная динамика существенна.

В условиях орошаемого стационара за аналогичный период наиболее высоко уровень грунтовых вод устанавливался в 1986, 1993, 1994 гг. – 2,40 – 2,55 м осенью, в эти же годы количество осадков за май – август составило 264 – 322 мм при среднемноголетних значениях 197 мм. Высоким УГВ был в 2001 – 2005 гг. – 1,86 – 2,62 м весной и 2,22 – 2,95 м осенью, что также согласуется с повышенным увлажнением в эти годы – 405 – 506 мм за сельскохозяйственный год (с сентября по август) за исключением сезона 2003 – 2004 гг., когда выпало 335 мм при среднемноголетних значениях 366 мм.

Последующие 8 лет (2008-2012 гг.) наметилась устойчивая тенденция снижения уровня грунтовых вод на орошаемом стационаре. Осенью эти показатели составляли 2,88-3,91 м. особенно это заметно в засушливом 2012 г., после которого был период более влажных лет и уровень грунтовых вод повысился до 2,99-3,62 м. В аналогичные годы показатели в наблюдательной скважине на метеостанции говорят о более высоком уровне грунтовых вод – 2,33-3,08 м в осенний период.

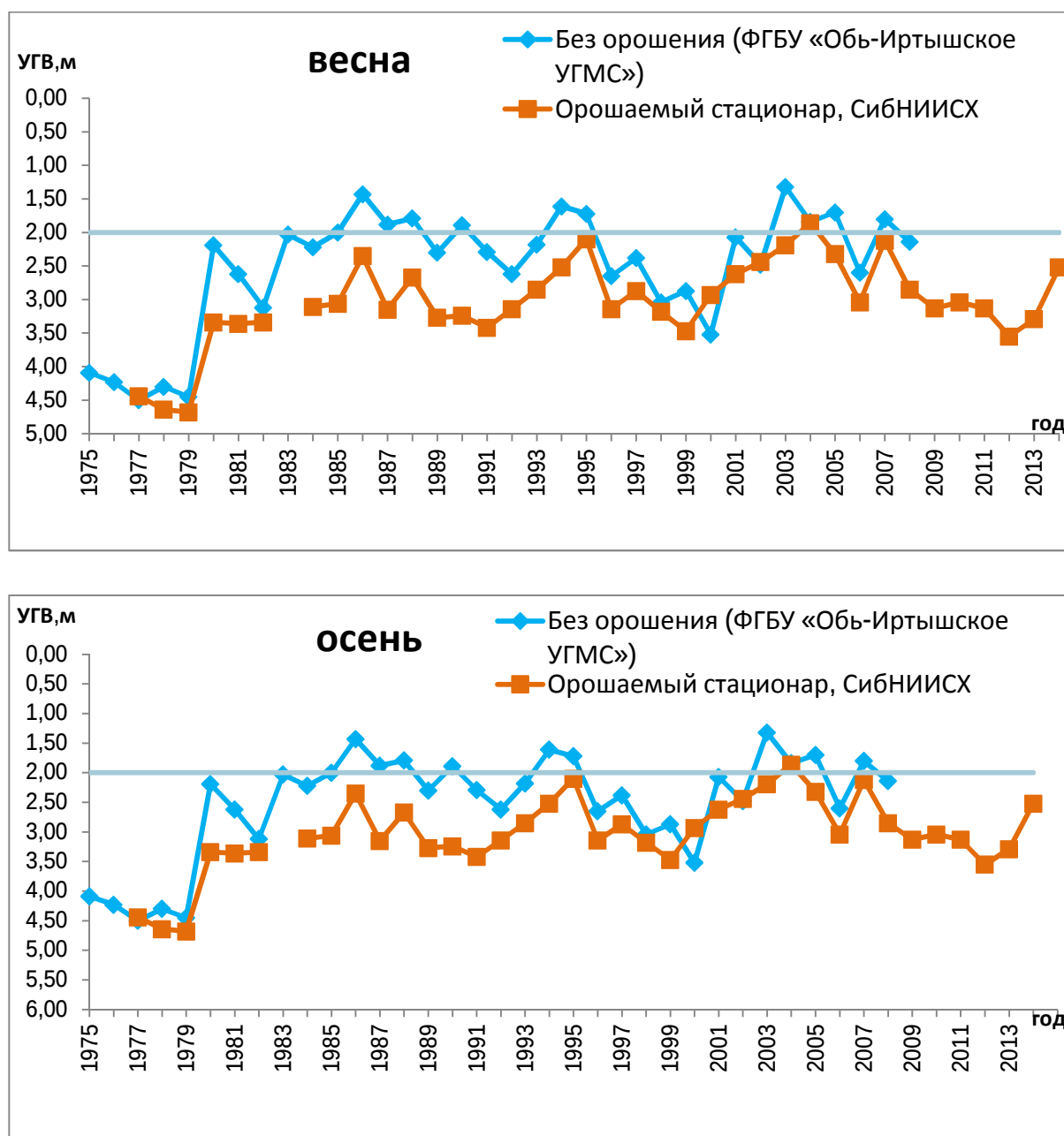


Рисунок 1 – Динамика уровня грунтовых вод, м

В целом, динамика УГВ в течение вегетационного периода выражена слабее, чем на богарном участке, при более низком уровне весной – в среднем 2,80 и 2,94 м осенью. Возможно, это является следствием интенсивного расхода влаги вегетирующими растениями, которые в условиях орошаемого земледелия более полно используют термические ресурсы климата, вегетируя, особенно кормовые, с мая по сентябрь. Подтверждением довольно тесной связи УГВ с осадками конкретного года является коэффициент корреляции (r). На богаре отрицательная связь выразилась в значении $r = -0,60$ как для весенних, так и для осенних значений УГВ. В условиях орошаемого стационара отрицательная связь была еще теснее $r = -0,69$ и $-0,75$ соответственно. Понятно, что на связь между осадками конкретного периода и УГВ накладывается и масса других факторов, однако довольно высокие значения r говорят сами за себя. Определенное влияние на мелиоративную обстановку накладывает и происходящее в данный период изменение гидрологического режима Барабы, в рамках современного природного цикла. Минерализация грунтовых вод за многолетний период изменялась слабо. Сумма солей в начале использования орошаемого стационара в среднем по 15 временным скважинам составляла 1 г/л с рН – 8,08.

В последующие периоды она то снижалась в 1985 г. до 0,71 г/л, затем снова была на уровне 1,075 г/л в 1991 г. и в последующие годы наблюдений (2003 – 2016 гг.) изменялась от 0,666 до 0,962 г/л при pH 7,80-8,49. Содержание аниона HCO_3^- , от которого зависит общая щелочность среды, изменялось в пределах – от 10,29 мг-экв/л в 1976 г. до 5,71-9,02 мг-экв/л в последующие периоды наблюдений.

Содержание анионов Cl^- и SO_4^{2-} изменялось незначительно – Cl^- – 1,029 мг-экв/л в 1976 г. и 0,56-1,41 мг-экв/л в последующие годы, а SO_4^{2-} изменялось от 3,04 в исходном состоянии до 1,10-4,67 мг-экв/л в последующие четыре десятилетия. Существенно снизилось содержание Na^+ , но увеличилось содержание Mg^{++} с 2,70 до 3,12-5,93 мг-экв/л. Содержание Ca^{++} более стабильно во времени, изменяясь от 2,27 до 3,83 мг-экв/л при содержании в начальный период наблюдений 2,67 мг-экв/л.

Таким образом, за счет формирования режима орошения в соответствии с влажностью почвы не отмечено наложения поливных вод на грунтовые воды и существенного влияния на их минерализацию и химический состав, которые изменялись за большой период лет в пределах своих естественных значений. Накопительного характера в содержании отдельных ионов солей в ГВ не отмечено, как и увеличения минерализации в целом за 1976 – 2016 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сравнительный анализ агрофизических и химических свойств орошаемой длительно сезоннопромерзающей лугово-черноземной почвы в различные периоды лет показал, что она не вышла за пределы классификационных параметров, характерных для неорошаемых аналогов. Это является условием их дальнейшего интенсивного использования для производства высококачественных кормов.
2. Сохранение плодородия при длительном орошении обеспечивается бобовыми и бобово-мятликовыми многолетними травостоями, если они занимают не менее 50-60% в структуре орошаемой пашни, при систематическом внесении фосфорсодержащих удобрений под все культуры севооборота и периодическом внесении органических удобрений. Азотные удобрения необходимы только под мятликовые культуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Черноземы: свойства и особенности орошения / В.П.Панфилов [и др.]. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. - 256 с.
- [2] Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1979. - 416 с.
- [3] Опытное дело в полеводстве / сост. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. - 190 с.
- [4] Роктанен Л.С. О математической обработке многолетних опытных данных / Л.С. Роктанен, В.П. Томилов // Вестник с.-х. науки Казахстана. - 1975. - № 7. - С. 83-87.
- [5] Литтл Т. М. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / Т.М. Литтл, Ф.Дж. Хиллз. - М.: Колос, 1981. - 320 с.
- [6] Качинский Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. - М.: Высш. шк., 1965. - Ч. I. - 323 с.
- [7] Качинский Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. - М.: Высшая школа, 1970. - Ч. II. Водно-физические свойства и режимы почв. - 358 с.
- [8] Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. - М.: Высшая школа, 1973. - 399 с.
- [9] Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. - М.: Изд-во МГУ, 1970. - 487 с.
- [10] Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.С. Звягинцева. - М.: МГУ, 1980. - 223 с.
- [11] Базилевич Н.И. Типы засоления природных вод и почв Барабинской низменности / Н.И. Базилевич // Труды/ Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. - 1953. - Т. 36. - С. 172-433.
- [12] Шкаруба А.М. Почвенно-экологические аспекты орошения Барабы / А.М. Шкаруба. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. - 240 с.

**Глава IV/60: ХИМИЗАЦИЯ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ
ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО
НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ**

**Chapter IV/60: Resource-Saving Application of Agrochemistry in Cropping Systems on
Sod-Podzolic Loamy Soils of the Central Non-Chernozem Zone of Russia**

Галина И. Ваулина*, Аллахверди М. Алиев

DOI 10.25680/2312.2018.80.16.325

*Эл. Почта: yaulina-43@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, ул. Прянишникова
31а, 127550 Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Показано, что при длительном применении средств химизации в зависимости от интенсификации севооборота на дерново-подзолистой суглинистой почве с высокой обеспеченностью P_2O_5 и K_2O , сильной засоренностью и пораженностью растений болезнями применение высоких доз удобрений (N90-135P60K120) в технологиях возделывания озимой пшеницы в севообороте убыточно. Исследованиями в опыте СИ-11/94 доказано, что сочетание доз азота на фоне P60K120 с интегрированной системой защиты растений обеспечивает получение 75-88 ц/га зерна озимой пшеницы высокого качества, при высокой окупаемости азотных удобрений (35-48%) и высокой рентабельности общих затрат. Рациональная, научно-обоснованная система средств химизации не только обеспечивает эффективный рост урожайности, улучшает качество продукции, но также создает условия, предотвращающие загрязнение окружающей среды [1,2,3,8].

Abstract. In the chapter is shown that under conditions of long-term application of agrochemicals depending on the intensification of the crop rotation on soddy-podzolic loamy soil of high P_2O_5 and K_2O status, heavy infestation and disease affection of plants, application of high doses of fertilizers (N90-135P60K120) in technologies of growing winter wheat is unprofitable. Results of the field trial SI-11/94 revealed that the combination of reduced nitrogen doses with P60K120 and with integrated plant protection ensures 7.5-8.8 tonnes/ha grain of winter wheat of high quality, high payback of nitrogen fertilizers (35-48%) and high profitability of the total costs. A rational, science-based system of agrochemicals does not only provide effective productivity and improved product quality, but also prevents environmental pollution[1, 2, 3, 8].

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эффективность, озимая пшеница, севооборот, ротация, погодные условия, средства химизации, минеральные удобрения, средства защиты растений, гербициды, ретарданты, фунгициды, агрохимические свойства почвы, окупаемость 1 кг N прибавкой зерна

Keywords: efficiency, winter wheat, crop rotation, rotation, weather conditions, tools, chemicals, fertilizers, plant protection products, herbicides, fungicides, apply retardants agrochemical soil properties, payback 1 kg N high grain

ВВЕДЕНИЕ

В Центральной Нечерноземной зоне среди зерновых культур озимая пшеница отличается наибольшей урожайностью и среди хозяйственников пользуется популярностью. Под озимой пшеницей занято около 25% посевных площадей, что обеспечивает до 30% валового сбора зерна. Ячмень и кукуруза (особенно на зерно) также являются ценными культурами для формирования кормовой базы.

По своим климатическим условиям, обеспеченности водой и теплом Центральная Нечерноземная зона вполне пригодна для получения высоких урожаев озимой пшеницы достаточно хорошего качества. Однако, естественное плодородие почвы и фитосанитарное состояние агроценозов зоны весьма неблагоприятны для достижения высокой урожайности. Особенно это относится к дерново-подзолистым почвам, которые занимают основную территорию зоны. Они обладают повышенной кислотностью и низкой обеспеченностью гумусом и питательными элементами, в посевах распространены многочисленные виды болезней, вредителей и сорных растений.

Научными исследованиями и производственными испытаниями разработаны основные агротехнические и химические приемы, которые способствуют значительному повышению плодородия таких почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Целью данной работы является оптимизация азотного питания растений и улучшение фитосанитарного состояния посевов и на этой основе получение высоких и стабильных урожаев хорошего качества культур шестипольного севооборота (вико-овес+ мн. травы, мн. травы 1 г.п., мн. травы 2 г.п., озимая пшеница, кукуруза на з/к, ячмень) при одновременном улучшении экономических показателей производства продукции и защиты окружающей среды от негативных воздействий с учетом погодных условий периода вегетации. По результатам исследований на трех полях опыта в натуре четырех ротаций севооборота (1994-2016гг.) на дерново-подзолистой суглинистой почве в условиях ЦРНЗ на основе почвенно-растительной диагностики разработаны оптимальные сочетания доз применения азотных удобрений в зависимости от системы защиты растений. Применение смеси пестицидов по интегрированной системе защиты, включающей протравливание семян перед посевом, гербициды, фунгициды на 80-95% снижает засоренность посева и на 35-80 % снижает развитие мучнистой росы, на 17-50% септориоза листьев, на 76-100% пораженность корневыми гнилями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт СИ-11/94 заложен в Центральном экономическом районе, Московской области. Природно-климатическая зона - южная тайга, рельеф опытного участка склон – северо-восточная экспозиция, крутизна склона 1-4°, среднегодовое количество осадков 607 мм, температура воздуха +3,5°C.

Исследования в опыте СИ-11/94 показывают, что среди всех агротехнических мероприятий особое место отводится химизации земледелия, за счет которой обеспечивается более 50% прироста урожайности. Для окультуривания почв и ликвидации повышенной кислотности необходимо проведение прежде всего известкования почв, а также внесение достаточного количества удобрений и включение в севооборот бобово-злаковых трав, способствующих обогащению почвы недостающим азотом, а также следует использовать интегрированную систему защиты растений против болезней, вредителей, сорняков и полегания растений в зависимости от сложившейся конкретной ситуации фитосанитарного состояния агроценоза. Агрохимическая характеристика: почва под опытом дерново-подзолистая окультуренная, имеющая рН_{сол}- 6,0-6,3; содержание подвижных форм фосфора и калия – 10-17, 15-20 мг/100г почвы, соответственно, содержание гумуса по Тюрину – 1,95-2,10%, плотность почвы пахотного горизонта – 1,30-1,35 г/см³.

Количество продуктивной влаги для растений в условиях Московской области в оптимальные по увлажнению годы находится в пределах 385-455 мм или 3850- 4550 т/га. Однако, ряд лет (например 1999 г.) выделялись засушливыми условиями периода активного роста растений, урожай пшеницы составил всего 3-10 ц/га, а в 1981 – остро- засушливом всего периода вегетации, сумма осадков за май-август составила всего 61,0 мм, урожай не превысил 20-25 ц/га. Фотографии вариантов в приложении.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследования по изучению влияния запасов азота в почве (слой 0-80 см) на уровень урожайности озимой пшеницы показали, что на дерново-подзолистых тяжелых суглинистых почвах потери азота ниже корнеобитаемого слоя незначительны. Включение в севооборот многолетних трав (80% клевер+20% тимopheевка) позволяют накапливать в почве осенью к посеву озимой пшеницы в слое 0-80 см до 80-150 кг/га минерального азота.

Такие запасы азота в почве способны обеспечить получение 50-55 ц/га зерна без дополнительного внесения азота удобрений. Запасы минерального азота (N_{мин}) в слое 0-60 см по отношению к слою 0-80 см составляют весной при возобновлении вегетации 73-82%, к периоду полной спелости 78-87% (данные 1984-1992г). Период активной вегетации озимой пшеницы (от начала весеннего отрастания до полного созревания) по данным наших исследований 1969-2015гг составляет 105-150 дней, сумма осадков за этот период находится в пределах 268-564 мм, сумма активных температур 1760-2350 °C , гидротермический коэффициент (ГТК) к полному созреванию составляет 1,10 – 1,76.

Установлено, что наиболее высокая эффективность азотных удобрений на фоне РК на всех культурах севооборота получена по оптимальным дозам азота и интегрированной системе ХСЗР. Уровень урожайности в оптимальные по погодным условиям годы по озимой пшенице составил 81,5-87,7 ц/га, ячменя 70-79 ц/га, зеленой массы кукурузы 885-916 ц/га, сена многолетних трав 135-155 ц/га [1,4,6,8].

Таблица 1. Окупаемость 1 кг азота прибавкой урожая зерна ячменя, сорт Эльф и озимой пшеницы, сорт Московская 39. Опыт СИ-11 ВНИИА

Система защиты	Доза азота по фону Р60К120	Озимая пшеница					
		2008			2015		
		Урожай, ц/га	Прибавка от N, ц/га	Окупаемость 1 кг N, кг зерна	Урожай, ц/га	Прибавка от N, ц/га	Окупаемость 1 кг N, кг зерна
Без защиты (B0)	N0	40,6	-	-	53,0	-	-
	N45	53,5	12,9	28,7	65,5	12,0	26,7
	N90	45,9	5,3	5,9	62,9	9,9	11,0
	N135	45,3	4,7	3,5	60,6	7,6	5,6
Минимальная (B1)	N0	57,2	-	-	61,8	-	-
	N45	68,7	11,5	25,5	75,4	13,6	30,2
	N90	67,8	10,6	11,8	73,4	11,6	12,9
	N135	61,4	4,2	3,1	68,8	7,0	5,2
Интегрированная (B2)	N0	61,5	-	-	65,5	-	-
	N45	75,4	13,9	30,9	87,7	22,2	48,9
	N90	86,6	25,1	27,9	80,7	15,2	16,9
	N135	77,5	16,1	11,9	72,5	7,0	5,2
Стандартная (B3)	N0	55,1	-	-	66,4	-	-
	N45	69,0	13,9	30,9	81,5	15,1	33,6
	N90	76,2	21,1	23,3	76,4	10,0	11,1
	N135	79,1	24,0	17,8	73,1	6,7	5,0

Примечание: B0 – без защиты, B1 – минимальная защита растений (протравливание семян препаратом байтан универсал, доза 2 кг/т + гербициды (диален, доза 1,2л/га + лонтрел, доза 0,3 л/га), B2 – интегрированная система защиты растений с учетом порогов вредоносности (гербициды + фунгициды (тилт, доза 0,5 л/га)– 1-я обработка в фазу кущения и 2-я обработка в фазу колошения), B3 – стандартная система защиты растений, разработанная на ЦОС ВНИИА.

Окупаемость 1 кг азотных удобрений составила 47-48 кг зерна ячменя при внесении азота в дозе 45 кг, 23-27 кг по дозе N90 и 17-20 кг по N135. По озимой пшенице эти показатели, соответственно, составили 30,2-48,9; 11,1-16,9 и 5,0-5,6 кг.

В 2008 году окупаемость 1кг азота составила по дозе N45 – 25,5-30,9, по N90 - 11,8-27,9, по N135 – 11,9-17,8 кг (табл1). На основании длительных исследований в опыте нами установлено, что наиболее высокая эффективность минеральных удобрений, особенно азотных, отмечается при совместном применении удобрений и средств защиты растений и соответственно высокая эффективность ХСЗР получается только на фоне минеральных удобрений (рис.1, 2, фото 1-4) [5,7].

Экспериментальные данные по урожайности культур в данном севообороте показывают, что при включении в севооборот многолетних трав (80% клевера + 20% тимopheевки) в почве накапливается достаточное количество биологически активного азота, что дает возможность получать хорошие урожаи даже на контроле без применения минеральных удобрений (озимой пшеницы 40-55 ц/га, ячменя – 40-45 ц/га). Применение интегрированной системы защиты растений повышает эти показатели на 10-20 ц/га. При совместном применении азотных удобрений и средств защиты растений урожайность увеличивается в 1,7-2,0 раза (табл.1).

Наблюдения за разложением льняного полотна в пахотном горизонте на опыте и посев сидеральной культуры (горчицы белой) после уборки пшеницы и ячменя показывают, что применение средств химизации в оптимальных дозах не влияет отрицательно на биологическую активность почвенной микрофлоры и не влияет негативно на окружающую среду.

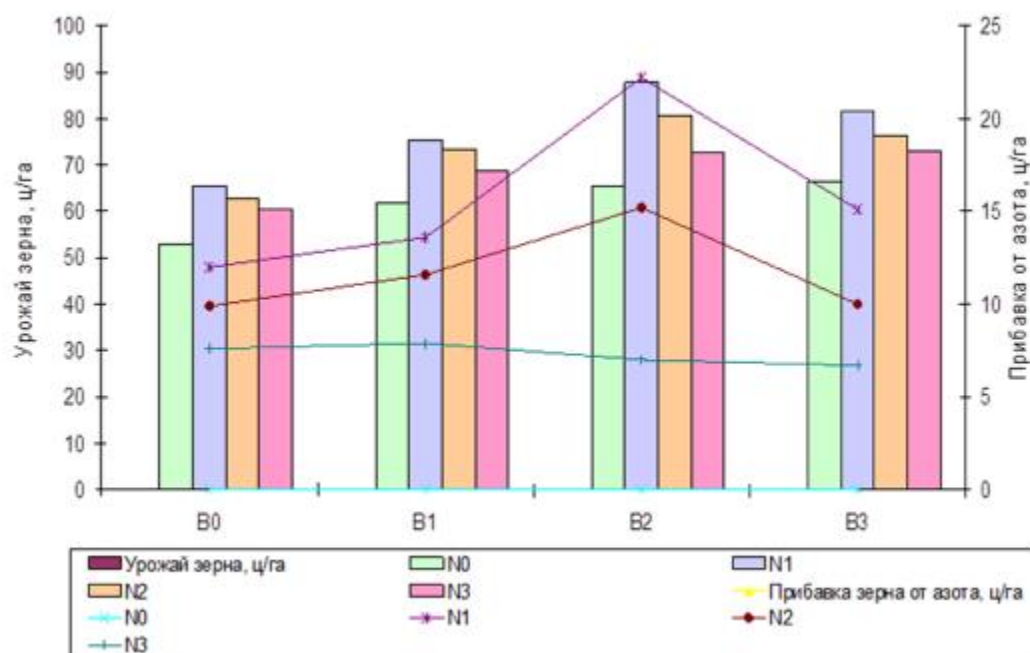


Рисунок 1 - Влияние средств химизации на урожай зерна озимой пшеницы, ц/га. Опыт СИ- 11 ВНИИА

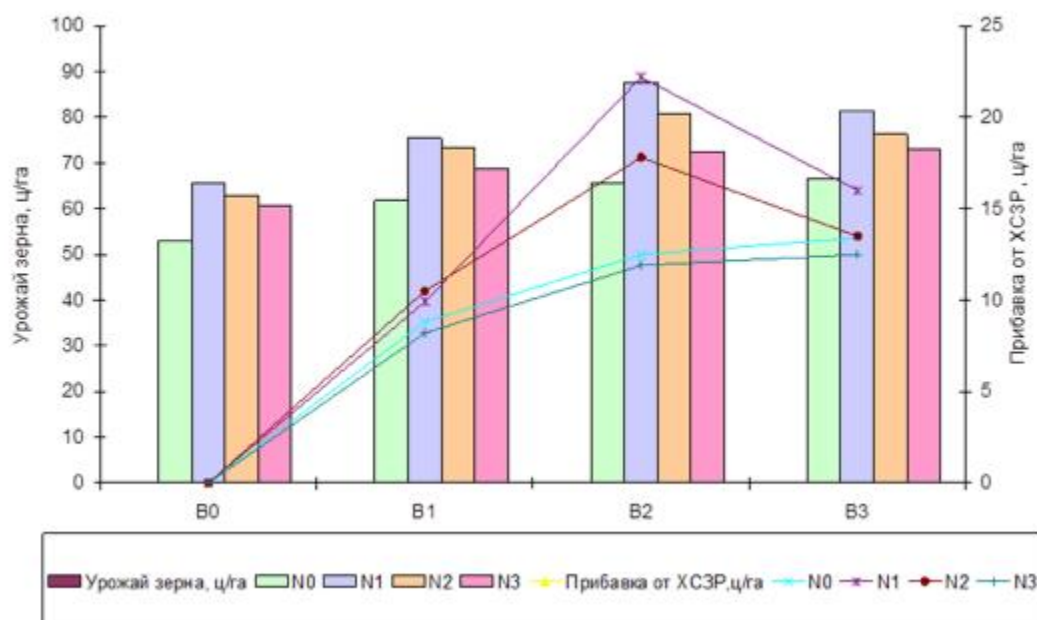


Рисунок 2 - Влияние минерального удобрения на урожай зерна озимой пшеницы, ц/га. Опыт СИ- 11 ВНИИА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Включение в опыт СИ-11 в севооборот многолетних бобово-злаковых трав, имеющих мощную корневую систему, проникающую на глубину до 60-80 см, которые при разложении в почве обеспечивают накопление осенью к моменту посева озимой пшеницы минерального азота в корнеобитаемом слое 80-150 кг/га. По результатам многолетних наблюдений такого количества минерального азота почвы достаточно для формирования 50-55 ц/га без дополнительного азота минеральных удобрений.
2. При соблюдении интенсивных приемов агротехники для получения урожайности озимой пшеницы 75-80 ц/га необходимо применение азота удобрений в дозе 45-90 кг/га.
3. Для получения наибольшей эффективности минеральных удобрений необходимо комплексное применение минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Применение 45-90 кг/га азота по фону Р60К120 по интегрированной системе защиты растений обеспечивает получение 75-88 ц/га зерна озимой пшеницы высокого качества (содержание белка 13,5-14,5%, клейковины до 36%, выравненность зерна 96-99%), не принося вреда окружающей среде, о чем свидетельствуют наблюдения за разложением льняного полотна в пахотном слое почвы и посев индикаторной культуры (горчицы белой) после уборки озимой пшеницы. Окупаемость 1 кг азота прибавкой зерна по интегрированной системе защиты растений составляет по N45 31-48 кг/кг, по N90 – 17-25 кг/кг.

ПРИЛОЖЕНИЕ



Фото 1. Опыт СИ-11, 2008 г. Сорт Московская 39, интегрированная защита (В2) вар. Р60К120



Фото 2. Опыт ИД-2, 2008г. Сорт Пемпинговская 24 урожай 88,1 ц/га в вар. Р60К120N90



Фото 3. Оп. СИ-11 2017г. слева вариант с интегрированной защитой (В2) справа без защиты(В0)



Фото 4. Оп. СИ-11 2008г. вар. N135, без защиты (В0)



Фото 5. Производственно-демонстрационные и полевые опыты на Центральной опытной станции ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» (Московская обл., г. Домодедово, микрорайон Барыбино) <http://www.vniia-pr.ru/news/13jul16.htm>

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Ваулина Г.И., Алиев А.М. Разработка эффективных блоков химизации в полевом севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве Центральных районов Нечерноземной зоны Российской Федерации //Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями в Российской Федерации//. М.; 2012, вып. 2, с 68-87.
- [2]Алиев А.М., Ваулина Г.И. и др. Энергетическая эффективность технологий возделывания ячменя в шести ротациях севооборота многолетнего стационара// Плодородие, 2013, №5, с. 29-32.
- [3]Алиев А.М., Сычев В.Г., Ваулина Г.И., Самойлов Л.Н. Научные основы комплексного применения средств химизации и экологические аспекты интенсивного земледелия. М.: ВНИИА, 2013, 196с.
- [4]Варламов В.А., Алиев А.М., Кирпичников Н.А., Ваулин А.В., Ваулина Г.И. Регулирование плодородия дерново-подзолистых суглинистых почв в длительных полевых опытах ЦОС ВНИИА (к 80-летию ВНИИА) Инновационные решения регулирования плодородия почв с.-х. угодий. М.ВНИИА, 2011, стр. 144-161
- [5]Шафран С.А., Прошкин В.А., Ваулина Г.И., Козенчева Е.С. Влияние агрохимических свойств почв на окупаемость азотных удобрений. Агрохимия, 2010, №8, стр.15-23
- [6]Ваулина Г.И. Алиев А.М. Баланс питательных веществ в полевом севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве ЦРНЗ РФ. Сб. ВНИИА Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями РФ, вып.2, 2012, стр. 68-88
- [7]Ваулина Г.И., Алиев А.М. Роль средств химизации в энергосберегающих агротехнологиях производства сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистых суглинистых почвах Центрального Нечерноземья.Сборник Материалы «Всероссийского совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями «75 лет Географической сети опытов с удобрениями» 6 октября 2016г.М. ВНИИА, 2016г. 348 с. (стр.38-53)
- [8]Ваулина Г.И. Алиев А.М. Разработка эффективных блоков химизации в полевом севообороте на дерново-подзолистой суглинистой почве ЦРНЗ РФ. Сб. ВНИИА Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями РФ, вып.2, 2012, стр. 88-112.

**Глава IV/61: ВЛИЯНИЕ ЛАНДШАФТА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО
СТОКА ТАЛЫХ ВОД В ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**
**Chapter IV/61: Influence of the Landscape on the Formation of Melt Water Surface Runoff in the
Forest-Steppe of the Central Non-Chernozem Zone**
Анатолий И. Петелько

DOI 10.25680/7710.2018.38.49.326

Эл. Почта: zaglos@mail.ru

Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Мценск, Орловская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. В статье приводятся многолетние научные материалы в адаптивно-ландшафтном земледелии. Анализируется влияние различных противоэрозионных приёмов на формирование весеннего стока талых вод, в частности, влияние контурной лесополосы разной конструкции (на полевом стационарном опыте в 1926 г. посажена однорядная контурная стокорегулирующая лесная полоса из дуба) на природные факторы (снегоотложение, промерзание и влажность почвы), на водопоглощение, сток и смыв почвы. За основу был принят балансовый метод с применением стоковых площадок, обеспечивающий высокую точность результатов. Проведённые исследования показали, что роль защитных лесных насаждений недостаточна, если они расположены прямолинейно, без учёта рельефа местности. Мелиоративная эффективность системы лесополос может быть повышена, если они размещаются по горизонталям.

Abstract. In the chapter some long-term scientific material in landscape- adapted agriculture is presented. The influence of various anti-erosion methods on the formation of the spring runoff of meltwater is analyzed, in particular, the influence of a contour forest belt of different design (in a stationary field experiment in 1926 a single-row contour discharge-regulating forest belt of oak) on natural factors (snow, freezing and moisture of the soil), on water absorption, runoff and flushing of soil. The balance method was used as a basis with the use of stock areas, which ensures high accuracy of the results. The research has shown that the function of protective forest plantations is insufficient, if they are located rectangularly, without taking into account the terrain. The meliorative efficiency of the forest belts system can be increased if they are placed horizontally.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: почва, эрозия, конструкция лесополос, контурная стокорегулирующая однорядная лесополоса, зяблевая вспашка, снегоотложение, промерзание и влажность почвы, водопоглощение, снегозапасы, сток талых вод.

Keywords: soil, erosion, construction of forest belts, contour discharge-regulating single-row forest belt, autumn plowing, snow, freezing and soil moisture, water absorption, snow reserves, drainage of meltwater.

ВВЕДЕНИЕ

Современное интенсивное земледелие на склонах немыслимо без защиты почвы от водной эрозии и повышения продуктивности эродированных земель. Охрана почв от эрозий - одна из главных проблем природопользования. Актуальность её возрастает в связи со всё более интенсивным использованием старопахотных земель, вовлечением в сельскохозяйственный оборот ранее малопригодных размытых земель.

Для успешной защиты почв от смыва и разлива необходимо познать закономерности эрозионных процессов, изучить особенности их проявления в зависимости от совокупности определяющих природных факторов.

На Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции с 1921 года проводятся разносторонние исследования процессов эрозии и испытание противоэрозионных приёмов. К настоящему времени накоплен значительный научный материал, характеризующий эффективность комплекса противоэрозионных мероприятий.

Используя традиционные методы и средства научных исследований, мы перешли на постановку стационарных многофакторных опытов, позволяющих получать наиболее полную и эффективную характеристику зависимости изучаемых природных факторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научный объект заложен на склоне ЗЮЗ экспозиции, крутизной от 1,5о в верхней и до 3,5о в нижней части склона. Пять однорядных дубовых (10Д) контурных стокорегулирующих лесных полос размещены через 100 м вдоль горизонталей (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Научный объект агроландшафта с системой контурных стокорегулирующих лесных полос из дуба

Почвы опытного участка смытые серые лесные тяжелосуглинистые. По данным агрохимика Н.Е. Петелько, в слое 0-30 см содержание гумуса невысокое и в среднем составляет 2,1-2,6%. Реакция почвенной среды слабо- и среднекислая. На опытном участке каждый год осенью закладываются стоковые площадки размером 20х100 м.

Задачей научных исследований является изучение стока талых вод, смыва почвы и других процессов на различных ландшафтах с целью усовершенствования мероприятий по его регулированию и защите почв от водной эрозии, обеспечивающих повышение почвенного плодородия. Для выполнения программных вопросов были изучены на разных агрофонах снегоотложение, промерзание и сток талых вод, смыв почвы, оттаивание её, влажность, также проводились другие сопутствующие наблюдения. Выполнение задания проводилось согласно составленной программе и методике под руководством доктора с.-х. наук А.Т. Барабанова. Исследовалось комплексное влияние контурных однорядных стокорегулирующих лесополос на природные факторы на различных агрофонах и без них (контроль).

В своих исследованиях был использован метод стоковых площадок и труды Г.П. Сурмача [1, 2], Е.А. Гаршинёва [3], А.Т. Барабанова [4], А.И. Петелько [5] и др.

Снегомерная съёмка на многофакторном опыте производилась на стоковых площадках по двум профилям через 2 м в пятикратной повторности. Плотность снега определялась весовым снегомером ВС-43 на каждой стоковой площадке в шести точках, повторность – двукратная. Запасы воды в снеге (Q) вычисляли по формуле $Q=10Nd$, где N – высота снежного покрова, см; d – плотность снега, г/см³. Перед снеготаянием были отобраны почвенные образцы на влажность – по наличию кристаллов льда в них определялась глубина промерзания почвы. Замеры воды на пороге водослива проводили линейкой с миллиметровыми делениями через каждый час. При наблюдении за оттаиванием почвы использовалась металлическая шпилька с делениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Защита почвы от эрозии и охрана окружающей среды от загрязнения является одной из самых важнейших проблем в мире. Наши исследования по охране почв являются актуальными. В многофакторном опыте в контурной стокорегулирующей полосе из дуба были заложены различные конструкции: плотная, продуваемая и комбинированная. Продуваемые лесополосы (крупные просветы между стволами и практически без просветов в кронах) обеспечивают, в основном, равномерное распределение снега на полях, но он выдувается из самих полос, и почва глубоко промерзает.

Лесополосы ажурной конструкции (мелкие просветы по всему профилю) занимают промежуточное положение по характеру снегоотложения, но не обеспечивают нужного снежного покрова и не предохраняют почву от промерзания.

А.Т. Барабанов предложил новый способ воздействия на снегоотложение, который обеспечивает предохранение почвы от глубокого промерзания. Суть его заключается в том, что создаётся профиль лесной полосы по продуваемости: в нижней части примерно до 50 см от земли она

должна быть плотной, выше, до 1,5-2 м – продуваемой (без сучьев), а ещё выше – ажурной или плотной.

Плотная конструкция в нижней части создаётся из низкорослого кустарника или подрезного высокорослого. Лесополоса такой комбинированной конструкции будет работать следующим образом: при первом же снегоотложении в ней будет откладываться снег и предохранять почву от промерзания. После накопления снега до 50 см (этого достаточно для полного предотвращения почвы от промерзания) он будет хорошо продуваться и откладываться в поле. Схема полевого опыта на стоковых площадках:

1. Зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса продуваемой конструкции с мульчей соломы.
2. Зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса продуваемой конструкции.
3. Зяблевая вспашка (контроль).
4. Зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса плотной конструкции.
5. Зяблевая вспашка + контурная лесная полоса комбинированной конструкции.
6. Зяблевая вспашка (контроль).

Многолетние наблюдения показали, что на снегоотложение оказывает влияние агрофон, вид угодья, элементы рельефа и другие факторы. В холодный период происходит перераспределение снега во время ветров и метелей. Направление ветров менялось в широких пределах. Контурные стокорегулирующие лесные полосы способствовали накоплению и сохранению снега в межполосных пространствах. Перед весенним снеготаянием на опыте средняя высота снега за 13 лет на разных вариантах колебалась от 17 до 33 см.

В лесной полосе продуваемой конструкции происходило выдувание снега, и в среднем высота снежного покрова составила 17 см. В зоне влияния лесной полосы плотной конструкции были наносы снега. В самой лесополосе высота снега наибольшая – 24 см. В лесной полосе комбинированной конструкции высота равнялась 21 см. У полос образовались снежные шлейфы длиной от 6 до 19 м. В зонах влияния лесных полос плотной конструкции на зяби высота снежного покрова была больше, чем в зонах влияния лесных полос продуваемой и комбинированной конструкций. В межшлейфовом пространстве снег откладывался более или менее равномерно. Высота снежного покрова в лесных полосах продуваемой конструкции несколько меньше, чем на прилегающих участках. Это объясняется тем, что в однородных контурных лесных полосах продуваемой конструкции снег сдувался.

Глубина промерзания почвы зависит, с одной стороны, от толщины снежного покрова, а с другой – от суммы отрицательных температур зимнего периода и других факторов. За период наблюдений зимы в основном были нехолодными, с оттепелями, поэтому промерзание почвы было неглубоким. Это объясняется сложившимися гидрометеорологическими условиями и другими природными факторами. Лесные полосы плотной и комбинированной конструкций оказали влияние на увеличение снежного покрова в самих лесополосах, шлейфовых зонах и уменьшили скорость ветра. Немаловажную обогревающую роль сыграла соломенная подстилка. Этими и другими факторами объясняется неглубокое промерзание почвы в лесополосах.

Промерзание почвы зависит от высоты снежного покрова. На различных агрофонах перед снеготаянием промерзание почвы было слабым и составило 10-15 см при высоте снежного покрова 24-34 см.

На стоковых площадках перед снеготаянием и после происходило изменение влагозапасов.

Для характеристики стока важно определить влажность почвы перед снеготаянием. Наблюдения показали, что на опыте влагозапасы в большинстве случаев выше. Следует отметить, что неравномерное снегоотложение приводит к неоднородному увлажнению почвы.

Перед весенним снеготаянием в 30-сантиметровом слое почвы на варианте в лесной полосе продуваемой конструкции под соломой средние влагозапасы больше и равнялись 136,1 мм, а в лесной полосе плотной конструкции 117,0 мм, т.е. на 19,1 мм меньше. В этом же слое в середине межполосного пространства влагозапасы – 132,5 мм.

В слое 0-50 см запасы влаги в почве в лесной полосе комбинированной конструкции составили 207,6 мм. В метровом слое почвы (0-100 см) влагозапасы на всех вариантах опыта были в пределах от 366,7 до 416,4 мм. Колебания запасов влаги на серых лесных почвах связано с неоднородностью литологического состава почвы. После прохождения снеготаяния влагозапасы претерпевали изменения в сторону уменьшения. Наблюдалось варьирование влажности почвы. В

метровом слое (0-100 см) в лесной полосе плотной конструкции запасы влаги – 366,7 мм, а в полосе комбинированной конструкции больше на 36,2 мм. Здесь очевидно влияние контурных лесных полос различных конструкций на распределение влагозапасов перед снеготаянием.

Влияние контурных стокорегулирующих лесополос и обработки почвы на формирование стока талых вод видно из Таблицы 1.

На стационарном опыте за 13 лет наблюдений среднегодовой весенний сток составил 1,5 мм, просочилось в почву – 96,0 мм. Факторы, которые способствовали высокому водопоглощению – это слабое промерзание почвы (14-17 см) при общих снегозапасах – 89-105 мм и влажности почвы – 26,2-27,1%. Выявлено, что на контрольном агрофоне определённые снегозапасы всегда меньше и равнялись 89 мм, а на варианте с лесной полосой плотной конструкции наибольшие – 105 мм.

На зяблевой вспашке с лесной полосой комбинированной конструкции они несколько меньше – 99 мм. Варианты с контурными лесополосами разных конструкций превышали контроль по снегозапасам, водопоглощению и поверхностному стоку талых вод (Таблица 1). Таким образом, на участке полевого опыта с серой лесной почвой, находящемся под защитой однорядных контурных стокорегулирующих лесных полос, средний сток был очень слабый.

Таблица 1 – Влияние ландшафта на эрозионно-гидрологические показатели за 1997-2009 годы.

Варианты опыта	Факторы			Водопоглощение, мм	Сток, мм
	Влажность почвы в слое 0-100 см перед снеготаянием, %	Общие снегозапасы + осадки за период снеготаяния, мм	Глубина промерзания почвы перед снеготаянием, см		
Зяблевая вспашка (контроль)	26,3	89	17	86,8	1,7
Зяблевая вспашка + контурная лесополоса продуваемой конструкции с мульчей соломой	27,0	96	15	94,7	1,3
Зяблевая вспашка + контурная лесополоса плотной конструкции	26,2	105	14	103,9	1,1
Зяблевая вспашка + контурная лесополоса комбинированной конструкции	27,1	99	16	97,6	1,4
Среднее	26,7	97	16	96,0	1,5

Это вызвано сильным переувлажнением почвы с осени и в период глубоких зимних оттепелей. Перед весенним снеготаянием глубина промерзания почвы на разных агрофонах была в пределах 52-63 см. Поверхностный сток проходил с 4 по 17 апреля, в основном днём. С наступлением похолодания вечером и ночью сток прерывался. Интенсивное снеготаяние (пиковое) наблюдалось 14 апреля в 17, 18 и 19 часов. Напор воды на пороге водослива достигал 5,5 см. на варианте с лесной полосой продуваемой конструкции, на контроле без лесных полос – 6,4 см. В последующие дни величина стока пошла на убыль. Показатели поверхностного стока можно увидеть в Таблице 2.

Таблица 2 – Показатели весеннего стока талых вод в системе контурных лесополос (2003г.).

Варианты опыта	Природные факторы			Водопоглощение , мм	Сток, мм
	влажность почвы в слое 0-100 см, %	снегозапасы , мм	Глубина промерзания почвы, см		
Зябь (контроль)	27,7	96	52	70,0	26,0
Зябь + л.п. продуваемой конструкции с мульчей соломы	28,3	101	57	84,1	16,9
Зябь + л.п. плотной конструкции	26,8	106	58	91,3	14,7
Зябь + л.п. комбинированно й конструкции	26,5	103	63	85,2	17,8

Из неё следует, что на опыте сформировался слабый и умеренный сток талых вод (по шкале Г.П.Сурмача). Наибольший весенний сток и коэффициент стока был на зяблевой вспашке (контроль) – 26,0 мм (0,270). Наименьший сток – 14,7 мм, при коэффициенте стока 0,138, наблюдался на стоковой площадке с лесной полосой плотной конструкции. Образовавшийся снежный шлейф перед полосой препятствовал прохождению стока, пока снег полностью не напитался водой и начал таять. Этим объясняется положительная роль наличия снежных шлейфов во время стока талых вод. Просачивание талых вод в почву на контроле – 70,0 мм, а на варианте с лесной полосой плотной конструкции водопоглощение наибольшее – 91,3 мм. Отсюда следует, что в системе контурных лесных полос разных конструкций происходит дополнительное водопоглощение по сравнению с контролем. При сложившихся погодных условиях снег таял медленно. Талая вода, проходя через водослив, была светлая. Эрозии почвы не наблюдалось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сложившиеся погодные условия зимнего периода с частой сменой отрицательных и положительных температур, неглубокое промерзание почвы перед снеготаянием, медленное таяние снега днём при пасмурной погоде и другие факторы обеспечили впитывание всей талой воды в почву. В 1997-2002 и 2004-2009 годах поверхностного стока не наблюдалось. В 2003 году сформировался весенний сток от слабого до умеренного. Усреднённые показатели водопоглощения на агрофонах с контурной лесополосой наибольшие - 103,9 мм, несколько меньшие на комбинированной – 97,6 мм, на продуваемой с мульчей соломы – 94,7 мм, а на контроле самые низкие – 86,8 мм. Весенний сток проходил в спокойном русле, не вызывая эрозии. Таким образом, созданный агроландшафт в системе контурных стокорегулирующих однорядных лесных полос способствует значительному просачиванию воды в почву во время весеннего снеготаяния.
2. Многолетние наблюдения показали, что созданный агроландшафт на склоновых землях из контурных стокорегулирующих лесных полос из дуба разных конструкций способствует более равномерному снегоотложению в зоне влияния лесополосы продуваемой конструкции, в полосе плотной конструкции происходит накопление снега, уменьшает промерзание почвы, увеличивает дополнительное просачивание снеговой воды во время таяния снега, сохраняет медленное снеготаяние во время оттепели, задерживает скорость ветра. В сточный год нет смыва и размыва почвы, обработка почвы ведётся с приближением к горизонталям, создаётся благоприятный микроклимат в засушливый период.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сурмач Г.П. и др. Методика изучения водорегулирующей и противозерозионной роли лесных полос и агротехнических приёмов. – Волгоград, 1967. – 39с.
- [2] Сурмач Г.П. Классификация смытых почв и её применение при составлении крупномасштабных почвенно-эрозионных карт // почвоведение. – 1954. - №1. – С.71-80.

- [3] Гаршинёв Е.А. эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели. – Волгоград, 1999. – 196 с.
- [4] Барабанов А.Т. Изучение водозадерживающих приёмов обработки светло-каштановых почв на склоновых землях Волгоградской области: автореф. Дис. Канд. С.-х. наук. – М., 1968. – 17 с.
- [5] Петелько А.И., Новиков Н.Е. Предложения по защите почв от водной эрозии в Центральных районах Нечерноземья. – Орёл, 1999. – 31 с.

Основная глава 13.2 Другие стационарные эксперименты Main Chapter 13.2 Other Stationary Experiments

Глава IV/62: БИОЛОГИЗИРОВАННЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СКЛОНОВЫХ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ Chapter IV/62: Biologization Techniques to Increase the Fertility of Sloping Soils in Agricultural Landscapes of the Non-Chernozem Zone Татьяна Ю. Анисимова

DOI 10.25680/2996.2018.77.87.327

Эл. Почта: anistan2009@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа, Прянишникова ул., д.2, 601390 Вяткино, Судогодский р-н, Владимирская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Разработаны комплексные агрофитомелиоративные приемы защиты склоновых почв Нечерноземной зоны России от водной эрозии, сохранения и повышения плодородия почв и продуктивности возделываемых культур. Во взаимодействии изучены способы и приемы использования контурно-полосного размещения культур на склоне в сочетании с возделыванием многолетнего люпина на сидерат в полосах между зерновой и пропашной культурами, отработана технология применения сидерата в качестве органического удобрения. Показано, что посевы многолетнего люпина не только предотвращают смыв почвы, но и препятствуют выщелачиванию подвижных питательных веществ за пределы корнеобитаемого слоя. В результате исследований установлено положительное влияние комплексных биологизированных почвозащитных приемов на продуктивность озимой ржи и кукурузы на силос, показатели почвенного плодородия, агрофизические свойства почвы, запасы продуктивной влаги в период вегетации растений. Ландшафтный подход к разработке оптимальной структуры посевных площадей на склоновых почвах предполагает усиление дифференциации пашни с целью более полного использования ресурсов агроценоза

Abstract. Studies about integrated agroecological methods of protection sloped soils of the Non-Chernozem zone of Russia from water erosion, conservation and improvement of soil fertility and productivity of crops were conducted. Methods and techniques of using contour-bands of crops on the slope, combined with the cultivation of perennial lupine as a green manure in bands between grain and tilled crops, a technology of green manure application as organic fertilizer were developed. It is shown that sowings of perennial lupine not only prevents soil erosion. It also diminished the leaching of mobile nutrients beyond the root layer. The studies found a positive effect of integrated biological soil conservation methods on the productivity of winter rye and maize for silage, indicators of soil fertility, agrophysical properties of soil, stocks of productive moisture in the vegetation period. This landscape approach for the development of optimal cropping patterns on sloping soils is intended for a better use of the resources of the agroecosystem.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водная эрозия, пахотные склоны, многолетний люпин, сидераты, дерново-подзолистая супесчаная почва, почвенное плодородие

Keywords: water erosion, arable slopes, hardy lupine, green manure, sod-podzolic sandy loam soil, soil fertility

ВВЕДЕНИЕ

Использование агроландшафтных почвозащитных приемов при устройстве сельскохозяйственных территорий землепользования должно обеспечивать получение высоких и стабильных урожаев при сохранении и повышении почвенного плодородия, защиту почв от водной и ветровой эрозии, охрану окружающей среды. Резко изменившаяся социально-экологическая обстановка за последние 25 лет и обострившиеся экологические противоречия обусловили необходимость адаптации земледелия не только к природным условиям, но и к новым производственным отношениям [1]. Объемы внесения органических удобрений за этот период сократились в 5-6 раз, минеральных и извести – в 8-10 раз, снизилась урожайность культур на склонах и защищенность почв посевами от эрозии. Для решения этих задач необходима разработка способов ведения почвозащитного адаптивного земледелия, применительных к различным категориям агроландшафтов и уровням интенсификации производства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на землях опытно-производственного хозяйства ВНИИОУ, расположенного на территории Судогодского района Владимирской области. Методологической основой исследований являлся полевой опыт по изучению эффективности использования многолетнего люпина для повышения плодородия склоновых почв при контурно-полосной организации территории землепользования. Опыт был заложен на склоне юго-юго-западной экспозиции крутизной от 2 до 3,5 ° [2]. Схема опыта приведена в таблице 1. Почва участка – дерново-слабоподзоленная неглубоко-глеевая, сформированная на двучленных ледниковых отложениях. Площадь опытного участка 6,0 га.

Все механизированные обработки почвы проводили поперек склона, за исключением контрольного участка, причем их направление совпадало с контурами местности. Полосу с многолетним люпином размещали между зерновой и пропашной культурой. Полосы шириной 10-12 м были расположены параллельно горизонталям (рис.1). В качестве пропашной культуры возделывали кукурузу на силос, зерновой – озимую рожь. Зеленую массу люпина в фазу образования бобов скашивали и разбрасывали по поверхности почвы соседних полос с помощью КИР-1,5. Под озимую рожь зеленую массу люпина заделывали в почву после скашивания и измельчения за 10-14 дней до посева, при возделывании кукурузы – перед междурядными обработками до фазы 5-7 листа. Объем смытой почвы на склоне определяли с помощью измерения объема водороев, образующихся вследствие размыва и сноса почвы потоками талой и дождевой воды по методике Г.Сурмача [3].



Рисунок 1 – Контурно-полосное размещение культур на склоне

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В ходе исследований установлено, что смыв почвы при контурно-полосном размещении культур по сравнению с традиционным продольным за 3 года наблюдений в среднем уменьшился на 2,9-3,7 т/га. При этом в эквивалентном объеме несмытой почве содержалось более 200 кг гумуса, 10-15 кг азота, 50-60 кг фосфора и 120 кг калия. Многолетний люпин, который скашивали в фазу молочной спелости и заделывали в почву в качестве сидерата, формировал в среднем 28,7 т/га надземной массы, которая содержала 300-370 кг NPK.

Применяемые в опыте почвозащитные приемы способствовали улучшению таких агрофизических свойств почвы, как плотность и плотность твердой фазы, достоверно снижая их показатели в среднем на 5,4-6,1% по сравнению с исходными значениями. Улучшение агрофизических свойств почвы под посевами культур, размещенных полосами поперек склона, положительно повлияло на процесс инфильтрации воды, что подтверждено значениями запасов продуктивной влаги в почве. Запасы продуктивной влаги при контрольной продольной пахоте и междурядной обработке в метровом слое почвы при выращивании кукурузы на силос и озимой ржи на зерно с июня по сентябрь были наименьшими, они были оценены как очень плохие и удовлетворительные согласно классификации А.Ф.Вадюниной и З.А.Корчагиной [4]. При использовании контурно-полосного размещения посевов на всех элементах склона запасы продуктивной влаги превышали контроль, что объясняется в основном уменьшением стока воды, а на водораздельном участке также повышенным содержанием глинистых частиц и близостью залегания водоупорного горизонта. Так, при возделывании озимой ржи запасы продуктивной влаги в метровом слое почв в посевах поперек склона в июне в период интенсивного роста надземной биомассы растений были в 2,1-2,5 раза больше по сравнению с эродированным контролем и оценивались как хорошие и удовлетворительные (рис.2). При возделывании кукурузы на силос в этот же период запасы продуктивной влаги превышали контроль в 1,6-1,7 раза и оценивались как удовлетворительные. К началу уборки культур (август) в посевах кукурузы и озимой ржи на разных элементах склона в вариантах, расположенных поперек склона, оценивались как хорошие, а в контроле как удовлетворительные. Таким образом, контурно-полосного размещения посевов в сочетании с применением сидератов оказало достоверное положительное влияние на величину значений запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы.

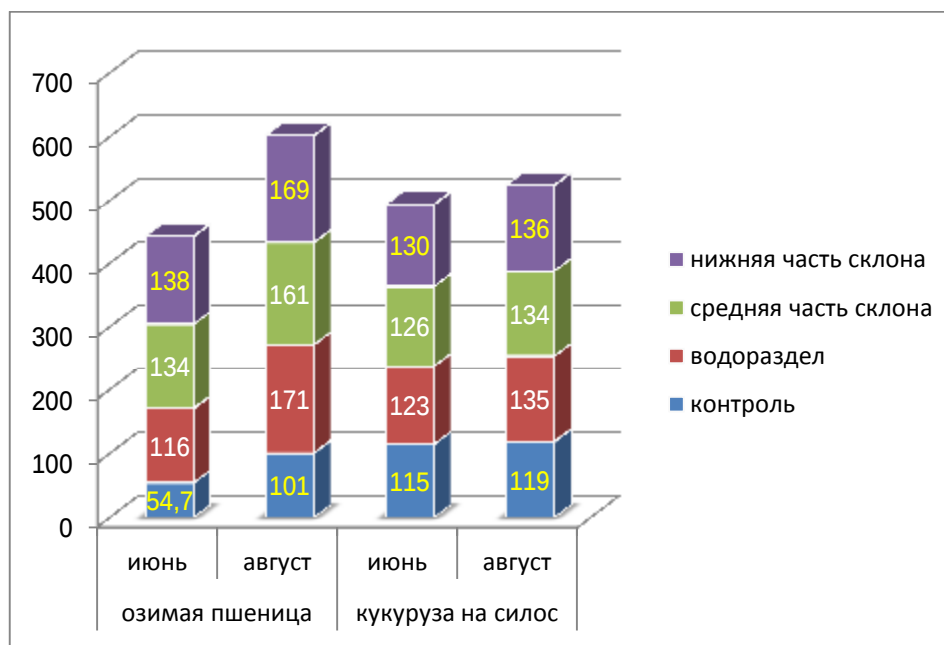


Рисунок 2 – Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм

Поверхностная заделка зеленой массы люпина способствовала её быстрой минерализации, тем самым пополняя запас основных питательных веществ в пахотном слое почвы. Отмечено положительное влияние изучаемых почвозащитных приемов и внесения в почву сидерата на агрохимические показатели пахотного слоя почвы: убыль гумуса при продольной обработке

составила 0,14-0,16 т/год, что на 15-18% больше, чем при контурно-полосной организации землепользования. Потери биогенных элементов в почве контрольного варианта по сравнению с другими вариантами опыта в среднем были больше по подвижному фосфору и составили в среднем 18,5%, по обменному калию –37%.

Выявлено влияние изучаемых почвозащитных приемов на продуктивность выращиваемых культур на пахотном склоне. Урожай зеленой массы кукурузы в посевах поперек склона достоверно возрастал в среднем на 27-65% в зависимости от расположения на склоне, озимой ржи – на 51,8-61,6 % по сравнению с контролем (табл.1). Наибольший прирост урожая зерна озимой ржи отмечен в нижней части склона, зеленой массы кукурузы – на водоразделе, что возможно также связано с ботаническими особенностями выращиваемых культур.

Таблица 1. Влияние контурно-полосного размещения культур и удобрения сидератом на продуктивность выращиваемых культур (среднее за 3 года), т/га

Варианты опыта	Озимая рожь		Кукуруза на силос	
	урожай	прибавка	урожай	прибавка
Размещение посевов вдоль склона				
Контроль	1,64	-	11,5	-
Размещение посевов поперек склона				
Водораздел	2,49	0,85	19,0	7,5
Средняя часть склона	2,62	0,98	14,7	3,2
Нижняя часть склона	2,65	1,01	15,8	4,3
НСР ₀₅	0,42	3,0		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Многолетний люпин в данном опыте являлся сидеральной и почвозащитной культурой, его возделывание способствовало снижению поверхностного стока воды и смыва плодородного слоя почвы, а также пополнения запасов питательных веществ в почве, что в конечном итоге оказало влияние на сохранение и повышение плодородия склоновых почв.
2. Разработанные комплексные агрофитомелиоративные приемы способствовали снижению смыва почвы за 3 года наблюдений в среднем на 2,9-3,7 т/га, т.е. 0,97-1,23 т/га в год. Убыль гумуса при традиционной продольной обработке составила 0,14 -0,16 т/год, что на 15-18% больше, чем при контурно-полосной организации землепользования, наибольшие потери биогенных элементов отмечены также в контроле: по подвижному фосфору составили 18,5%, обменному калию –37% по сравнению с исходными значениями.
3. Контурно-полосное размещение посевов в сочетании с применением сидератов оказало достоверное положительное влияние на величину значениями запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы.
4. Прибавка урожая зерна озимой ржи при контурно-полосной организации территории склона достигала 52-62%, зеленой массы кукурузы – на 27-65% по отношению к контролю.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Немцев С.Н. Агроэкологические особенности почвозащитных систем земледелия в агроландшафтах лесостепи Среднего Поволжья : Дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.01 Кинель, 2005. 417 с. РГБ ОД, 71:06-6/61.
- [2] Ляхов А.И. и др. Методические указания по проведению полевых опытов с удобрениями на эродированных почвах и агрохимическому картированию // Москва: ВИУА, 1975.
- [3] Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 254 с.
- [4] Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования агрофизических свойств почв. Москва, Агропромиздат. 1986. 416 с.

**Глава IV/63: УДОБРЕНИЯ И ПЛОДОРОДИЕ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ:
ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ**

**Chapter IV/63: Fertilizers and Soil Fertility of Gray Forest Soils of the Upper Volga Region: Field
Experiments**

Владимир В. Окорков*; Оксана А. Фенова, Людмила А. Окоркова

DOI 10.25680/5504.2018.80.33.328

*Эл. Почта: okorkovvv@vandex.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», отдел агрохимии и экологии, ул. Центральная 3, 601261, Владимирская обл., Суздальский р-н, пос. Новый, Россия

РЕЗЮМЕ. Изучено влияние удобрений на плодородие серых лесных почв Верхневолжья. Целью данной работы являлось рассмотрение роли минеральных и органических удобрений в изменении физико-химических, химических и агрохимических свойств серых лесных почв региона. Выявлена понижающая кислотность серых лесных почв роль органических удобрений и повышающая её роль водорастворимых фосфорных и полного минерального удобрений. Последнее обусловлено резко возрастающим урожаем возделываемых культур и высоким выносом ими ионов калия, поглощаемых в обмен на ионы водорода. Содержание гумуса и его качество улучшали органические и азотные минеральные удобрения. Представлены различия в восстановительной способности серых лесных почв в отношении содержания подвижного фосфора и обменного калия. Установлен более высокий мобилизационный пул азота минеральных по сравнению с азотом органических удобрений в отношении накопления в жидкой фазе почвы нитратного и аммонийного азота в ранние фазы вегетации культур. Между их запасами в слое почвы 0-40 см и продуктивностью 8- и 7-польных севооборотов наблюдалась тесная степенная или гиперболическая зависимость. Результаты можно использовать для создания моделей плодородия и продуктивности серых лесных почв.

Abstract. The effect of fertilizers on the fertility of gray forest soils in the Upper Volga region was studied. The purpose of this paper is to examine the role of mineral and organic fertilizers in changing the physicochemical, chemical and agrochemical properties of gray forest soils of the region. Due to organic fertilization decreasing acidity of gray forest soils and increased performance of water-soluble phosphoric and full mineral fertilizers were recognized. This is caused by a sharply increasing yield of crops and high removal of potassium ions which were absorbed in exchange for hydrogen ions. Organic and mineral nitrogen fertilizers improved the humus content and its quality. The differences in resilience of the content of available phosphorus and exchangeable potassium of gray forest soils were represented. A higher mobilization pool of mineral nitrogen is installed compared to the nitrogen of organic fertilizers in relation to accumulation in the liquid phase of the soil nitrate nitrogen and ammonium nitrogen in the early vegetation phase of crops. Between their reserves in the soil layer of 0-40 cm and a productivity of 8 - and 7-field crop rotation, a close power or hyperbolic dependence is observed. The results can be used to create models of fertility and productivity of gray forest soils.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: серая лесная почва, минеральные и органические удобрения, агрохимические и физико-химические свойства почвы, содержание и качество гумуса

Keywords: gray forest soil, mineral and organic fertilizers, agrochemical and physicochemical properties, content and quality of humus

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время под плодородием понимают «способность почв удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла и благоприятной физико-химической средой для нормального роста и развития» [1]. Плодородие почвы – результат развития природного почвообразовательного процесса и её сельскохозяйственного использования. Различают факторы и условия почвенного плодородия. Необходимые земные факторы жизни и роста растений – элементы азотного и зольного питания, вода, воздух и тепло. Возможность обеспечения растений земными факторами зависит от сложного взаимодействия свойств (физические, физико-химические, химические и

биологические; минералогический состав и др.) и режимов (температурный, водно-воздушный, пищевой, физико-химический и др.). Важнейшим фактором при сельскохозяйственном использовании почв являются удобрения, их виды. Поэтому для прогноза направленности в изменении плодородия в многолетнем стационарном опыте было изучено влияние минеральных и органических удобрений, их взаимодействия на основные свойства серых лесных почв Верхневолжья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на основе длительного полевого опыта, заложенного в 1991-1993 гг. на серых лесных почвах среднесуглинистого гранулометрического состава. Мощность гумусового горизонта варьировала от 25 до 40 см, содержание гумуса в слое 0-20 см - от 2,6 до 3,8% [2,3]; $pH_{КС1}$ – от 5,1 до 5,5; гидролитическая кислотность – 3,2-4,5, сумма поглощенных оснований – 19,4-22,4 смоль/кг; содержание подвижного P_2O_5 (по Кирсанову) – 130-200, обменного калия (по Масловой) – 150-180 мг/кг почвы. Почвы сформированы на лёссовидной карбонатной породе. По всему почвенному профилю (до 1 м и глубже) содержание обменного алюминия было ниже токсичных для корней возделываемых культур величин. Корни их распространялись до метровой глубины и ниже. Увлажнение достаточное (за год выпадало 594 мм осадков, ГТК по Селянинову 1,36). Обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием, высокая емкость поглощения почвы обусловлены минералогическим составом илистой фракции [4] и содержанием гумуса.

В начале 1-й ротации было проведено известкование по полной гидролитической кислотности. На его фоне изучали влияние разных доз подстильного навоза (0, 40, 60 и 80 т/га), который вносили однократно за ротацию после уборки однолетних трав на сено, влияние минеральных удобрений (0, РК, NPK, 2NPK) и их сочетания на урожай полевых культур, изменение агрохимических и химических свойств серой лесной почвы. Во 2-й и 3-й ротациях изучали последствие известкования.

В 1-й и 2-й ротациях наблюдения вели в 8-польном севообороте: пар занятой (викоовсяная смесь) – зерновые (озимая рожь, яровая пшеница) – картофель – овес с подсевом бобово-злаковых трав – травы 1-го года пользования – травы 2-го года пользования – зерновые (озимая рожь, яровая пшеница) – ячмень. В 3-й ротации исключили пропашную культуру [2, 5].

Для обработки данных опыта использовали регрессионный и дисперсионный анализы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Физико-химические свойства: При систематическом применении удобрений в течение 3-х ротаций на фоне однократного известкования в 1-й ротации (1991-1993 гг.) за 15-летний период по полям 1 и 2 (с 1998-1999 по 2013-2014 гг.) гидролитическая кислотность (H_T) изменялась по следующим корреляционно-регрессионным уравнениям [6]:

$$y_1 = 1,22 - 0,356x_1 + 0,067x_3 + 0,0008x_1x_2 + 0,090x_1x_4 - 0,0185x_3x_4, \quad (1)$$

$n = 16$, $r = 0,927$, $r^2 = 0,858$, доверительный интервал = 0,38 мг-экв/100 г почвы,

$$y_2 = 1,00 + 0,022x_3 - 0,66(x_4 - 2,76) - 0,0013x_1x_3, \quad (2)$$

$n = 16$, $r = 0,947$, $r^2 = 0,896$, доверительный интервал = 0,28 мг-экв/100 г почвы,

где y_1 и y_2 – величина повышения H_T за 15 лет на поле соответственно 1 и 2, мг-экв/100 г почвы; x_1 – средняя ежегодная доза органических удобрений, т/га; x_2 – средняя ежегодная доза азотных удобрений, кг/га N; x_3 – средняя ежегодная доза фосфорно-калийных удобрений в расчете на P_2O_5 , кг/га; x_4 – содержание гумуса в почве (%).

На изменение H_T влияли (68,1-75,5 % вариации) фосфорно-калийные и органические удобрения, которые соответственно повышали величину этого показателя и снижали уровень его роста. Влияние взаимодействия факторов и гумуса на изменение H_T на 1-м поле составляло 17,7% общей вариации, на 2-м – 14,1%. Сочетание органических и азотных удобрений, а также органических удобрений и гумуса (уравнение 1) повышало урожай возделываемых культур, поглощение ими ионов калия в обмен на ионы водорода, вело к росту H_T . С повышением содержания гумуса уменьшалась адсорбция конкурирующих фосфат-ионов на поверхности минеральной части почвы и её подкисление. Применение органических удобрений, в том числе и в сочетании с фосфорно-калийными, противодействовало подкислению почвы.

Проанализировано также влияние изучаемых факторов, их взаимодействия и на изменение $pH_{КС1}$ серой лесной почвы.

Химические свойства: За 15-летний период (с 1998-1999 по 2013-2014 гг.), когда наблюдалась относительная стабилизация гумусового состояния почвы, системы удобрения следующим образом влияли на изменение содержания гумуса в ней (Таблица 1) [3].

Таблица 1 – Изменение содержания (%) гумуса в 2013-2014 гг. по сравнению с 1998-1999 гг. (поля 1 и 2) [3]

Доза навоза за севооборот, т	Минеральные удобрения				Среднее по органическим удобрениям
	0	РК	НРК	2НРК	
0	-0,180	-0,130	-0,055	0,020	-0,086
40	-0,080	-0,080	0,050	0,080	-0,008
60	-0,015	-0,005	0,070	0,110	0,040
80	0,065	0,070	0,100	0,120	0,089
Среднее по минеральным удобрениям	-0,052	-0,036	0,041	0,082	
Примечание. В контроле $\Delta_{\text{гумуса}}$ составило -0,17%					

Видно, что наиболее благоприятное гумусовое состояние серых лесных почв Ополя складывалось при сочетании органических с полным минеральным удобрением. Это подтвердилось и моделью изменения содержания гумуса по полям 1 и 2 за 15-летний период ($\Delta x_4, \%$) в зависимости от применяемых удобрений (уравнение 3):

$$\Delta x_4 = -0,166 + 0,0192x_1 + 0,0026x_2 - 0,0001x_1x_2, \quad (3)$$

$$n = 16, R^2 = 0,983, \text{ доверительный интервал} = 0,038\%.$$

Условное обозначение переменных x_1 и x_2 такое же, что и в уравнениях 1 и 2.

По отношению гуминовых кислот к фульвокислотам (по Кононовой-Бельчиковой) установлено и положительное действие органических и азотных удобрений на качество гумуса серых лесных почв Верхневолжья [7].

Агрохимические свойства: В опыте изучено влияние систем удобрения на фосфорно-калийный режим серой лесной почвы. В 1-й ротации 8-польного севооборота на основе результатов анализа взаимосвязи содержания подвижного фосфора и обменного калия в конце ротации с балансом этих элементов за ротацию получены уравнения линейной регрессии. На их основе рассчитывались нормативы затрат фосфора и калия удобрений на увеличение концентрации доступных форм этих элементов на 10 мг/кг почвы. Для фосфора норматив затрат за ротацию в среднем по 3-м полям составил 72 кг/га P_2O_5 , для калия – 137 кг/га K_2O . Во 2-й и 3-й ротациях 8- и 7-польного севооборотов на основе взаимосвязи баланса элементов питания с изменением содержания их доступных форм за ротацию были рассчитаны нормативы затрат P_2O_5 и K_2O удобрений и размеры восстановления запасов подвижного и обменного калия за ротацию или за год [8]. Средняя ежегодная восстановительная способность серой лесной почвы в отношении поглощаемого растениями фосфора во 2-й и 3-й ротациях составила 33 и 25 кг/га, поглощаемого калия – 51 и 91 кг/га. Восстановительная способность серой лесной почвы обусловлена как способностью корневых систем возделываемых культур переносить элементы питания из подпахотных слоев в верхние гумусовые горизонты, так и высокими запасами их в ближнем резерве почвы [9].

Изучалась ежегодная и средняя за ротацию динамика запасов нитратного и аммонийного азота в слое почвы 0-40 см за 3 срока наблюдений: 1) всходы (весеннее отрастание озимых и трав), 2) колошение и вымётывание зерновых, бутонизация трав (середина вегетации), 3) после уборки культур. Запасы нитратного азота (во все годы наблюдений) и аммонийного азота (в большинстве лет) были наиболее высокими в 1-й срок наблюдений, к середине вегетации заметно снижались, а после уборки во влажные годы несколько возрастали, в сухие – продолжали снижаться. Сумму запасов нитратного и аммонийного азота в слое почвы 0-40 см в жидкой фазе серых лесных почв в 1-й срок наблюдений назвали мобильным фондом азота. Между средней продуктивностью культур севооборота (y , ц/га зерн. ед.), с одной стороны, и запасами нитратного азота в слое почвы

0-40 см в 1-й срок наблюдений (х, кг/га), снижением их во 2-й срок наблюдений по сравнению с 1-м ($\Delta x = w$, кг/га), мобильным фондом азота (z, кг/га), с другой стороны, установлена тесная степенная или гиперболическая связь (Таблица 2) [5, 10].

Таблица 2 - Взаимосвязь продуктивности 7-польного севооборота (у, ц/га зерн. ед.) с запасами нитратного азота в слое почвы 0-40 см в ранний период вегетации (х, кг/га) и мобильным фондом азота (z, кг/га) за 2007-2015 гг.

Вид взаимосвязи	Уравнение взаимосвязи, n = 17	R	R ²
Степенная	$y = 28,8 (x - 40)^{0,088}$	0,987	0,975
Гиперболическая	$y = 51,3 \cdot \frac{x}{24,7 + x}$	0,998	0,996
Степенная	$y = 27,8 (w - 20)^{0,103}$	0,983	0,967
Гиперболическая	$y = 49,3 \cdot \frac{w}{12,4 + w}$	0,998	0,997
Степенная	$y = 26,7 (z - 60)^{0,102}$	0,963	0,928
Гиперболическая	$y = 53,8 \cdot \frac{z}{41,2 + z}$	0,995	0,991

Примечание. w = Δx , кг/га – снижение запасов нитратного азота в слое почвы 0-40 см во 2-й срок наблюдений по сравнению с 1-м.

В свою очередь, получена тесная корреляционно-регрессионная взаимосвязь между запасами нитратного азота в слое почвы 0-40 см и его мобильным фондом в ранние сроки вегетации [5], с одной стороны, и мобилизационным пулом азота (мобилизационным фондом), с другой. Среднегодовой мобилизационный пул азота оценивали суммой азота минеральных удобрений и половины азота органических, в том числе и симбиотически связанного азота бобовыми культурами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На серых лесных почвах Верхневолжья систематическое применение в севообороте органических удобрений снижало гидролитическую кислотность, а водорастворимых фосфорных и калийных удобрений увеличивало её. Их влиянием обеспечивалось 68,1-75,5% вариации H_T . На взаимодействие различных факторов и гумуса приходилось 14,1-17,7% общей вариации её.
2. В период относительной стабилизации гумусового состояния за 15-летний период содержание гумуса увеличивалось с ростом доз органических и азотных минеральных удобрений.
3. Определены нормативы затрат удобрений на увеличение подвижных форм P_2O_5 и K_2O на 10 мг/кг почвы, восстановительная способность почвы для этих элементов питания; определяющая роль запасов нитратного и аммонийного азота в жидкой фазе почвы в ранние сроки вегетации культур на продуктивность севооборота.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Почвоведение / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов и др.; Под ред. И.С. Кауричева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
- [2] Окорков В.В. Удобрения и плодородие серых лесных почв Владимирского ополья. – Владимир: ВООО ВОИ, 2006. – 356 с.
- [3] Окорков В.В., Окоркова Л.А., Фёнова О.А. Изменение содержания гумуса на серых лесных почвах при длительном применении удобрений // Российская сельскохозяйственная наука. – 2016. - № 1. – С. 21-26.
- [4] Дубровина И.В., Градусов Б.П. Химико-минералогическая характеристика почв Владимирского ополья // Почвоведение. – 1993. - № 3. – С. 64-73.
- [5] Окорков В.В. Управление продуктивностью серых лесных почв Верхневолжья // Проблемы эффективного использования научного потенциала общества: сборник статей Международной

научно-практической конференции (25 августа 2017 г. Пермь). – Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2017. – С. 56-69.

[6]Окорков В.В., Окоркова Л.А., Фенова О.А. Изменение физико-химических свойств серых лесных почв Ополя при длительном применении удобрений // Российская сельскохозяйственная наука. – 2015. - № 3. – С. 34-38.

[7]Окорков В.В., Окоркова Л.А., Фенова О.А. Влияние длительного применения удобрений на групповой состав органического вещества серых лесных почв Ополя //Агрохимия. – 2017. - № 10. – С. 3-15.

[8]Окорков В.В. Фосфорно-калийный режим серой лесной почвы Владимирского ополя // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. № 8. – С. 28-31.

[9]Чижикова Н.П., Окорков В.В., Карпова Д.В. Оценка резервов элементов питания Владимирского ополя в связи с их минералогическим составом // Почвенные земельные ресурсы: состояние, оценка, использование. Материалы Первой Всероссийской открытой конференции. Ответственный редактор Иванов А.Л.; Составители Молчанов Э.Н., Назарова Л.Ф. – М., 2015. – С. 448-461.

[10]Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Влияние запасов минеральных форм азота в серых лесных почвах Ополя на продуктивность севооборотов // Агрохимия. – 2016. - № 1. – С. 17-26.



Рисунок 1 - Стационарный полевой опыт отдела агрохимии и экологии Владимирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (<http://vnish.org/>)
Серая лесная на лессовидных покровных суглинках, слабосмытая почва

Chapter IV/64: TILLAGE DEPTH AND CROP YIELDS: RE-EVALUATION OF LATE HOLOCENE SOIL TILLAGE TRIALS IN EASTERN AND CENTRAL EUROPE

Глава IV/64: Глубина обработки почвы и урожайность сельскохозяйственных культур: переоценка опытов по обработке почвы в Восточной и Центральной Европе в условиях позднего голоцена

Lothar Mueller^{1,2*}; Frank Eulenstein^{1,2,3}; Blair M. McKenzie⁴; Uwe Schindler^{2,3}; Wilfried Mirschel¹
DOI 10.25680/1929.2018.23.16.329

* Email: agrarlandschaft@gmail.com ; mueller@zalf.de

1. Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Str. 84, 15374 Muencheberg, Germany

2. Kuban State Agrarian University, 13 Kalinin Str., 350044 Krasnodar, Russia

3. Mitscherlich Academy for Soil Fertility, Prof.-Mitscherlich-Allee 1, 14641 Paulinenaue, Germany

4. The James Hutton Institute, Invergowrie, Dundee, DD2 5DA, UK

ABSTRACT. The need for soil tillage and its appropriate depth and procedures has been key questions of plant cropping and design of agricultural landscapes worldwide. We re-evaluated the largest series of international soil tillage trials, ever conducted. They were carried out on 50 locations in 8 countries of Eastern and Central Europe from 1955 to 1967. Framework conditions were Late-Holocene: Mechanized tillage and cropping technologies and organo-mineral fertilisers were available, whilst fungicides, herbicides, pesticides and hybrid seeds were little applied or not available during that time. Rotations were wide and balanced. These conditions come close to current organic farming systems. We analysed a multivariate set of more than 4,000 crop yield meta-data. Results revealed strong effects of soil fertility (as evaluated based on the Muencheberg Soil Quality Rating) and of organo-mineral fertilisation on crop yields, whilst soil tillage depth had lower and site-specific effects. Ploughing led to higher crop yields due to better suppression of weeds and mineralisation of plant nutrients. On humid sites in Europe without erosion risks, in a well structured agricultural landscape, the moldboard plough should be an inevitable part of productive and sustainable cropping systems.

Резюме. Необходимость обработки почвы, ее оптимальная глубина и приемы были ключевыми вопросами растениеводства и создания сельскохозяйственных ландшафтов во всем мире. Мы выполнили переоценку международной серии опытов по обработке почвы, крупнейшей из когда-либо проводившихся. Опыты были проведены в 50 географических точках в 8 странах Восточной и Центральной Европы с 1955 по 1967 гг. Рамочные условия – позднеголоценовые: использовались механизированные технологии обработки почвы и возделывания сельскохозяйственных культур, органические и минеральные удобрения, тогда как фунгициды, гербициды, пестициды и гибридные семена в то время применялись мало или отсутствовали. Севообороты включали широкий набор культур и были сбалансированными. Эти условия близки к современным системам органического сельского хозяйства. Мы проанализировали многомерный массив из более чем 4 тысяч метаанных, относящихся к урожайности сельскохозяйственных культур. Результаты выявили выраженные эффекты плодородия почвы (оцененного на основе Мюнхебергской системы рейтинга качества почвы), органических и минеральных удобрений на урожайность. Эффект глубины обработки почвы был ниже и зависел от местоположения. Вспашка повышала урожайность культур благодаря лучшему подавлению сорняков и минерализации питательных веществ в почве. В условиях влажного климата в Европе и отсутствия рисков эрозии, в хорошо структурированном сельскохозяйственном ландшафте, отвальный плуг должен быть необходимой частью продуктивных и устойчивых систем земледелия.

KEYWORDS: soil tillage, tillage depth, ploughing, fertilisation, experiment, international cooperation

Ключевые слова: обработка почвы, глубина обработки почвы, вспашка, удобрение, эксперимент, международное сотрудничество

INTRODUCTION

Soil degradation by wind, water and tillage erosion often associated with soil compaction continues worldwide. Intensive and repeated soil tillage, and particularly the use of the moldboard plough, has been blamed for this damage [1]. European settlers transferred this plough from their homelands, which were

characterized by temperate humid and sub-humid climates, into drier regions of other continents, where soil erosion by wind, water and translocation of soils by the plough itself quickly destroyed fragile soils. In Europe, agricultural soils have a long cultivation history. Measures of humus enrichment and deepening of the humic layer were successful [2]. This was done by soil tillage and permanent input of organic material, mainly dung of animal husbandry. Nowadays, under the conditions of the mainstream agro-industrial production, which is typical for the beginning Anthropocene [3], the need for soil ploughing or soil tillage is generally questioned in Europe as well [4].

THE ROLE OF SOIL TILLAGE

Tillage has played a crucial role in soil and plant management. However, functions and specifics of tillage have changed. Across some centuries, tillage had four important functions: (i) creating a loose and crumbly seedbed of optimum soil physical and hydrological conditions for enabling seeders to put seeds into the desired depth, and to provide fast seedling germination and even emergence of crops, (ii) incorporation of plant residues, dung and other fertilisers into the topsoil, (iii) loosening the soil, thereby inducing mineralization of organic matter for plant nutrition, and (iv) suppressing competing plants (weeds) by burial. The moldboard plough seemed to be the optimum tool for fulfilling functions (ii), (iii) and (iv) in a basic tillage process, whilst tillage for function (i) was often done later in a separate work stage using special tools and implements (secondary tillage).

All these four functions are still desired in organic farming, many kinds of horticulture, and some subsistence and low-input systems. Contemporary conventional high-input farming systems including conservation tillage systems have replaced function (iii) by mineral fertilizers and function (iv) by herbicides. Sophisticated seeders are able to fulfill (i) without tillage, and they are able to operate whilst plant residues could stay above the soil surface (no need for (ii)) forming a shelter against erosive forces. Finally, tillage can be reduced in many cases of conventional farming and questioned at all in case of No-Till [5,6].

Conservation tillage e.g. ploughless tillage flanked by further principles of conservation agriculture like crop rotations and plant residue management [7,8] plays a crucial role in the concept of “sustainable intensification” [9,10]. Its climate-mitigating effects in many soils [5] and positive influence on soil biota [11,12] backed the image of ploughless agriculture as a sustainable and green technology [13].

IS CONSERVATION TILLAGE A SUSTAINABLE SOLUTION FOR EUROPE?

Conservation tillage can be applied successfully for mitigating or preventing soil erosion from large fields. Though slightly lower crop yields, under humid climate conditions in particular [14] it is a viable option for European agriculture from the viewpoint of agricultural productivity [15]. Positive effects on soil biota are evident. D'Hose et al. (2018)[16] extracted data from more than 60 European multiyear field experiments. They found that non-inversion tillage (tillage without ploughing) and organic amendments increased the presence of soil biota.

However, the success of reduced tillage and No-Till technologies largely depends on agrochemicals. Because of rapidly declining biodiversity in Europe, those measures have become under increasing public pressure. The case of glyphosate, an indispensable part of large-scale conservation tillage, viticulture, and pomiculture, has reached the level of political decisions [17].

Overall, the key position and effects of herbicides and other agrochemicals (stem-stabilizer, fungicides) in those systems remains under-estimated. Because some weeds became resistant to glyphosate [18], application rates increase. For improving the performance of glyphosates against weeds, more genetically modified glyphosate-resistant crops were created, whose can also spray beyond agricultural lands [19]. Meanwhile, glyphosates have been detected in soil, water and the food web, influencing faunal communities and their metabolism [20, 21, 22, 23].

Peigné et al. (2018) [24] found that under conditions of organic farming, tillage without plough (conservation tillage) had no positive effects on soil and biota. It led to soil compaction and limitations of rooting. Also creatures of higher positions in the food web like birds, cannot benefit from conservation tillage but suffer from damage of agrochemicals [25]. In major tillage trials in UK, characterized by a humid climate, no benefits of non-inversion tillage for crop yields and carbon sequestration were found [26]. Detrimental effects of non-inversing tillage on higher mycotoxin infestation of cereals as compared with ploughing, are evident for humid regions of Europe as well [27,28]. This requires more fungicides.

Monitoring and permanent thinking about the usefulness and sustainability of tillage systems is a need. This should include balances and risk assessment of all main elements of the agricultural system, aspects of design and function of the landscape included. Besides the mainstream of large-scale cropping systems

without ploughing (non-inverting tillage, reduced tillage, conservation tillage, no-till) the search for better solutions in order to achieving sustainability of cropping system in Europe should go on.

THE LARGEST SERIES OF INTERNATIONAL SOIL TILLAGE TRIALS, EVER CONDUCTED

Which tillage depth is optimum for cropping systems under the conditions of no herbicides, pesticides, and fungicides? Historical tillage trials could help to find answers.

The largest series of agricultural trials in Central and Eastern Europe was conducted during the years 1955-1967. Effects of different soil tillage depths and fertiliser rates were tested on 50 locations in 8 countries [29]. Trials were coordinated by the former “Institut für Acker- und Pflanzenbau” in Muencheberg, Germany. Results of these experiments were published in a report “International cooperation trials for deepening the soil’s A horizon (Internationale Gemeinschaftsversuche zur Krumenvertiefung [29]).

Each mentioned field trials contributed limited data but only a minority delivered statistically significant results. Any advantage of deepening the A horizon occurred on only a few soils, whilst positive effects of organic and mineral fertilisation were significant in most cases [29].

Table 1: Experimental locations

Country	Location names	Range of Climate ¹	Soils ²	Range of M-SQR
Bulgaria	Kostinbrod, General Toshevo, Gorni Lozen, Russe, Slovotin, Sofia, Stara Zagora	471-962 10.0-12.1	Chernozems, Gleysols, Phaeozems, Luvisols	52-78
Czechoslovakia	Prag-Ruzyne, Bystrica, Piestany	490-864 8.6	Cambisols, Luvisols, Phaeozems	72-85
(East) Germany	Closewitz, Frauenprießnitz, Hirschfeld, Müncheberg, Seehausen, Siggelkow, Trossin, Wollup	470-671 7.9-8.7	Luvisols, Stagnosols, Albeluvisols, Arenosols, Cambisols, Gleysols	42-87
Poland	Brody, Chylce, Czeslawice, Dobrogostow, Laskowice Olawskie, Lawica, Lezany, Lipki, Malyszyn Wielki, Posorty, Swojec, Werbkowice	515-630 7.1-8.4	Cambisols, Phaeozem, Luvisols, Chernozems, Albeluvisols, Fluvisols	51-96
Romania	Cenad, Fundulea, Lovrin, Marculesti, Secuieni, Stefanesti-Arges, Suceava, Tirgul Frumos,	491-950 7.9-11.5	Chernozems, Phaeozems, Kastanozems, Luvisols, Stagnosols	70-83
Hungary	Debrecen, Iregszemcse, Jak, Karcag, Kenyeri, Kompolt, Mariettapucsza, Penyige, Szeged	541-769 9.2-10.4	Chernozem, Gleysols, Solonetz, Cambisols, Luvisols	52-87
Russia, Belorussia	Menkovo, Ustje	620-708 3.1-5.1	Albeluvisols	57-58

¹ Annual precipitation (mm), average annual temperature (°C), ² Dominating Reference Soil Groups [30]

RE-EVALUATION OF THE HISTORICAL TRIAL SERIES

We created a set of more than 4,000 meta-data. Besides factors of tillage depth and fertilizer rates, the data set includes soil, and climate data, data for weeds and others. Soil and climate data enabled a bonitation of the overall soil quality as assessed by the Muencheberg Soil Quality Rating (M-SQR) [31, 32].

Factor analyses revealed strongest influence of the overall soil quality (M-SQR score) and of the organo-mineral fertilization on yields of all crops. This is also visible in Figure 1. It shall show general trends. Most important is the crop yield level not lower than 25 dt/ha in all fertilised variants.

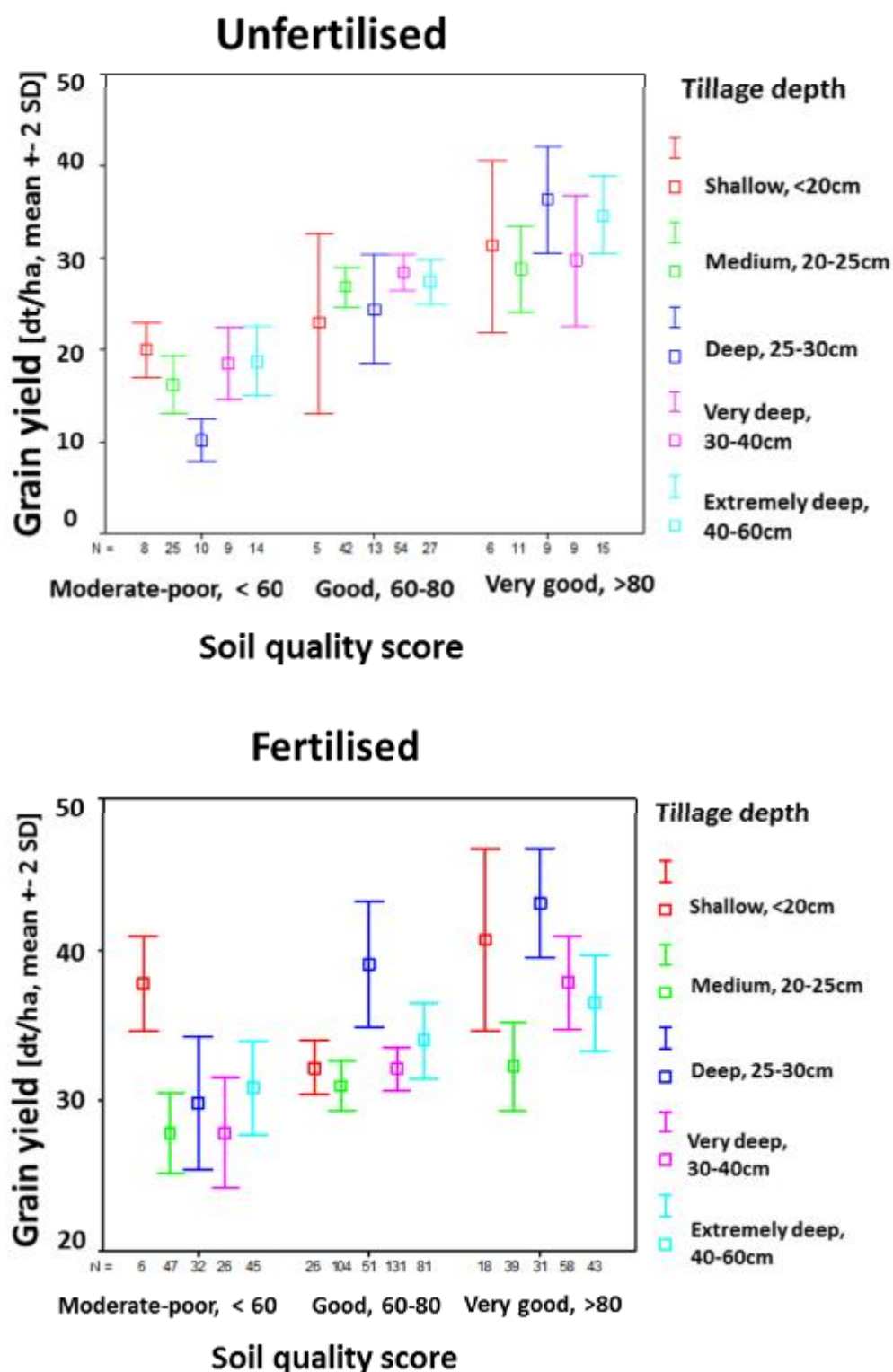


Figure 1- Grain yield of small grain cereals as depending on soil quality, fertilisation state and tillage depth, series of late Holocene tillage trials on 50 locations in 8 countries of Eastern and Central Europe

Tillage depth had minor influence on yields. Without fertilization, a slight positive influence is visible, whereas there was no clear effect on fertilised plots. Inconsistencies are due to site-specific tillage implements and other factors. For example, in case of cereals shown here, deep tillage was a secondary effect in many cases. Variants tilled deeper than 25 cm experienced this deep tillage for the preceding root crop. Tillage depths of 25-30 cm were created by ploughs (deep blue bars) in the very most cases. This variant was best on the majority of soils, on good and very good soils in particular. The reason was effective weed control through ploughing, thus leading to increased crop yields. Root crops showed

positive correlations with deep and regular soil tillage. Experiments of Koch et al. (2009) confirmed this [33].

As poor sandy soils are easy to till and to manage, also intensive shallow tillage provided good weed control, whilst deep ploughing of 25-35cm brought up too much infertile subsoil into the seedbed zone. Without organo-mineral fertilisation this led to yield depressions over several years.

Deepening the humic horizon or loosening the subsoil showed a tendency of yield improvement on a few sites. It should be noted that deep tillage is a special kind of tillage. Tillage depth exceeds the depth of the current ploughing (Ap) horizon in most cases. Stepwise deepening of the topsoil horizon by burial of organic material and compensation of this loss in the upper layer thru organo-mineral fertilisation could be an interesting option for carbon sequestration. Under typical humid conditions of Europe, not ploughless tillage, but casewise deep tillage could be a useful tool of climate smart agriculture. Technical solutions for the approach of “Partial deepening of A-Horizon” had been developed and tested already in the 1970s and 1980s [34, 35, 36]. A meta-data analysis of deep tillage trials conducted by Schneider et al. (2017) [37] on other sites in Europe revealed that mean deep tillage effects on crop yield showed huge variability but was slightly positive (+6%).

CONCLUSIONS

1. Analyses of long-term agricultural trials can be useful for defining horizons of future cropping systems. To understand consequences of limiting the use of herbicides, fungicides and other pesticides, the horizon of the 1950-1965 years could serve as a model.
2. This time period is close to the boundary between Late Holocene and Anthropocene. Trials under study fell into this period. Eastern European agriculture was characterised by mechanized soil and crop management, moderate field sizes, wide and balanced crop rotations, application of mineral and organic fertiliser, but only marginal application of herbicides, fungicides and pesticides at this time.
3. Mineral and organic fertilisation is essential for all soils to maintain soil fertility through compensating soil nutrient losses due to harvest withdrawals and leaching, and for maintaining the humus level, which has a complex function in soils.
4. Principles and procedures of soil tillage depend on site-specific factors. Erosion risk is a key criterion. If this risk is not evident or can be eliminated by landscape design, for example, by buffer strips or reducing field sizes, soil tillage is a proven method for achieving high soil productivity.
5. Soil diagnostic criteria such as strength, density and water status are decisive for the choice of basic tillage procedures and depth of tillage [38]. In the humid and sub-humid zones, the moldboard plough is a proven device for basic tillage. It is most effective for the suppression of weeds and reduction of fungi infestation in cereal-dominated rotations, and for providing a good soil structure for root crops.
6. Based on the status of soil and crop rotation, flexibility in the choice of tillage procedures is needed. Phases of reduced tillage or no-till can be included into rotations.

APPENDIX: PHOTOS OF TILLAGE AND ITS EFFECTS



Photo 1, 2 - Moldboard ploughing is a traditional technology of basic soil tillage. It was the dominating technology worldwide about until 1970. Due to accelerated soil erosion caused by ploughing and broad availability of glyphosate for weed control, ploughing is increasingly replaced by non-soil-inverting technologies, reduced tillage or No-Till. On soils without erosion risk, ploughing could experience a renaissance because of its effectiveness for mechanical weed and fungi control.



Photo 3, 4 - Negative effects of tillage erosion in an undulating landscape in East Germany due to permanent moldboard ploughing. The former subsoil clay accumulation horizon Bt has reached the soil surface because about 50 cm soil above had been eroded. The structural conditions of the Bt horizon are so poor, that maize (left side) and rapeseed (right side) could not emerge. Erosion damage became particular evident after impacts into the landscape structure such as elimination of hedges and buffer strips in the 1970th. These eroded soils are potential subjects to re-forestation with benefits for the landscape carbon balance, biodiversity and sustainability of agriculture.



Photo 5, 6 – Non inverting tillage technologies by cultivators in combination with other implements became very common in Europe. They are effective and perform well under conditions of weed and fungi suppression thru agrochemicals. In case of shallow tillage, dust emissions can be a problem on sandy and silty soils. This dust may contain enhanced amounts of detrimental fungi spores (mycotoxins) which had developed under warm and humid conditions before.

ACKNOWLEDGEMENT: Blair M. McKenzie receives support from the Rural & Environment Science & Analytical Services Division of the Scottish Government.

REFERENCES

- [1]Montgomery, D. R. 2007. *Dirt: The Erosion of Civilizations*. German version 2010. Oecom Munich 347pp.
- [2]Scheffer, F., Schachtschabel, P., Blume, H-P., Brümmer, G., Schwertmann, U., Horn, R., Kögel-Knaber, I., Stahr, K.u. a.2002. *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg u. a. 2002, ISBN 3-8274-1324-9.
- [3]Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A. & Ellis, M. 2011. The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 369, 835–841
- [4]Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe. European Conservation Agriculture Federation (ECAAF), Technical Report · July 2017. Authors: Emilio J. González-Sánchez; Manuel Moreno-García, Amir Kassam; Antonio Holgado-Cabrera; Paula Triviño-Tarradas; Rosa Carbonell-Bojollo; Michele Pisante; Oscar Veroz-González; Gottlieb Basch. ISBN: 978-

- 84-697-4303-4. <https://www.gkb-ev.de/rueckblick/2017/17-07-11-ca-report-part1.pdf>, accessed on Jan . 15, 2018
- [5]Goddard, T., Zoebisch, M.A., Gan, Y., Ellis, W., Watson, A. and Sombatpanit, S., Eds., 2008, WASWC. No-till Farming Systems. p 479 – 495 <https://betuco.be/CA/No-tillage%20%20Farming%20System.pdf>, accessed on Jan . 15, 2018
- [6]Grunwald, L. C. et al. 2016. Modern Cropping Systems and Technologies for Soil Conservation in Siberian Agriculture. In: Mueller L., Sheudshen A., Eulenstein F. (eds) Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia. Springer Water. Springer, Cham, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24409-9_31, accessed on Jan . 15, 2018
- [7]Kassam, A., Basch, G., Friedrich, T., Shaxson, F., Goddard,, T., Amado, T.J.C., Crabtree, B., Hongwen, L., Mello, I., Pisante, M., Mkomwa, S.2013. Sustainable Soil Management Is More than What and How Crops Are Grown. p. 338-398. In: Lal, R. and B.A. Stewart (Edts) Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems CRC Press, June 10, 2013, 568 pp
- [8]Lal R. .2008. Soils and sustainable agriculture. A review, Agron. Sustain. Dev. 28, 57–64.
- [9]Rockström, J., Williams,J., Daily, G., Noble, A., Matthews,N., Gordon,L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah,M., Steduto, P., de Fraiture, C., Hatibu, N., Unver, O., Bird,J., Sibanda, L., Smith, J. 2017. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. Ambio Feb 2017, Vol 46, 1, 4–17
- [10]FAO 2017. Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. <http://www.fao.org/3/a-bl813e.pdf>. accessed on Jan . 15, 2018
- [11]Ehlers W 1975 Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled Loess soil. Soil Sci 119: 242-249
- [12]Tebrügge, F., Düring, R.A. 1999. Reducing tillage intensity—a review of results from long-term study in Germany. Soil Till. Res. 53, 15–28.
- [13]WWF 2016. Agriculture and Environment: Soybeans. Better Management Practices: No-Till/Conservation Tillage http://wwf.panda.org/what_we_do/footprint/agriculture/soy/better_management_practices/no_till/
- [14]Arvidsson, J., Etana, A., Rydberg, T.. 2014. Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983–2012. European Journal of Agronomy Vol 52, Part B, Jan 2014, 307-315
- [15]Van den Putte, A., Govers, G., Diels,J., Gillijns, K., Demuzere, M.2010. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. European Journal of Agronomy. Vol 33, Issue 3, Oct 2010, 231-241
- [16]D’Hose, T., Molendijk, L., van Vooren, L., van den Berg, W., Hoek, H., Runia, W., van Evert, F., ten Berge, H., Spiegel, H., Sandèn, T., Grignani, C., Ruyschaert, G. 2018. Responses of soil biota to non-inversion tillage and organic amendments: An analysis on European multiyear field experiments. Pedobiologia Vol 66, Jan 2018, 18-28, <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.12.003>
- [17]Kehlenbeck, H., Saltzmann, J., Schwarz, J., Zwerger, P., Nordmeyer, H., Roßberg, D., Karpinski, I., Strassemer, J., Golla, B., Freier, B. 2015. Impact assessment of partial or complete abandonment of glyphosate application for farmers in Germany (In German). Julius–Kühn Archiv 451, 151 p. <https://doi.org/10.5073/jka.2015.451.000>
- [18]Kumar,V., Jha, P. 2015. Influence of glyphosate timing on Kochia scoparia demographics in glyphosate-resistant sugar beet Crop Protection, Vol 76, Oct 2015, 39-45
- [19]Busi, R., . Powles, S.B. 2016. Transgenic glyphosate-resistant canola (Brassica napus) can persist outside agricultural fields in Australia. Agriculture, Ecosystems & Environment, Vol 220, 15 March 2016, 28-34
- [20]Aparicio, V.C., De Gerónimo, E., Marino, D., Primost, J., Carriquiriborde, P., Costa, J.L. 2013 Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. Chemosphere, Vol 93, Issue 9, Nov 2013, 1866-1873
- [21]Lupi, L., Miglioranza, K.S.B., Aparicio, V. C., Marino, D., Bedmar, F., Wunderlin, D. A. 2015. Occurrence of glyphosate and AMPA in an agricultural watershed from the southeastern region of Argentina. Science of The Total Environment, Vol 536, 1 Dec 2015, 687-694
- [22]Roy NM, Carneiro B, Ochs J (2016) Glyphosate induces neurotoxicity in zebrafish. Environmental Toxicology and Pharmacology Vol 42, March 2016, 45–54
- [23]Newman, M.M., Hoilett, N., Lorenz, N., Dick, R.P., Liles, M. R., Ramsier, C., Kloepper. J. W. 2016. Glyphosate effects on soil rhizosphere-associated bacterial communities. Science of The Total Environment, Vol 543, Part A, 1 Feb 2016, 155-160

- [24]Peigné, J., Vian, J.-F., Payet, V., Saby, N.P.A. 2018. Soil fertility after 10 years of conservation tillage in organic farming. *Soil and Tillage Research*, Vol. 175, Jan 2018, 194-204, <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.09.008>
- [25]Barré,K., Le Viol, I., Julliard, R., Kerbiriou, C. 2018. Weed control method drives conservation tillage efficiency on farmland breeding birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol 256, 15 March 2018, 74-81
- [26]McKenzie, B.M.; Stobart, R.; Brown, J.L.; George, T.S.; Morris, N.; Newton, A.C.; Valentine, T.A.; Hallett, P.D.2017. Platforms to test and demonstrate sustainable soil management: integration of major UK field experiments., AHDB Final Report RD-2012-3786, 178pp.
- [27]Müller, M.E.H., Brenning,A., Verch, G., Koszinski, S., Sommer, M. 2010. Multifactorial spatial analysis of mycotoxin contamination of winter wheat at the field and landscape scale *Agriculture, Ecosystems & Environment* Vol 139, 1–2, 15 Oct 2010, 245-254
- [28]Schöneberg, T., Jenny, E., Wettstein, F. E., Bucheli, T. D., Mascher, F., Bertossa, M., Musa, T., Seifert, K., Gräfenhan, T., Keller, B., Vogelgsang, S. 2018. Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Swiss oats—Impact of cropping factors. *European Journal of Agronomy* Vol 92, Jan 2018, 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.004>
- [29]Kunze, A., Kaiser, M., v. Zameck, C., Herzog, R., Bosse, O., Kley, B., Schäfer, W. (1970) Internationale Gemeinschaftsversuche zur Krumenvertiefung. Zusammenfassende Auswertung der Ergebnisse der Jahre 1959/60 bis 1966. DAL zu Berlin, Tagungsbericht Nr. 107, 391 pp.
- [30]WRB. 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006, A Framework for International Classification, Correlation and Communication, FAO Rome, 2006, World Soil Resources Reports 103, 145 pp.
- [31]Mueller, L., Schindler, U., Mirschel, W., Shepherd, T. G., Ball, B., Helming, K., Rogasik, J., Eulenstein, F., Wiggering, H. (2010) Assessing the productivity function of soils: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 3, 601-614
- [32]Mueller, L., Schindler, U., Hennings, V., Smolentseva, E. N., Rukhovich, O.V., Romanenkov, V.A., Sychev, V.G., Lukin, S., Sheudshen, A.K., Onishenko, L., Saparov, A., Pachikin, K., Behrendt, A., Mirschel, W., Eulenstein, F. (2016) An Emerging Method of Rating Global Soil Quality and Productivity Potentials. In: Mueller, L., Sheudshen, A. K., Eulenstein, F. (eds), *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia*, Springer Water. Springer International Publishing, Cham.p. 573-595 http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-24409-9_26
- [33]Koch, H.-J., Dieckmann, J., Büchse, A., Märlander, B. 2009. Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy* Vol 30, 2, Feb 2009, 101-109 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.08.001>
- [34]Baur, A., Herzog, R., Weinkauf, H. 1988. Krumenbasispflüge B205A- umgerüstete Aufsattelbeetpflüge B200/B201 zur partiellen Krumenvertiefung auf sandigen Böden *agrar-technik* Bd. 38, 1988, 538-541
- [35]Kundler P. (1989) Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1st ed., 452 p.
- [36]Mueller, L., Heim, H., Moritz, U.1993. Zur Wirksamkeit von meliorativem Tiefpflügen und partieller Krumenvertiefung auf einem Alluvialstandort. *Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.* Vol 37 (1993), pp. 25-32
- [37]Schneider, F., Don, A., Hennings, I., Schmittmann, O., Seidel, S. J. 2017. The effect of deep tillage on crop yield – What do we really know? *Soil and Tillage Research* Vol. 174, Dec. 2017, 193-204, <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.005>
- [38]Mueller L, Lipiec J, Kornecki TS, Gebhardt S.2011. Trafficability and workability of soils. In: Glinski J, Horabik J, Lipiec J (eds) *Encyclopedia of Agrophysics*. Springer Science+Business Media B.V, Dordrecht, pp 912–924

Chapter IV/65: COMPARATIVE ECONOMIC ASSESSMENT BETWEEN CONVENTIONAL AND ORGANIC FARMING AT THE AGRICULTURAL TEST SITE WAGNA, AUSTRIA

Глава IV/65: Сравнительная экономическая оценка традиционного и органического сельского хозяйства на сельскохозяйственном опытном поле Вагна, Австрия

Gernot Klammler*¹; Heinz Köstenbauer²; Johann Robier³; Dagobert Eberdorfer³; Josef Pferscher³; Georg Fastl⁴; Johann Fank¹

DOI 10.25680/8722.2018.51.37.330

*Email: gernot.klammler@jr-aquaconsol.at

1.JR-AquaConSol GmbH, Steyrergasse 21, 8010 Graz, Austria

2.Bio Austria, Krottendorferstraße 81, 8052 Graz, Austria

3.Versuchsreferat Steiermark, Hatzendorf 181, 8361 Hatzendorf, Austria

4.Obst- und Weinbauschule Silberberg, Kogelberg 16, 8430 Leibnitz, Austria

ABSTRACT. Between 2005 and 2014 the agricultural test site Wagna, Austria, investigated the environmental impacts of a conventional and an organic farming strategy on groundwater. The recorded data allow also an assessment of the economic profit of these two cultivation systems. This assessment includes revenues from selling cash crops and straw, costs for seeds of cash crops and cover crops, costs for fertilizers, plant protection and plant care, machine and personnel costs and costs for harvesting and drying. The results show that even if crop yields are lower, the revenues of the organic farming strategy are slightly higher than for conventional farming. After charging machine and personnel costs to the appropriate management measures, costs for fertilization, harvesting and drying are higher for conventional farming. Costs for seeding of cover crops and plant protection and care are higher for organic farming. Costs for seeding of cash crops as well as tillage costs are similar for both cultivation strategies. Overall, organic farming results in higher economic profits of 298 €/ha/a than conventional farming yielding 169 €/ha/a.

Резюме. В период с 2005 по 2014 гг. на сельскохозяйственном опытном поле Вагна, Австрия, исследовалось воздействие традиционной и органической систем земледелия на качество подземных вод. Полученные данные позволяют также оценить прибыль для этих двух систем земледелия. Эта оценка включает выручку от продажи товарной продукции и соломы, затраты на семена товарных и промежуточных культур, на удобрения, защиту растений и уход за растениями, на сельскохозяйственную технику, на оплату труда, на уборку и сушку. Результаты показывают, что даже при более низкой урожайности выручка при органической системе земледелия немного выше, чем при традиционной. После учета затрат на технику и на оплату труда, соответствующих технологическим приемам, затраты на внесение удобрений, уборку и сушку урожая выше для традиционной системы. Затраты на посев промежуточных культур, защиту растений и уход за растениями выше для органической системы. Затраты на посев товарных культур, а также затраты на обработку почвы близки для двух систем земледелия. В целом, органическое сельское хозяйство дает более высокую прибыль (298 € на 1 га в год), чем традиционное (169 € на 1 га в год).

KEYWORDS: agriculture, conventional farming, organic farming, economic profit

Ключевые слова: сельское хозяйство, обычное сельское хозяйство, органическое земледелие, экономическая прибавка

INTRODUCTION

A total of 14% of the arable land in Austria (approximately 190.000 ha) are cultivated by organic farming (OF) [1]. In contrast to conventional farming (CF), which uses chemical plant protection, organic farming is generally controlled by a combination of an appropriate crop rotation with mechanical weed control. According to various authors [2,3,4,5,6] crop yields from OF are generally lower than yields from CF. On the one hand this is a challenge in view of the increasing global demand of food [7]. On the other hand, however, the risk of environmental pollution (e.g., due to the application of pesticides) and the accumulation of hazardous substances in the environment and in the food chain is avoided with OF. This includes groundwater resources for drinking water from unconfined shallow aquifers as it is commonly explored in certain regions of Austria (e.g., in the state of Styria 58% or 39.8 Mio. m³/a [8]), which in addition provide best agricultural production conditions (e.g., the Murtal aquifer in Styria south of Graz [9]). This poses a contamination risk with significant potential for social and environmental damage.

Although there are generally higher crop yields for CF, the economic surplus for OF does not have to be lower. According to [5,6,10] the profit of OF is similar to CF. This is a consequence of higher market prices for organic products [4,6] and lower production costs for OF [3,5]. Also, environmental compensation payments from the government are generally higher for OF.

The objective of this paper is to assess the financial profit of both, the OF and the CF system, cultivated at the agricultural test site Wagna, Austria. This is done for the period from 2006 to 2014 and by neglecting governmental subsidies.

AGRICULTURAL TEST SITE WAGNA

The agricultural test site Wagna (Figure 1) consists of 32 test plots (1.000 m² each) and is located approximately 30 km south of Graz, Austria. Between 2005 and 2014 (2005 not considered in the assessment due to possible influence of previous cultivation) the difference between CF and OF (16 plots each) has been researched. The two crop rotations are cultivated in four variations (i.e., crop rotation starts with different crop in the same year) and four repetitions. A detailed description of the test site is given in [11].



Figure 1 – The agricultural test site Wagna, Austria.

Conventional Farming

Between 2006 and 2009 the crop rotation maize–maize–winter grain (barley or triticale)–oil pumpkin was cultivated. In 2010 the crop sequence changed into maize–oil pumpkin–maize–triticale. The fertilization strategy is based on a low nitrogen fertilization management according to a guideline for appropriate fertilization [12]. The mean annual average nitrogen fertilization rate applied at the conventionally cultivated test plots is approximately 120 kg N/ha/a for the period 2006-2014. The application of pesticides, herbicides and fungicides follows the common usage in the Murtal aquifer. The crop rotation is generally cultivated with hardy cover crops (e.g., forage rye after maize, ryegrass after pumpkin or a mixture of winter turnip rape, sunflower and mustard after winter grain); soil tillage is done by plough and harrow.

Organic Farming

The OF strategy at Wagna test site complies with the regulations according to the European Council [13,14]. The nitrogen input is generally provided by nitrogen fixation of legumes. The nitrogen amount applied due to fertilization is less than 7 kg N/ha/a (one application of 50 kg nitrogen within an eight year period). The crop rotation for the OF system until 2009 was maize–winter grain (spelt or triticale)–oil pumpkin–alfalfa. In 2010 the crop rotation changed and maize–oil pumpkin–maize–triticale was cultivated. The OF management strategy generally cultivates an undersown cover crop consisting of an alfalfa/clover-mixture. A basic element concerning weed control is hoeing, either by hand or by machinery. For soil tillage, ripper, plough and harrow are used.

ECONOMIC ASSESSMENT

The economic assessment is based on the real operated cultivation and recorded crop yields of the agricultural test site Wagna, Austria, for the period of 2006 to 2014. This comparative assessment of OF and CF does not include any governmental subsidies. Herein, the following principle is applied for determining the economic profit:

Profit = Revenues from cash crops + Revenues of selling straw – Costs for seeds of cash crops – Costs for seeds of cover crops – Costs for fertilizers – Costs for plant protection and plant care – Machine costs (including tillage costs) – Harvesting and drying costs

Revenues from cash crops

Revenues from selling the harvest depend on crop yields and gross market prices for the different crops. Since market prices of crops are strongly variable, market prices based on statistical data [15,16] are used if available. Furthermore, market prices based on information from a contracting company [17] and based on expert opinion [18] are used. The average market prices are presented in Table 1.

Table 1 Market prices for crops averaged between 2006 and 2014.

[€/kg]	Maize	Oil Pumpkin	Triticale	Winter barley	Spelt
CF	0.1715	3.3264	0.1549	0.1444	-
OF	0.2788	4.3540	0.2593	-	0.3900

Revenues from selling straw

If straw of winter grain is not chopped and left on the field, a market price of 0.03 €/kg is used for calculating respective revenues. This price is an average usual market price based on expert opinion [18] and does not change significantly over the calculation period.

Costs for seeds of cash crops, seeds of cover crops and chemical plant protection

Amounts and sorts of cash crops, cover crops and chemical plant protection within this economical assessment comply with the real cultivation at the agricultural test site Wagna. The market prices used are provided from a local agricultural store [19].

Costs for fertilizers

Costs for mineral fertilizer and the organic farm fertilizer are provided by local agricultural stores [19,20]. Since a CF system in the region of the Murtal aquifer is commonly combined with pig fattening or pig breeding an average amount of 48 kg/ha/a slurry is produced [9]. Thus, it is assumed that the CF system must not buy liquid manure and, therefore, only the costs for manpower and machines for the application of liquid manure are considered.

Tillage costs

Tillage costs are entirely attributed to machine costs.

Machine costs

Machine costs have to be considered for all seeding-, fertilization-, plant protection- and tillage-steps (harvesting assumed by contractor). This information is available from the Austrian Institute for Agricultural Engineering and Development [21], where costs in €/h (Euro per hour) in combination with expenditures of time in h/ha (hours per hectare) are provided for single years. Machine costs also include costs for the driver of the tractor to implement an assessment quantifying the expenditure of time of the farmer [21]. Furthermore, due to some crops require also manual hoeing (especially oil pumpkin cultivation in the OF system), costs for respective operations are also considered in the calculation as machine costs.

Costs for harvesting and drying

Costs for harvesting and drying of maize and winter grain are calculated based on information from the Austrian Agency for Agriculture [16]. It is assumed that harvesting and drying (drying for winter grain is generally not required) is done by a contractor, where harvesting costs are dependent on the harvested yield and drying costs are dependent on the harvested moist yield and the percentage points to be dried.

RESULTS AND DISCUSSION

Crop yields from OF are on average 19% lower for maize (CF: 9.5 t/ha; OF: 7.7 t/ha), 20% lower for oil pumpkin (CF: 0.6 t/ha; OF: 0.48 t/ha) and 44% lower for triticale (CF: 6.4 t/ha; OF: 3.6 t/ha) compared to CF.

The overall profit for CF and OF is 169 and 298 €/ha/a, respectively. Highest mean profits are achieved for maize of OF; lowest for triticale at CF (not considering alfalfa between 2006-2009 at OF, which is no cash crop). The fluctuation of annual profits is rather high from year to year, which mainly depends on varying annual crop yields and market prices. In Table 2 an overview of annual average revenues and costs for itemized in- and output processes is given. Machine costs are already charged to the appropriate processes. The table shows that revenues are slightly higher for OF. Costs for fertilization, harvesting and drying are higher for CF than for OF. Costs for seeding of cover crops and plant protection and care are

higher for OF. Costs for seeding of cash crops as well as tillage costs are similar for both cultivation strategies.

Table 2 Economic profit for conventional and organic farming at the agricultural test site Wagna, Austria, itemized by in- and output processes (machine costs charged to appropriate processes)

[€/ha/a]	<i>Conventional Farming</i>	<i>Organic Farming</i>
Revenues from cash crops	1519	1548
Revenues of selling straw	13	0
Costs for seeding of cash crops	-244	-253
Costs for seeding of cover crops	-115	-156
Costs for fertilization	-216	-63
Costs for plant protection and care	-119	-192
Tillage costs	-263	-272
Harvesting and drying costs	-406	-314
Profit	169	298

Results show that, on the one hand crop yields of CF are generally higher at Wagna test site, but on the other hand OF achieves a higher economic profit. The financial advantage of OF is due to higher market prices and lower total management costs, which goes along with results of other authors [3,4,5,6]. Most significantly is the difference in fertilization costs, which amounts to 153 €/ha/a. Because of lower yields also costs for harvesting and drying are 92 €/ha/a lower for OF. OF does not use any chemical plant protection causing costs, but organic weed and pest control is rather cost intensive. Especially mowing and chopping operations of alfalfa as main crop between 2006 and 2009 are the most expensive plant protection and care measures within the OF system. But also mechanical plant protection by hoeing is costly. This difference is visible in Table 2, where organic plant protection and care is 73 €/ha/a more expensive (including also manual hoeing operations for oil pumpkin) than chemically based plant protection.

Because subsidies are generally not considered within this paper, real profits are higher than presented here. On the one hand, subsidies from the basic fund for market regulation issues would increase the CF as well as the OF profits to same amounts. On the other hand, environmental compensation payments would be different for each management strategies.

The crop rotation cultivated in Wagna is representative for most parts of the Murtal aquifer; soils predominant at the test site are also common for the lower terraces of the Murtal. Thus, results of this work are not only significant for the location of the test site, but also for large parts of the Murtal aquifer.

CONCLUSIONS

1. Crop yields are significantly lower with OF than CF (especially for winter grain).
2. The economic profit of the OF strategy is generally higher than for conventional farming.
3. Results are strongly dependent on crop yields and market prices, which may vary significantly from year to year.
4. Highest differences of costs between CF and OF come from fertilization.
5. Costs for plant protection and care are higher for OF than for CF.

REFERENCES

- [1]BMLFUW. 2012. Grüner Bericht 2012 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 336 p., Wien.
- [2]Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J. A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229-232.
- [3]Urfi, P., Hoffmann, A., Kormosné Koch, K. 2011. The comparative cost and profit analysis of organic and conventional farming. *Studies in Agricultural Economics* 113, 67-84.
- [4]Nemes, N. 2009. Comparative analysis of organic and non-organic farming systems: A critical assessment of farm profitability. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 33
- [5]Greer, G., Kaye-Blake, W., Zellman, E., Parsonson-Ensor, C. 2008. Comparison of the financial performance of organic and conventional farms. *Journal of Organic Systems* 3(2), 18-28.
- [6]Offermann, F., Nieberg, H. 2000. Economic performance of organic farms in Europe. *Organic farming in Europe: Economics and Policy*. Volume 5. Stuttgart-Hohenheim, 198 p.

- [7]Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812-818.
- [8]Amt der Steiermärkischen Landesregierung. 2002. Wasserversorgungsplan Steiermark – Ein Leitfaden für die öffentliche Wasserversorgung. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 19A, Wasserwirtschaftliche Planung u. Hydrographie, 231 p., Graz.
- [9]Fank, J., Feichtinger, F., Dersch, G., Robier, J. 2010: Ackerbauliche Maßnahmen für eine grundwasserverträgliche Landwirtschaft im Murtal (Graz bis Bad Radkersburg). Unpublished report. Institut für WasserRessourcenManagement – Hydrogeologie und Geophysik, Joanneum Research Graz, Austria.
- [10]Delate, K., Duffy, M., Chase, C., Holste, A., Friedrich, H., Wantate, N. 2003. An economic comparison of organic and conventional grain crops in a long-term agroecological research (LTAR) site in Iowa. *American Journal of Alternative Agriculture* 18(2), 59-69.
- [11]Klammler, G., Fank, J. 2013. Measuring water and nitrogen balances for beneficial management practices using lysimeters at Wagna test site (Austria). *Agr. Water Manage.* (submitted).
- [12]BMLFUW. 2006. Richtlinien für die Sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Aufl., Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 79 p., Wien.
- [13]EC (European Council). 2007. Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2007R0834:20081010:EN:PDF>, valid on July 27, 2013.
- [14]EC (European Council). 2008. Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labeling and control. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2008R0889:20130101:EN:PDF>, valid on July 27, 2013.
- [15]AWI. 2014a. Buchführungsergebnisse. <http://www.agraroeconomik.at/index.php?id=buchfuehrungsergebnisse&L=1%2520%252F%253F&K=0>, valid on December 4, 2014.
- [16]AWI. 2014b. IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. <http://www.awi.bmlfuw.gv.at/idb/default.html>, valid on December 4, 2014.
- [17]ALWERA. 2014. Market prices for oil pumpkin. Personal communication with Mr. Franz Wagnes from ALWERA on December 2, 2014, www.alwera.at.
- [18]BIO AUSTRIA. 2014. Market prices for organic maize, triticale, spelt and selling straw. Personal communication with Mr. Heinz Köstenbauer from BIO AUSTRIA on December 9, 2014, www.bio-austria.at.
- [19]Lagerhaus Wildon. 2014. Market prices for cash crops, cover crops, fertilizers and chemical plant protection. Personal communication with Mr. Karl Hammer from Lagerhaus Wildon on December 5, 2014, www.lagerhaus.at.
- [20]WILFINGER. 2013. Market price for the farm fertilizer Biofert. Personal communication with Wilfinger Company on June 22, 2013, www.biofert.at.
- [21]ÖKL. 2014. ÖKL-Richtwerte für die Maschinenselbstkosten 2006-2014. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung, Wien.

Часть 14 Мелиорация и орошение Part 14 Land Improvement and Irrigation

Основная глава 14.1 Системы мелиорации и орошения земель Main Chapter 14.1 Land Reclamation and Irrigation Systems

Глава IV/66: ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ КИСЛЫХ ПОЧВ Chapter IV/66: Basics of Chemical Melioration of Acid Soils

Владимир В. Окорков

DOI 10.25680/3983.2018.63.65.331

Эл. Почта: okorkovvv@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», отдел агрохимии и экологии, ул. Центральная 3, 601261, Владимирская обл., Суздальский р-н, пос. Новый, Россия

РЕЗЮМЕ. Кислотность почвы – важнейший аспект качественной оценки почв в зоне достаточного увлажнения, а её снижение является базисом повышения их плодородия. Цель работы – разработать механизмы взаимодействия известковых мелиорантов и их сочетания с гипсосодержащими с поглощающим комплексом (ПК) кислых почв для улучшения кислотно-основных свойств. Исследования проводили в модельных лабораторных опытах с почвами разной степени кислотности. Установлено, что в основе взаимодействия извести с их поглощающим комплексом лежит гидролиз карбонат-ионов растворяющегося мелиоранта с образованием гидроксил-ионов. Они связывают ионы водорода и алюминия ПК соответственно в малодиссоциированные (H_2O) и малорастворимые ($Al(OH)_3$) соединения. Степень гидролиза карбонат-ионов (коэффициент использования мелиоранта) снижается с уменьшением кислотности почв. На более агрегированных почвах разработан механизм взаимодействия сочетания извести и гипса с их ПК, что может быть положено в основу комплексной мелиорации кислых почв.

Abstract. Soil acidity is the most important aspect of the qualitative evaluation of soils in the humid zone, and its reduction is the basis of increasing their fertility. The purpose of this paper is to show mechanisms of interaction of calcareous and gypsum-containing ameliorants with the absorption complex (AC) of acidic soils for improving the acid-based properties. The study was carried out in model laboratory experiments with soils of different degrees of acidity. It was found that in the basis of interaction of lime with the absorption complex is the hydrolysis of carbonate ions of the ameliorant with the formation of hydroxyl ions. They bind hydrogen ions and aluminum ions of the AC with slightly dissociated (H_2O) and partially soluble ($Al(OH)_3$) compounds. The degree of hydrolysis of carbonate ions (utilization coefficient of the ameliorant) decreases with decreasing soil acidity. On more aggregated soils mechanism of interaction of a combination of lime and gypsum with their AC was studied, that could be the basis of a complex melioration of acid soils.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кислые почвы, известь, гипс, поглощающий комплекс, ионы водорода и алюминия поглощающего комплекса, гидролиз карбонат-ионов извести, степень гидролиза

Keywords: acidic soils, lime, gypsum, absorption complex, hydrogen and aluminium ions of absorption complex, hydrolysis of carbonate ions of lime, the degree of hydrolysis

ВВЕДЕНИЕ

В России из 50 млн. га кислых почв сильно- и среднекислые занимают 25 млн. га. Кислотность этих почв – генетическое свойство, связанное с климатом и условиями почвообразования на бескарбонатных почвообразующих породах. По К.К. Гедройцу [1] она обусловлена наличием в обменном комплексе ионов водорода. Последующие исследования показали, что кислотность может быть обусловлена как ионами водорода (на органической части почв), так и ионами алюминия (на минеральной). Последние являются наиболее вредными для растений [2, 3]. Основным прием устранения почвенной кислотности, впервые предложенный К.К. Гедройцем, - известкование. Механизм его – вытеснение из ПК поглощенных ионов водорода кальцием известкового материала. Анализ работ современных исследователей [4] по размерам использования извести на снижение гидролитической кислотности, проведенный в работах [5, 6],

позволил высказать положение о том, что механизм взаимодействия извести с ПК кислых почв связан с щелочным гидролизом карбонат-ионов её преимущественно по 1-й ступени. При этом образовавшиеся ионы гидроксила нейтрализуют почвенную кислотность. Места нейтрализованных ионов занимают ионы кальция. В этом случае теоретическая величина коэффициента использования приближается к величинам, рассчитанным по данным полевых опытов исследователей. Эти выводы и положения не противоречили последующим исследованиям [7]. В работах [8-12] для увеличения мощности корнеобитаемого слоя кислых почв предлагалось использовать гипс и фосфогипс. В этой статье представлены результаты экспериментальных исследований по взаимодействию доломитовой муки и гипса с ПК кислых почв.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были проанализированы результаты исследований в 4-х сериях модельных опытов с почвами различной степени кислотности [13]. В каждой серии исследования проведены с одной из почв в колонках, в два верхних разделяемых слоя которых (по 10 см) были внесены различные дозы доломитовой муки (ДМ), гипс и его сочетания с ДМ, в два последних слоя мелиоранты не вносили. Через колонки порциями по 50 мл через два дня пропускали по 500 мл дистиллированной воды, что соответствовало выпадению половинной нормы (300 мм) годовых осадков (600 мм). В ряде вариантов через колонки пропускали по 1000 мл воды. Фильтрат собирали по порциям количественно. В нем определяли pH и состав анионов и катионов. По окончании опыта колонки разбирали по почвенным слоям, которые высушивали при 50°C и растирали в фарфоровой ступке, анализировали по общепринятым методикам агрохимического анализа. Величину pH каждого слоя почвы определяли при отношении почва:вода 1:0,5 ($pH_{1:0,5}$). Она приближалась к pH почвенных растворов в слоях колонок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1-й серии опытов для исследований использовали иллювиальный горизонт дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы [14]. Пахотный горизонт её обладал относительно благоприятными свойствами: слабокислой реакцией среды (pH_{KC1} 5,23), степенью насыщенности основаниями около 83%. По величине pH_{KC1} потребность в известковании слабая, а по степени насыщенности основаниями – отсутствует. Иллювиальный горизонт (глубина 44-66 см) имел следующие физико-химические свойства: сумма поглощенных оснований (S) 6,90, гидролитическая кислотность по Каппену (H_T) 9,10, обменная кислотность ($H_{обм}$) 4,16 мг-экв/100 г почвы; обменный алюминий по Соколову 35 мг/100 г почвы; pH_{KC1} 3,66; содержание физической глины 38,4%. Агрегированность ПК весьма слабая [15].

В контрольной колонке (без мелиоранта) после прохождения 500 мл дистиллированной воды сумма поглощенных оснований варьировала от 7,05 до 5,92 мг-экв/100 г (среднее по слоям 6,51), H_T – от 8,66 до 8,22 (среднее 8,44), $H_{обм}$ – от 4,20 до 3,80 мг-экв/100 г (среднее 4,00); $pH_{1:0,5}$ – от 4,70 до 4,46 (среднее 4,60); содержание обменного алюминия – от 36,0 до 30,7 мг Al/100 г (среднее 33,8) (Таблица 1). При прохождении через колонки с разными дозами ДМ (0,52 H_T , 1,05 H_T , 2,09 H_T) 500 мл воды физико-химические свойства иллювиального горизонта существенно улучшались лишь в слое внесения мелиорантов. При применении гипса (1,05 H_T) по сравнению с контрольной колонкой наблюдали снижение H_T на 7,8%, $H_{обм}$ на 6,5, емкости катионного обмена на 3,6, $pH_{1:0,5}$ на 3,5, обменного алюминия на 15,1%; увеличение суммы поглощенных оснований (S) на 4,0%. Сочетание половинных доз (0,52 H_T) ДМ и гипса по сравнению с одной доломитовой мукой вело к дальнейшему улучшению физико-химических свойств B_1 -горизонта: снижение H_T на 12,6%, $H_{обм}$ на 19,4, обменного Al на 16,7%. Однако на 5,2% понижалась величина $pH_{1:0,5}$.

Несмотря на более высокую растворимость в воде гипса (примерно на 2 порядка) против карбоната кальция, в том числе и доломитовой муки, влияние применения полной дозы гипса на снижение гидролитической кислотности было в 5,0-5,8 раз ниже полной дозы ДМ, в 3,3 раза ниже половинной дозы. По сравнению с ДМ гипс весьма слабо снижал и $H_{обм}$ (на 11,0-6,5% в слое 0-20 см). Средняя концентрация в порциях фильтрата суммы катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в вариантах контроля, применения 0,52, 1,05, 2,09 H_T доломитовой муки, 1,05 H_T гипса и сочетания 0,5 H_T ДМ и 0,5 H_T гипса составила соответственно 1,05, 1,13, 1,46, 2,13, 50,0 и 36,4 мг-экв/л. Следовательно, в случае применения разных доз ДМ, сочетания её с гипсом снижение кислотности слабо агрегированного сильнокислого B_1 -горизонта дерново-подзолистой почвы происходило из-за щелочного гидролиза карбонат-ионов по обоим ступеням. Рассчитанные по $pH_{1:0,5}$ значения степени гидролиза карбонат-ионов ДМ были близки к коэффициентам использования (Кисп)

растворенной ДМ на снижение H_T (Таблица 2). Это подтверждает решающую роль гидролиза известковых материалов при их взаимодействии с ПК сильнокислых почв в снижении гидролитической кислотности.

Таблица 1 – Полнота взаимодействия мелиорантов с ПК дерново-подзолистой почвы

Вариант	Слой колонки, см	H _Г , мг-экв/100 г почвы	pH _{1:05}	Степень насыщенности основаниями, %	Нерастворенные карбонаты, мг-экв/100 г (%)	Коэффициент использования мелиорнта, %
Контроль	0-10	8,66	4,70	43,9	Не вносили	-
	10-20	8,49	4,68	45,4		
	20-30	8,40	4,58	42,9		
	30-40	8,20	4,46	41,9		
Гипс в слой 0-20 см	0-10	7,17	4,72	50,5	Не вносили	18,3
	10-20	7,70	4,34	45,8		
	20-30	8,05	4,33	44,6		
	30-40	8,22	4,37	44,1		
ДМ в слой 0-20 см по 0,52 Н _Г	0-10	4,29	5,20	72,4	Нет	93,2
	10-20	4,37	5,38	72,2	>>	
	20-30	8,84	4,78	45,0	Не вносили	
	30-40	9,10	4,62	43,0		
ДМ+гипс в слой 0-20 см по 0,52 Н _Г	0-10	3,50	5,51	74,1	Нет	95,4 – для карбонатов, 14,2 – для гипса
	10-20	3,67	5,07	74,3	>>	
	20-30	8,38	4,41	46,0	Не вносили	
	30-40	7,70	4,17	48,6		
ДМ в слой 0-20 см по 1,05 Н _Г	0-10	1,84	6,11	88,1	Нет	80,8
	10-20	1,66	6,21	89,3	>>	
	20-24	5,77	Не	61,9	Не вносили	
	24-30	8,57	опр.	46,1		
	30-40	8,57	4,56	43,4		
ДМ в слой 0-20 см по 2,09 Н _Г	0-10	1,22	6,53	92,0	7,28 (40,0%)	67,6/40,4*
	10-20	1,22	6,48	92,1	7,36 (40,4%)	
	20-30	8,49	4,68	42,5	Не вносили	
	30-40	8,40	4,58	45,7		

Примечание - * В числителе коэффициент использования растворенного мелиоранта (доломитовой муки), в знаменателе – внесенного мелиоранта (доломитовой муки).

Такой же механизм установлен и для взаимодействия ДМ с ПК сильнокислого иллювиального горизонта дерново-подзолистой почвы, H_T которого на 94 % обусловлена ионами водорода. Однако размеры снижения гидролитической кислотности за счет гипса (1,17 H_T) составили всего около 5% от внесенной дозы.

На почвах с H_T 3-4 мг-экв/100 г почвы применение доломитовой муки (0,66-1,31 H_T) гидролиз CO_3^{2-} протекал на 100 % по 1-й ступени и на 10-20% по 2-й. Более высокая доза мелиоранта (1,31 H_T) обеспечивала более заметное снижение гидролитической кислотности в слое 20-30 см. Применение только гипса не уменьшало H_T . При сочетании ДМ и гипса выявлены нейтрализационный (за счет гидролиза ДМ) и коагуляционный (за счет связывания высокой концентрацией ионов кальция кислотных и солевых групп ПК с выделением ионов водорода в жидкую фазу). Появившиеся ионы водорода нейтрализовались гидроксил-ионами, образующимися при гидролизе бикарбонатов. Это обеспечивает повышение коэффициента использования известкового удобрения (с 0,55 до 0,83). При применении только гипса процесс коагуляции почвенных коллоидов быстро прекращается из-за отсутствия агентов, связывающих выделяющиеся в жидкую фазу ионы водорода [13].

Известно, что на серых лесных почвах наблюдается интенсивное развитие водно-эрозионных процессов. На примере серых лесных почв Верхневолжья показано [13], что эти процессы зависят от их гранулометрического и минералогического состава, физико-химического состояния, которые влияют на пептизацию почвенных коллоидов и уплотняемость почвы [15]. С ростом последней

снижается скорость инфильтрации, усиливая водно-эрозионные процессы и потери элементов питания за счет стока воды и смыва почвы.

Таблица 2 – Степень гидролиза карбонат-ионов доломитовой муки в слое внесения при её взаимодействии в колонках с ПК В₁-горизонта дерново-подзолистой почвы

Вариант опыта	Слой колонки, см	Степень гидролиза CO_3^{2-} растворенного мелиоранта				$K_{\text{исп}}$
		по 1-й ступени	по 2-й ступени	Среднее по 2-м ступеням	Среднее по 2-м слоям	
ДМ в слой почвы 0-20 см по 0,52 Н _Г	0-10	100	93,0	96,5	95,6	93,2
	10-20	100	89,7	94,8		
ДМ + гипс в слой почвы 0-20 см по 0,52 Н _Г	0-10	100	86,6	93,3	95,4	95,4
	10-20	100	94,7	97,4		
ДМ в слой почвы 0-20 см по 1,05 Н _Г	0-10	100	61,8	80,9	79,6	80,8
	10-20	100	56,3	78,2		
ДМ в слой почвы 0-20 см по 2,09 Н _Г	0-10	100	38,2	69,1	69,8	67,6
	10-20	100	40,9	70,4		

В модельных лабораторных опытах установлено [16], что для повышения инфильтрационных свойств серых лесных почв избыточного увлажнения и снижения их гидролитической кислотности наполовину можно применять доломитовую муку по полной Н_Г и сочетание её с гипсом в дозе 1/3 Н_Г. Наиболее длительным действием на сохранение повышенной инфильтрационной способности обладает сочетание ДМ в дозе 1,5 Н_Г с гипсом в дозе 0,5 Н_Г.

Потеря агрегативной устойчивости (коагуляция) почвенных коллоидов серых лесных почв (увеличение скорости инфильтрации) наблюдалась в результате:

- нейтрализации ионов водорода ионами гидроксила, образовавшимися при гидролизе карбонат-ионов доломитовой муки;
- нейтрализационной коагуляции – связывания высокой концентрацией 2-х валентных катионов кальция и магния функциональных групп поглощающего комплекса с вытеснением в жидкую фазу ионов водорода и последующего связывания их гидроксил-ионами (сочетание ДМ и гипса);
- концентрационной коагуляции, заключающейся в сжатии двойного электрического слоя (ДЭС) высокой концентрацией солей (при применении гипса в дозе 1/3 Н_Г).

Установлено, что на серых лесных почвах с емкостью поглощения 34-36 мг-экв/100 г почвы размеры выноса солей в более глубокие слои при применении гипса в 2-3 раза более низкие, чем на дерново-подзолистых почвах, что позволяет шире использовать смеси известковых материалов с гипсосодержащими.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Снижение гидролитической кислотности сильноокислых, слабо агрегированных иллювиальных горизонтов дерново-подзолистых почв известковыми удобрениями происходит в результате нейтрализации ионов H^+ ионами гидроксила и образования с ними малорастворимых гидроксидов алюминия. Ионы гидроксила образуются в результате щелочного гидролиза CO_3^{2-} мелиоранта, протекающего полостью по 1-й ступени и частично по 2-й. Места связанных ионов водорода и алюминия занимают ионы кальция (магния). Взаимодействие мелиоранта с поглощающим комплексом протекает преимущественно в слое его внесения.
2. На более агрегированных и широко используемых в сельскохозяйственном производстве почвах с гидролитической кислотностью 4-6 мг-экв/100 г взаимодействие известковых удобрений с ПК происходит при гидролизе CO_3^{2-} преимущественно по 1-й ступени. Небольшое снижение Н_Г наблюдается и глубже слоя внесения мелиоранта. Для надежного и быстрого снижения Н_Г глубже слоя заделки мелиоранта (увеличения мощности корнеобитаемого слоя) необходимо сочетание известковых материалов с гипсосодержащими. В этом случае повышаются степень гидролиза карбонат-ионов мелиорантов и коэффициенты использования их на уменьшение гидролитической кислотности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв. – М.: Сельхозгиз, 1932. – 203 с.
- [2]Известкование кислых почв / Под ред. Н.С. Авдониной, А.В. Петербургского, С.Г. Шедерова. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
- [3]Юлушев И.Г. Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтной организации систем земледелия ВКЗП: Учебное пособие. – М.: Академический Проект; Киров, Константа, 2005. – 368 с.
- [4]Вопросы известкования почв / Под ред. И.А. Шильникова, Н.И. Акановой. – М.: Агроконсалт, 2002. – 292 с.
- [5]Окорков В.В. О механизме и эффективности взаимодействия извести с кислыми почвами // Агрохимия. – 2004. - № 7. – С. 11-21.
- [6]Окорков В.В. Поглощающий комплекс и механизм известкования кислых почв. – Владимир, 2004. – 181 с.
- [7]Современные проблемы и перспективы известкования кислых почв. Материалы научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения д. с.-х. н., проф. А.Н. Небольсина. – Санкт-Петербург, 2010. – 100 с.
- [8]Reeve N.G., Sumner M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching surface applied ameliorants // *Agrochemophysica*. – 1972. – № 4. – P. 1-16.
- [9]Radcliffe D.E., Clark R.L., Sumner M.E. Effect of gypsum and deep rooting perennials on subsoil mechanical impedance // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1986. - № 50. – P. 1566-1570.
- [10]Sumner M.E., Fey M.Y., Farina M.P.W. Amelioration of acid subsoils with phosphogypsum. – *Proc. 2nd Int. Symp. Phosphogypsum, University of Miami, Florida.* – 1987. – P. 41-45.
- [11]Farina M.P.W., Channon P. Acid-subsoil amelioration I. A comparison of several mechanical procedures // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1988. - № 52. – P. 169-174.
- [12]Farina M.P.W., Channon P. Acid-subsoil amelioration II. Gypsum effects on growth and subsoils chemical properties // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1988. - № 52. – P. 175-180.
- [13]Окорков В.В. Теоретические основы химической мелиорации кислых почв. – Иваново, 2016. - 332 с.
- [14]Окорков В.В., Окоркова Л.А. Механизм взаимодействия извести и гипса с поглощающим комплексом кислых почв // *Российская сельскохозяйственная наука.* – 2013. - № 5. – С. 39-43.
- [15]Окорков В.В. Физико-химическая природа устойчивости почвенной структуры серых лесных почв Владимирского ополья // *Почвоведение.* – 2003. - № 11. – С. 1346-1353.
- [16]Окорков В.В. Химические приемы улучшения инфильтрационных свойств переувлажненных кислых почв // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* – 2015. - № 4. – С. 5-13.

**Глава IV/67: МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДО-ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ НА
АГРОЛАНДШАФТАХ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА**
**Chapter IV/67: Management Methods of Water and Land Resources in Agro-Landscapes of South
Kazakhstan**

**Рахим К. Бекбаев^{*1}, Еркекуль Д. Жапаркулова², Burghard C. Meyer³, Раушан А.
Жайсамбекова¹, Нурбол Р. Бекбаев², Кемелхан Курмашев²**

DOI 10.25680/2085.2018.76.73.332

*Эл. Почта: bekbayev_55@mail.ru

1. Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, ул. К. Койгельды 12, 080003 Тараз, Казахстан

2. Казахский национальный университет, пр. Абая 8, 050000, Алматы, Казахстан

3. University of Leipzig, Institut of Geography; Johannisallee 19a, 04103 Leipzig, Germany

РЕЗЮМЕ. Целью работы является повышение водообеспеченности и продуктивности орошаемых земель, путем интегрированного управления водо-земельными ресурсами на агроландшафтах Южного Казахстана. В настоящее время площадь орошаемых земель Казахстана составляет около 1,4 млн. га. При этом, более 90% орошаемых земель расположены на территориях Южных (Алматинская, Жамбылская, Южно-Казахстанская и Кызылординская) областей Казахстана. Для их полива используется водные ресурсы трансграничных рек. Поэтому водообеспеченность действующих ирригационных систем колеблется в пределах 75-95%, а в маловодные годы опускается до 50-60% [1]. В то же время огромные объемы коллекторно-сбросных вод, формирующиеся на речных бассейнах (до 30-50% от водоподачи), сбрасываются за их пределы, загрязняют водные источники и ухудшают окружающую среду на прилегающих территориях. Другим фактором оказывающий отрицательное влияние на продуктивность агроландшафтов является усиление деградационных процессов в корнеобитаемом слое почв [2, 3]. В настоящее время около 50% орошаемых земель Южного Казахстана является засоленными. В результате происходит снижение продуктивности агроландшафтов.

Abstract. The aim of the work is to increase the water availability and productivity of irrigated lands, through integrated management of water and land resources in the agricultural landscapes of Southern Kazakhstan. Currently, the irrigated area of Kazakhstan is about 1.4 million hectares. At the same time, more than 90% of irrigated lands are located in the Southern (Almaty, Zhambyl, South-Kazakhstan and Kyzylorda) regions of Kazakhstan. For their irrigation, the water resources of transboundary rivers are used. Therefore, water availability of existing irrigation systems varies between 75-95%, and in low-water years it drops to 50-60% [1]. At the same time, huge volumes of collector-waste waters formed on river basins (up to 30-50% of water supply) are discharged beyond their limits, pollute water sources and worsen the environment in the adjacent territories. Another factor that has a negative effect on the productivity of agrolandscapes is the intensification of degradation processes in the root layer of soils [2, 3]. Currently, about 50% of the irrigated lands of Southern Kazakhstan are saline. As a result, the productivity of agrolandscapes decreases.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Орошение, деградация почв, дефицит, водные ресурсы, методы

Keywords: Irrigation, soil degradation, deficit, water resources, methods

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение природной среды, истощение ее основных ресурсов – земли, воды, отрицательно влияет на уровень продуктивности и устойчивости развития орошаемого земледелия в различных природно-климатических зонах Казахстана [1,2,3]. Эти условия негативно сказываются на конечных результатах хозяйственной деятельности, социального положения населения, почвенно-экологической ситуации в природно-хозяйственных комплексах бассейнов трансграничных рек. В сложившейся ситуации на ирригационных системах Южного Казахстана, снижение темпов протекания деградационных процессов, повышение водообеспеченности орошаемых земель и экологической устойчивости требует анализа и установления причин возникновения этих факторов, а также разработки соответствующих мер по их устранению. Использование водосберегающих методов позволяет оперативно управлять водо-земельными

ресурсами и темпом протекания процессов, оказывающих влияние на водообеспеченность и продуктивность орошаемых земель [1,2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одним из главных способов управления водными и земельными ресурсами на ирригационных системах является технология полива сельскохозяйственных культур [1,2]. Поэтому, при повышении эффективности орошаемого земледелия и соответственно оросительной воды, большая роль отводится технологиям полива сельскохозяйственных культур [1,4,5]. Вместе с тем, при орошении неизбежно происходят потери воды на испарение, инфильтрацию и сброс. Особенно объемы потерь оросительных вод возрастают при несоблюдении режима орошения и технологий полива сельскохозяйственных культур. Поэтому при поливах сельскохозяйственных культур необходимо стремиться к снижению размеров непроизводительных потерь. Однако, в настоящее время повышение дефицита водных ресурсов и мелкие крестьянские хозяйства, с площадью орошаемых земель до 10 га, не позволяют соблюдать режим и технологию орошения сельскохозяйственных культур [1,6,7]. Из-за несоблюдения режима орошения, большой объем воды теряется на сброс и инфильтрацию. Такая ситуация сложилась на всех ирригационных системах Южного Казахстана.

Увеличение поливных норм и размеров непроизводительных потерь при орошении приводят к интенсивному подъему уровня залегания грунтовых вод и увеличению дренажного стока. Поэтому в настоящее время на многих ирригационных системах Южного Казахстана сформировался гидроморфный режим почв. Следовательно, на таких землях грунтовые воды неизбежно поступают в зону аэрации (за счет капиллярного поднятия влаги) и повышают водообеспеченность ирригационных систем. Однако использование грунтовых вод на орошение и субиригацию, при низком их качестве приводит к усилению деградационных процессов в корнеобитаемом слое почв [1,4,5].

В условиях роста дефицита водных ресурсов в вегетационный период на ирригационных системах, еще одним из путей повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование коллекторно-дренажных вод на орошение. Возможность использования слабоминерализованных (до 3 г/л) коллекторно-дренажных вод на орошение подтверждают исследования ученых разных стран. Вместе с тем использование коллекторно-дренажных вод повышенной минерализацией и низким качеством приводят к ухудшению эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель [1,2,3].

Цель работы, покрытия дефицита оросительных вод в вегетационный период путем разработки интегрированного управления водо-земельными ресурсами и поливами сельскохозяйственных культур на агроландшафтах [4].

Для достижения поставленной цели, были решены следующие задачи:

- уточнены параметры непроизводительных потерь на ирригационных системах;
- установлены факторы влияния на экологию водо-земельных ресурсов в различных речных бассейнах;
- исследованы процессы расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию при изменении технологии орошения и уровня залегания грунтовых вод;
- составлен водно-солевой баланс орошаемых земель
- установлены закономерности формирования гидрохимического режима оросительных, грунтовых и коллекторно-дренажных вод;
- установлены параметры технологии орошения сельскохозяйственных культур с учетом дренированности ирригационных систем и минерализации грунтовых вод;
- определены оптимальные параметры интегрированного управления водными ресурсами на ирригационных системах;
- определены доли участия грунтовых и коллекторно-дренажных вод в суммарном водопотреблении сельскохозяйственных культур.

Для решения поставленных задач на орошаемых землях сельского округа Махтаарал, Махтааральского района (бассейн реки Сырдарья), Старый Икан Туркестанского района Южно-Казахстанской области и опытном участке КазНИИВХ (бассейн рек Шу-Талас) организованы пилотные участки. На пилотных участках возделывался хлопчатник и кукуруза.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях Южного Казахстана регулирование водного режима и восполнение дефицита влаги на орошаемых землях достигаются 3-мя способами подачи и распределения воды на орошаемых полях: поверхностный; дождевание и подпочвенный [1]. При этом, наибольшее распространение получил поверхностный способ полива, который осуществляется по бороздам, напуском, по полосам, затоплением чеков [2]. Например, при поверхностном способе полива (по бороздам, полосам) можно использовать любой тип оросительных систем (открытый, закрытый или комбинированный). Поэтому в производственных условиях, широко применяются поливы по проточным глубоким и среднеглубоким бороздам постоянной и переменной поливной струей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Полив хлопчатника по бороздам и через борозду

Результаты исследований показали, что в первоначальный этап полива происходит интенсивное поглощение воды почвой. Например, при среднем расходе воды в голове борозды 0,215 л/мин, оросительная вода за 1 час достигает 22,5 м и средний расход воды в борозде составил 0,069 л/мин (таблица 1).

Таблица 1 - Изменение расхода оросительной воды по времени в борозде

Время		Расход воды в борозде			Объем воды в голове борозды, л	Объем воды в конце расчетной длины борозды	
час	мин	в голове, л/мин	в конце			л	% от расхода воды в голове
			л/мин	%			
13	46	0,215	-	-	-	-	-
14	46		0,069	32,1	12,9	-	-
16	07		0,145	67,4	17,41	8,67	-
17	15		0,164	76,3	14,62	10,51	-
18	00		0,168	76,4	9,68	7,38	-
Сумма					54,61	26,56	48,6

Сравнительный анализ данного объема показывает, что этот расход составляет 32,1% от расхода воды в голове. В дальнейшем с увеличением продолжительности эксперимента, происходит повышение расхода воды в конце расчетной длины борозды и их значения изменялись в пределах 0,145-0,164 л/мин и составляли 67,4-76,3% от расхода воды в голове борозды. Суммарные данные показывают, что за 4 часа 14 минут объем воды поданный на 1 борозду составил 54,61 л, а за пределы расчетной длины, объем расхода на сброс составил 26,56 л. Данный объем составляет 48,6% от объема поданной воды. Из представленных данных видно, что при орошении сельскохозяйственных культур неизбежно происходят непроизводительные потери воды на фильтрацию и сброс.

Результаты многолетних исследований показывают, что на величину инфильтрационных потерь оказывают влияние влажность расчетной толщи почв и поливные нормы [4,5,6]. Путем снижения размеров поливных норм можно уменьшить объемы непроизводительных потерь. На основе данного процесса разработана водосберегающая технология орошения сельскохозяйственных культур, обеспечивающая снижение не только затраты воды на урожай, но и вымыва органических веществ и питательных элементов из корнеобитаемой толщи почв [7,8].

В условиях роста дефицита водных ресурсов устойчивость функционирования и дальнейшего развития ирригационных систем зависит преимущественно от наличия водных ресурсов, основной объем которых формируется и используется в сопредельных государствах (Китай, Россия, Киргизия, Узбекистан). Однако, в вегетационный период, практически на всех ирригационных системах Южного Казахстана имеет место нехватка оросительной воды. Поэтому, в большинстве случаев объемы использования воды на орошение превзошли пределы допустимого уровня их изъятия из источников орошения [1]. Это привело к деградации речных бассейнов, особенно в низовьях рек: Сырдарьи, Шу, Таласа, Или и т.д. В настоящее время защиту речных бассейнов от дальнейшей деградации пытаются решать за счет мероприятий по сокращению норм изъятия речных вод на орошение, повышения КПД (коэффициент полезного действия) оросительной сети и применения водосберегающих способов полива.

Объемы потерь оросительных вод в каналах различного порядка на фильтрацию и испарение зависят от технического состояния оросительной сети, режима её работы, климатических условий, свойств грунтов ложа каналов, наличия противофильтрационных защит, режима грунтовых вод, конфигурации массивов орошения, а следовательно длины каналов. На сегодняшний день менее 10 % оросительной сети облицовано или представлено лотками. Поэтому, низкие значения КПД каналов ирригационных систем, вызывают необходимость выбора технических средств и технологических операций по сокращению потерь на оросительных сетях, которые достигаются за счет инженерных мероприятий направленных на совершенствование конструкции гидротехнических и гидрометрических сооружений (рис. 2).



Рисунок 2 –Бетонирование внутрихозяйственного канала (Махтааральский район) и водомерное устройство на участковых каналах (Туркестанский район)

Другим фактором управления водо-земельными ресурсами агроландшафтов является разработка и использование плана водопользования. Это обеспечит установление такого режима работы оросительной сети и сочетание одновременно работающих каналов, при котором объемы потерь воды на фильтрацию и сброс будут наименьшими. Календарный план включает в себе объемы, порядок и сроки подачи воды по отдельным звеньям ирригационной системы, а также порядок проведения поливов в хозяйстве. План водопользования позволяет установить расходы воды в головах хозяйственных распределителей с учетом режима орошения, размещения и состава культур, технического состояния каналов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Использование интегрированных методов управления водо-земельными ресурсами на агроландшафтах Южного Казахстана позволит снизить не только размеры оросительных норм, но и темпы протекания процессов, оказывающих влияние на водообеспеченность и продуктивность орошаемых земель.

2. Установлено, что низкий технический уровень ирригационных каналов различного порядка предопределяет большие потери оросительных вод при доставке их к орошаемому участку, которые составляют 45-55% от водозабора.
3. При поверхностном поливе наиболее эффективной и простой технологией является полив сельскохозяйственных культур по через борозду.
4. На ирригационных системах Южного Казахстана все орошаемые земли испытывают дефицит оросительных вод в вегетационный период, который с каждым годом увеличивается.

Благодарности: Авторы выражают глубокую благодарность за научную поддержку: Франц.Ф Вышпольскому (КазНИИВХ), Валеру М. Лим (КазНИИВХ)

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Вышпольский Ф.Ф., Мухамеджанов Х.В. Технологии водосбережения и управления почвенно-мелиоративными процессами при орошении. «Аква», Тараз, 2005, – 160 с.
- [2]Костяков Н.Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1951. - 751 с.
- [3]Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. – М.: Агропромиздат, 1985. -304 с.
- [4]Bekbayev R. K., Factors Influencing on the Degradation of Water and Land Resources of Mahtaaral Irrigation Massif // Academia Journal of Agricultural Research. № 4 (3). 2016. pp. 118-122. doi: 10.15413/ajar.2016.0203.
- [5]Ибатуллин С.Р., Бекбаев Р.К., Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев У.К., Басманов А.В. Методы водосбережения и снижения капиталовложений на реконструкцию оросительных систем // Водное хозяйство Казахстана. – 2009. - № 4 (24). – С. 2-9.
- [6]Ибатуллин С.Р., Бекбаев Р.К., Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев У.К. Рекомендации по выбору приоритетных технических средств и технологических операций при реконструкции оросительных систем. – Тараз, 2008. -55 с.
- [7]Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев Р.К., Мухамеджанов Х.В., Бекбаев У.К. Совершенствование метода расчета расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию. // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2003, № 7, С 44-47
- [8]Бекбаев Р.К. Моделирование мелиоративных процессов. – Тараз: ИЦ «АКВА», 2002. – 262 с.

Глава IV/68: РОЛЬ КЯРИЗОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЛАНДШАФТА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ И В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Chapter IV/68: The Role of Antique Underground Aqueducts (Kyarizas) for the Formation of Landscapes in Azerbaijan and Central Asia

Аловсет Г. Гулиев

DOI 10.25680/2455.2018.57.79.333

Эл. Почта: elovset_q@mail.ru

Институт Почвоведения и Агрохимии НАНА, Баку, Азербайджан

РЕЗЮМЕ. Подземный поток грунтовых вод издавна используется населением как для водоснабжения, так и для орошения в виде кяризов. Последние приурочены к водоносным горизонтам и представляет собою подземные водопроводы, через которые при помощи подземных горизонтальных галерей — *кяризов* (ганат) самотеком выводятся на поверхность. История использования кяризов уходит в глубокую древность, имея примерно не менее 5- 6 тысяч лет. Эти сооружения используются в предгорных районах Азербайджана и Средней Азии. В течение многих лет под влиянием кяризов произошло значительное изменение ландшафтов данных территорий. Последние годы развитие техники послужило утери значения кяризов, заменив их субартезианскими скважинами, которые несравнимо энергоемкие и дорогостоящие. Все эти явление приводят к изменению ландшафтов, где проводится развитие водоснабжения орошаемых земель.

Abstract. Underground water has long been used by the population for both water supply and irrigation in the form of Kyariz aqueducts. The latter are confined to aquifers and are underground water pipes, through which, by means of underground horizontal galleries - Kyaryzas (Ganat) are led to the surface. The history of using Kyarizas goes back to the antique at least 5 or 6 thousand years. These structures are used in the foothill areas of Azerbaijan and Central Asia. For many years, under the influence of Kyarizas, a significant change in the landscapes of these territories occurred. In recent years, the development of technology has lost the importance of Kyarizas, replacing them with Sub-artesian wells that are incomparably energy-intensive and costly. All these phenomena lead to a change in landscapes, where the development of water supply for irrigated lands is being carried out.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кяриз, пустыня, Азербайджан, Средняя Азия, ландшафт, орошение

Keywords: Antique underground aqueducts (Kyarizas), desert, Azerbaijan, Central Asia, landscape, irrigation

ВВЕДЕНИЕ

В засушливых предгорных пустынных районах Азербайджана и в Средней Азии единственным источником водоснабжения когда то были кяризы, из которых добывали и добывают воду не только для питья и водопоя животных, но и для орошения больших участков земли, история которого уходит в глубокую древность, имея примерно не менее 5-6 тысяч лет. Кяризная система являлась одной из уникальных видов орошения, которое сыграла существенную роль в изменении ландшафта.

Кяризы в Средней Азии и Азербайджане именуются кяризами, которые строятся на предгорных равнинах, где в конусах выноса имеются достаточные запасы воды. Обнаружив в первой шахте водоносный горизонт, от него проводится горизонтальная галерея, с обязательным соблюдением уклона. После чего на равных расстояниях прокладываются вспомогательные вертикальные шахты, которые служат для удаления грунта. По вырытым колодцам, именуемой «Гюмана» (надежда) мастер определяет запасы воды и решает дальнейшее строительство кяриза[1].

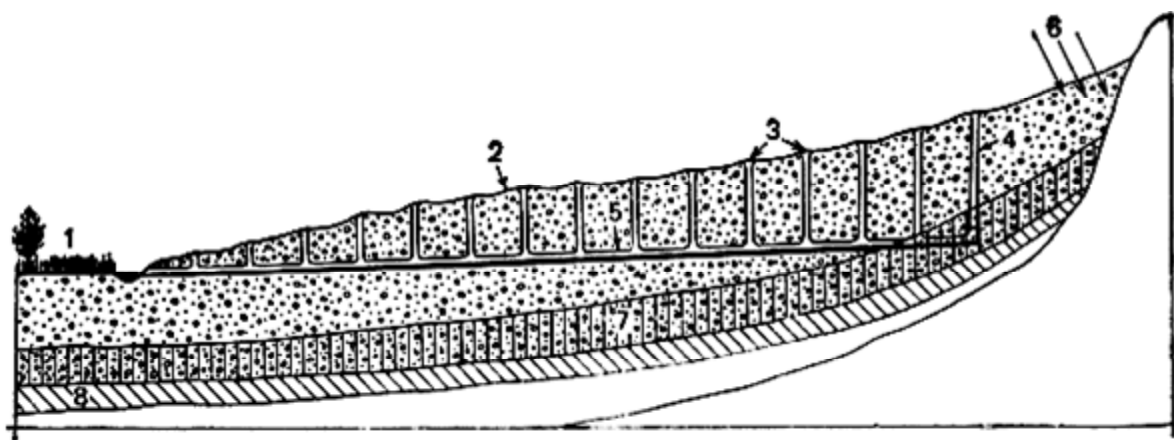


Рисунок 1- Схема кяриза- 1 - орошаемый участок, 2 - предгорная равнина, 3 - вертикальные шахты, 4 - головной колодец "Ана гую" или "Гюмана", 5 - горизонтальная галерея "кюре", 6 - атмосферные осадки или подземные потоки, 7 - водоносный слой, 8 - водоупорный слой

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным литературных источников в Средне Азиатских республиках, в прошлом действовало свыше 2 тысяч кяризов. В начале XX вв. в восточном Казахстане количество кяризов составляло свыше 200, в Туркменистане – 235, в Узбекистане порядка 1000 (только в Нурате-365).

Проведенные нами исследования в Казахстане (2010г.), Туркменистане (2011-2012гг.), в Узбекистане (2014 г.) показало, что значительное количество кяризов были разрушены, особенно в период распада Советского Союза. Они практически не используются, лишь некоторые частные потребители ремонтируют и используют их для питья и орошения [2].

В Азербайджане, как и во многих странах, еще в средние века (2000-2200 лет назад) существовало множество кяризов. По данным средневековых источников, Азербайджан также является одной из стран, создавших кяризы. Археологические исследования Я.Г. Гуммеля обнаружили остатки древних кяризов вокруг Шамкирчая, которую относят к 1 в. д. н. э. К. В. Тревер справедливо отмечает, что Страбон подчеркивая «Иные воды», имел ввиду каналы и кягризы, играющие основную роль в ирригации, существование которых в тот период подтверждают археологические раскопки в Кавказской Албании.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Кяризы в Азербайджане распространены на Гянджа-Газахской, Карабахской и Приарзской наклонных равнинах Нахчыванской АР.

В Нахчыванской АР, как и в других областях Азербайджана, население пользовались кяризами с древних времен. Большая часть населенных пунктов, расположены в непосредственной близости речных бассейнов конусов выноса. В Нахичевани в связи с континентальностью климата, реки зимой замерзают, а летом высыхают, что побуждало людей при выборе место постоянного проживания, избирать места исключительно вблизи кяризных систем.

В XX веке в Нахчыване в целом насчитывался 407 кяризов, некоторая часть которых по истечению времени вышли из строя. В 1955 г. в Нахичеванской АР, общий расход воды действующих 356 кяризов, составляло 2722 л/секунд, что за год соответствует 85,9 млн. м³ воды. В настоящее время в Нахичеване функционирует свыше 200 кяриза. Наличие колодцев в этих гидротехнических сооружениях составляет 3671, общая протяженность туннелей 142 362 м, а общий расход воды 2003 л/сек. Водами этих кяризов орошается 1800 га пахотных земель, которые играют роль в изменении ландшафта, особенно в формировании почв подверженных действиям кяризных вод. В настоящее время изучение почвообразование под действием кяризных вод является неизученным проблемам перед науки [3,4].

В Азербайджане основными источниками питания кяризов на Гянджа-Казахской наклонной равнине, являются рр. Акстафачай, Гасансу, Товузчай, Зеямчай, Гянджачай и Кюрекчай, которые по направлению течения создали конусы выноса[5].

По данным 40-х гг. XX столетия в Азербайджанской Республике действовало свыше 2,5тыс. кяризов, а официально зарегистрированных 885 действующих кяризов. Длина их туннелей составляет 721,008 км, количество колодцев наблюдения 27850 шт., расход воды 13,380 м³/ сек., объем воды за год 426,839 млн. м³.

На Гянджа-Казахской наклонной равнине насчитывается 617 кяризов, длина которых составляет 362,35 км, количество колодцев наблюдения 625, расход воды 11,11 м³/ сек, объем воды за год 350,81 млн.м³.

В Казахском районе зафиксирован один кяриз, длиной туннеля в 1750 м, количество колодцев наблюдения 42, расход воды 50 л/ сек, используемый объем воды за год 1,58 млн.м³.

В Акстафинском районе было проанализировано 8 кяризов, будучи в свое время действующими. Из них 5 (Гырылы, Гасансу, в с. Эйналлы) имели расход воды 160 л/ сек, за израсходованной воды 5,045 млн.м³.

В 2016 годы нами проведено исследование состояние кяризов в Азербайджане. По нашем расчетам в сумме расход воды 5-ти кяризов в Акстафинском районе можно увеличить на 26 л/ сек. Итого в Казах и Акстафинской районе из кяризов используется за год 6,622 млн.м³ воды, которую можно довести до 7,442 млн.м³ в год.

В Товузском районе были исследованы 5 кяризов, также будучи в свое время действующими. Они функционировали в сс. Нижний Гушчу, Гырыхлы, Алибейли, суммарный расход воды составлял 145 л/сек, использованный объем воды за год 4,57 млн. м³. Расчетами установлено, что расходы воды в 5-ти кяризах в Товузском районе в сумме можно увеличить 22 л /сек или 0,694 млн.м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Кяриз в Азербайджане и в Средней Азии имели наибольшее значение и влияние в формировании как природных комплексов, так и ландшафтов, определенное значение в жизнедеятельности общества.
2. Развитие науки и техники послужило утери значения кяризов, заменив их субартезианскими скважинами, которые несравнимо энергоемкие и дорогостоящие.

3. Восстановление кяризов и разумное использование, послужат как экологически, экономически, так и энергетически эффективно обеспечить потребности населения без особых материальных вложений.
4. Одновременно с восстановлением кяризов образуются новые формирования ландшафта и жизнедеятельности человека.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Guliyev A.G.(2016), Evolution of the Qanat (Kahriz) systems in the arid countries of the [2]Caucasus and Central Asia. book Underground Aqueducts Handbook, Catalog no. K27089 November 2016, 536 pp. ISBN: 978-1-4987-4830-8, 323-335 pp. 13
- [3]Guliyev A.G., Hasanov A.M., (2012). Azerbaijani kahrizes (qanats). International Conference on Traditional Knowledge for Water Resources Management held on 21-23 February 2012, in Yazd, Iran.
- [4]Guliyev A.G. (2008). Nakhichevan kyarizes. monograph,164 pp.
- [5]Овез Гундогдыев, (2009), журнал "Возрождение, №4, стр.28-33.
- [6]Rustamov Y.A., (1964) "Ethnographic Information of Kahriz Water Supply Systems in Azerbaijan XIX-XX century", M, (in Russian language)

Глава IV/69: РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В АГРОЛАНДШАФТАХ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА УКРАИНЫ Chapter IV/69: Rational Use of Water on Irrigated Lands in Agrolandscapes of the Southern Ukraine

Анатолий М. Коваленко

DOI 10.25680/9187.2018.74.14.334

Эл. Почта: izz.ua@ukr.net

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины, г. Херсон, Украина

РЕЗЮМЕ. В институте орошаемого земледелия НААН разработаны оптимальные параметры использования поливной воды отдельными культурами и по орошаемому агроландшафту в целом, который построен из отдельных севооборотов. Среди культур севооборотов наибольшая продолжительность поливного периода у люцерны -130 суток, а наиболее короткая у озимых культур 40 суток. У кукурузы и сои он практически одинаков и длится около 60 суток. Наибольшая среднесуточная потребность в поливной воде у сои и кукурузу – около 50 м³/га, а пшеницы озимой и люцерны он значительно меньше и составляет 36,0-37,5 м³/га. Соотношение культур в севообороте с разными режимами орошения в значительной мере определяет расход поливной воды по севооборотному участку. Наиболее равномерно в течении вегетационного периода используется поливная вода в орошаемом агроландшафте, который построен на основе севооборота с таким соотношением культур: кукуруза – 28,6%, зерновые колосовые – 42,8% и люцерна – 28,6%.

Abstract. The Institute for Irrigated Agriculture of the National Academy of Sciences has developed optimal parameters for the use of irrigation water by individual crops and on irrigated agrolandscapes as a whole, which is constructed from individual crop rotations. Among the crop rotations, the maximum duration of the irrigation period for alfalfa is -130 days, and the shortest in winter crops is 40 days. In corn and soybeans it is practically the same and lasts about 60 days. The greatest daily average demand for irrigation water in soybeans and maize is about 50 m³/ha, while for winter wheat and alfalfa it is much lower and amounts to 36.0-37.5 m³ / ha. The ratio of crops in the crop rotation with different irrigation regimes largely determines the irrigation water consumption in the crop rotation area. The irrigation water in the irrigated agrolandscape is used most uniformly during the growing season, which is based on a crop rotation with the following ratio of crops: maize - 28.6%, cereal grains - 42.8% and alfalfa - 28.6%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водопотребление, гидромодуль, орошение, поливная норма, режим орошения, севооборот, агроландшафт

Keywords: water consumption, hydromodule, irrigation, irrigation norm, irrigation regime, crop rotation, agrolandscape

ВВЕДЕНИЕ

Зона южной Степи Украины является одной из наиболее благоприятных зон для стабильного и эффективного развития сельского хозяйства. Структура землепользования этого региона за последнее столетие существенно менялось с изменениями основных свойств ландшафтов при длительной трансформации природных биоценозов в агрофитоценозов.

В XIX столетии произошли преобразования природных степных ландшафтов Степи в агроландшафты, площадь которых постоянно увеличивалась. Сейчас удельный вес агроландшафтов в южных областях самый высокий в Украине: Херсонская область – 90,2 %, Николаевская – 84,5% и Одесская – 79,5%, а в отдельных районах этих областей он еще выше и достигает 95-97 %. Основным лимитирующим фактором в зоне южной Степи Украины является дефицит влаги. Поэтому со второй половины шестидесятых годов прошлого столетия интенсивно начало развиваться орошение, что привело к формированию орошаемых агроландшафтов. Формировались они локально и концу прошлого века занимали в АР Крым 30% пахотных земель, в Херсонской области – 26%, Запорожской – 13%, в Одесской и Николаевской областях около 11%. При этом в пределах каждой области доля орошаемых агроландшафтов также существенно разнится. В большинстве районов этих областей они были менее 15% от общей площади агроландшафтов и лишь в отдельных районах они занимали больше 40% (Каховский, Новотроицкий и Чаплынский районы Херсонской области, Снитигеревский и Октябрьский районы Николаевской области, Килийский район Одесской области, Джанкойский и Краснопереконский районы АР Крым).

С увеличением удельного веса локальных орошаемых агроландшафтов в общей площади сельскохозяйственных угодий возрастают объемы потребления поливной воды, что может привести к ее дефициту в пиковые периоды и, как следствие, к недополиву отдельных культур. Особенно это ощутимо при высоком насыщении орошаемых агроландшафтов водотребовательными культурами

Кроме этого, неконтролируемым оставалось их использование – структура посевных площадей часто не согласовывалась с режимом орошения входящих в нее культур и гидромодулем оросительных участков в целом. Всё это приводило к разбалансированию работы оросительных участков и подающих к ним воду насосных станций. Это вызвало необходимость проведения исследований по разработке структуры посевных площадей и построению севооборотов для оросительных систем разной водообеспеченности с целью экономного и экологического обоснованного использования поливной воды на протяжении всего поливного сезона.

МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 1983-2015 гг. на опытном поле Института орошаемого земледелия, расположенного в зоне действия Ингулецкой оросительной системы. Почва опытного поля – тёмно-каштановая среднесуглинистая с содержанием гумуса в пахотном слое 2,15%.

Исследования проводились в двух стационарных опытах которые включали 7-ми и 4-х польные и севообороты зернового направления. Посевная площадь делянок 288 м², повторность – трёхкратная.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Изучению вопроса экономного и экологически обоснованного использования орошаемых земель посвящено большое количество исследований [1, 2]. При этом большое внимание уделялось вопросу рационального использования поливной воды [3]. Освещены также экологические вопросы построения систем земледелия на орошаемых землях [4].

С учётом результатов этих исследований в Украине разработаны современные подходы к восстановлению площади орошаемых земель и рационального их использования [5]. Одним из элементов этого подхода является и наше сообщение, в котором обосновываются подходы по подбору культур для орошаемых агроландшафтов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Структура посевов должна каждого отдельного орошаемого агроландшафта обеспечивать полное и равномерное использование поливной воды в течение вегетационного периода. При этом наибольшая потребность в воде всего севооборота и отдельных культур должна полностью обеспечиваться пропускной способностью каналов и способствовать рациональной эксплуатации оросительной системы, не допускать холостых периодов в ее работе.

Анализ результатов наших исследований показал, что культуры, которые входят в состав севооборотов имеют разный режим орошения, а отсюда неодинаковое распределение поливной воды, разные поливные и оросительные нормы. Так, за 16 лет исследований средняя оросительная норма у пшеницы озимой составляла $1520 \text{ м}^3/\text{га}$ с колебанием от 500 до $2900 \text{ м}^3/\text{га}$, у кукурузы – 2400, 600 и $2850 \text{ м}^3/\text{га}$, у люцерны прошлых лет жизни 3880, 600 и $5400 \text{ м}^3/\text{га}$ соответственно. Меньше всего варьировала оросительная норма за это время у кукурузы – коэффициент вариации составлял 35,4%. У пшеницы озимой и люцерны коэффициент вариации был значительно выше – 47,2 и 46,8% соответственно.

Распределение воды в течение вегетационного периода у разных культур также неодинаковое. Пшеница озимая наиболее интенсивно использовала поливную воду в мае – 65-70% от общего количества, а остальное количество – в первой половине июня. Поливной период у нее длится около 40 дней за который используется, в среднем, – $37,5 \text{ м}^3$ оросительной воды в сутки.

У кукурузы и сои поливной период начинается, в среднем, с середины июня, то есть после окончания его у пшеницы озимой и длится около 60 суток. За это время используется около 50 м^3 поливной воды за сутки. При этом, распределение расходования поливной воды в течение поливного периода у кукурузы и сои несколько отличается. У кукурузы поливная вода используется более равномерно, чем у сои. Так, у кукурузы в июне и июле используется по 30% от оросительной нормы, а в августе – 40%. У сои – в июне и августе – около 25%, а в июле – 50%.

Наиболее длительный поливной период у люцерны – около 130 дней, за который, в среднем, за сутки используется по $36 \text{ м}^3/\text{га}$ поливной воды. В течение всего поливного периода люцерны вода используется относительно равномерно – по 25% в июне, августе и по 12,5% в мае и сентябре.

Такое распределение использования оросительной воды в течении поливного периода у отдельных культур приводит к тому, что разное соотношение культур с неодинаковыми режимами орошения в севообороте формирует и разное водопотребление в них. В мае и в начале июня испарение воды почвой и расходы ее на транспирацию растениями невысокие, что связано с умеренными температурами воздуха в этот период. В это время в севообороте поливная вода используется лишь на посевах пшеницы озимой и люцерны. Поэтому, в севооборотах с большим удельным весом пшеницы озимой и люцерны используется и больше воды для полива в весенний период. Во второй половине июня продолжается интенсивное использование поливной воды на посевах люцерны. Но в это же время начинаются интенсивные поливы кукурузы и сои, которые значительно повышают расходы поливной воды в севооборотах. Поэтому, повышение удельного веса кукурузы в севообороте с 28,6 % до 42,9-71,5 % существенно увеличивает потребление поливной воды, начиная с третьей декады июня (табл. 1).

Севообороты со сбалансированным соотношением культур, в которых не совпадают периоды интенсивного использования поливной воды, относительно равномерно используют ее в течении всего поливного периода. Так, коэффициент вариации ординаты гидро модуля в севооборотах, которые имеют 28,6% кукурузы, 28,6-42,8% зерновых колосовых (пшеница озимая и ячмень) и 28,6-42,9% люцерны, за 16 лет исследований составляет 49,0-53,4%. Постепенное повышение удельного веса кукурузы в севообороте до 42,9, 57,2 и 71,5% за счет уменьшения посевов зерновых колосовых культур до 14,2%, а в последнем севообороте и за счет выведения из нее люцерны, существенно увеличивает неравномерность использования поливной воды в севообороте. Коэффициент вариации ординаты гидро модуля в этих севооборотах повышается до 55,8-99,2%.

Повышение удельного веса кукурузы в севообороте с 28,5 до 57,1-71,5% приводит к снижению средней оросительной нормы по севообороту на 4-22% за счет незначительного расходования поливной воды в начале и в конце поливного периода (табл. 2). Вместе с тем, увеличение удельного веса кукурузы в севооборотах в этих пределах приводит к повышению их продуктивности на 6,7-22,9%, а также выхода зерна с 1 гектара площади севооборота.

Таблица 1 – Средняя ордината гидромодуля в экспериментальных севооборотах среднее за 12 лет, л/с/га

Месяц	Севооборот, №					
	1	4	2	5	3	6
	насыщение кукурузой, колосовыми, люцерной, %					
	28,6	28,6	28,6	42,9	57,2	71,5
	28,5	28,5	42,8	28,5	14,2	14,2
	42,8	28,6	28,6	28,6	28,6	0
Май	0,21	0,17	0,23	0,17	0,12	0,05
Июнь	0,26	0,26	0,25	0,27	0,30	0,31
Июль	0,35	0,36	0,32	0,42	0,48	0,47
Август	0,34	0,36	0,26	0,43	0,44	0,48
Сентябрь	0,36	0,30	0,37	0,30	0,22	0,10

В связи с этим, в таких севооборотах наблюдается более экономное расходование поливной воды на формирование 1 ц зерна, а также высокая отдача от каждого кубометра использованной воды. Однако, для обеспечения оптимального увлажнения всех культур таких севооборотов нужен более высокий гидромодуль оросительных участков, который отсутствует практически на всех основных оросительных системах Украины. К тому же поливная вода в начале и в конце поливного сезона не используется.

Таблица 2 – Эффективность использования поливной воды в экспериментальных севооборотах (среднее за 6 лет)

Севооборот №	Сбор с 1 гектара севооборотной площади, ц		Средняя оросительная норма, м ³ /га	Расходы воды на формирование 1 ц, м ³		Получено продукции на 1000 м ³ поливной воды, ц	
	кормовых единиц	зерна		кормовых единиц	зерна	кормовых единиц	зерна
1	99,7	37,1	3190	32,0	86,0	31,2	11,6
2	103,5	45,0	2960	28,6	65,8	35,0	15,2
3	110,9	48,6	2850	25,7	58,6	38,9	17,0
4	98,3	38,3	2990	30,4	78,1	32,9	12,8
5	110,0	47,7	3000	27,3	62,9	36,7	15,9
6	127,5	60,6	2490	19,5	41,1	51,2	24,3

**Примечание. Соотношение культур в севооборотах приведено в таблице 1.

Об этом свидетельствуют результаты исследований во втором стационарном опыте. Так, в севообороте, который включает только две культуры – сою и кукурузу, пик водопотребления которых приходится на июль и август, гидромодуль в эти месяцы составляет 0,55-0,70 л/с/га, в то время как у наиболее мощной оросительной системы Украины он составляет 0,50 л/с/га (рис.1). В тоже время, при построении севооборота с одними лишь озимыми культурами поливная вода используется только весной в мае – июне и осенью в августе – сентябре, а в летний период она совсем не используется. Наиболее полно и равномерно поливная вода используется в севообороте, который включает 50% озимых культур, 25% кукурузы и 25% сои. Для такого севооборота в июле и августе необходим максимальный гидромодуль 0,40 л/с/га который обеспечивают все основные оросительные системы Украины.

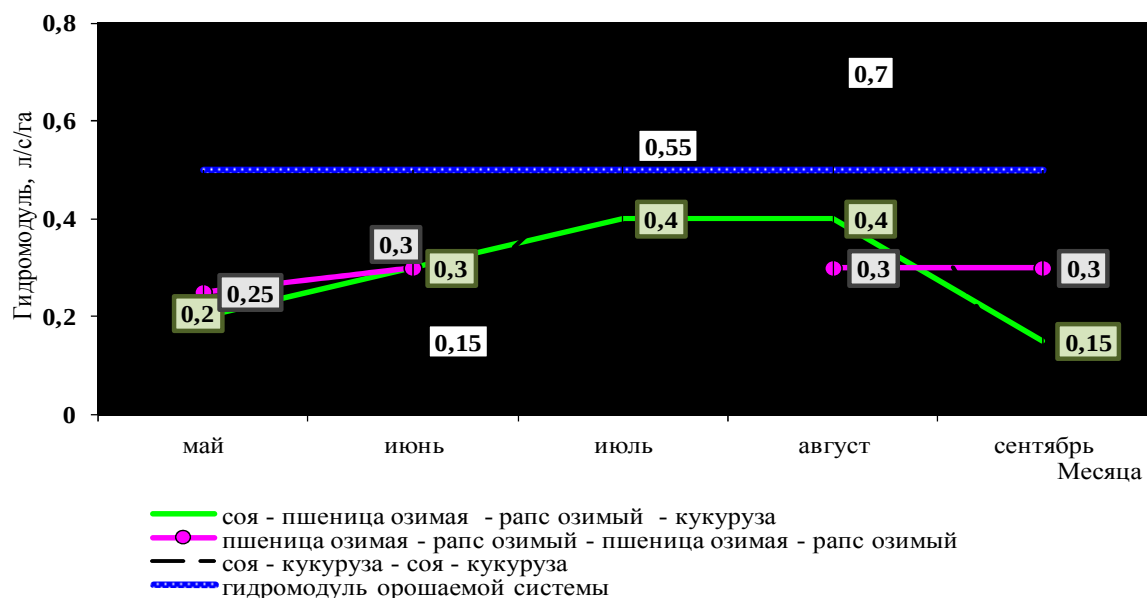


Рисунок 1 - Графіки гідромодуля сівозворотів з різним співвідношенням культур

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Среди культур сівозворотів найбільша тривалість поливного періоду у люцерни - 130 днів, а найбільш короткий у озимих культур 40 днів. У кукурудзи та сої він практично однаковий і триває близько 60 днів.
2. Найбільша середньодобова потреба в поливній воді у сої та кукурудзи – близько 50 м³/га, а пшениці озимої та люцерни він значно менше і становить 36,0-37,5 м³/га.
3. Структура посівних площ на кожному конкретному поливному ділянці зрошуваного агроландшафту в значній ступені визначає рівномірність використання поливної води впродовж вегетаційного періоду. Найбільш рівномірно використовується поливна вода при такому співвідношенні культур: кукурудза – 28,6%, зернових колосових – 42,8% та люцерна – 28,6% або 50% озимих культур та по 25% сої та кукурудзи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Ефективне використання зрошуваних земель Херсонської області: Монографія. – Херсон: Стар, 2010. – 127 с.
- [2]Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / За ред. С.А. Балюка, М.І. Ромещенко, В.А. Сташука. – К.: Аграрна наука, 2009. – 624 с.
- [3]Коваленко П.І. Раціональне використання води при зрошенні / П.І. Коваленко, Ю.О. Михайлов. – К.: Аграрна наука, 2000. – 215 с.
- [4]Лымарь А.О. Экологические основы систем орошаемого земледелия / А.О. Лымарь. – К.: Аграрна наука, 1997. – 398 с.
- [5]Ромашенко М.І. Техніко-технологічні засади відновлення зрошення в Україні / М.І. Ромашенко, В.С. Сніговий, О.В. Шевченко, С.А. Балюк. // Меліорація і водне господарство. – 2006. – Вип. 93-94. – С. 21-33.

CHAPTER IV/70: RECOMMENDATIONS FOR IRRIGATION IN AUSTRIA

Глава IV/70: Рекомендации по орошению в Австрии

Peter Cepuder*, Reinhard Nolz

DOI 10.25680/2050.2018.17.14.335

*Email: peter.cepuder@boku.ac.at

Institute of Hydraulics and Rural Water Management; Department of Water, Atmosphere and Environment; University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Muthgasse 18, 1190 Wien, Austria

ABSTRACT. Protecting water (and soil) resources has a high priority in Austria. As irrigation is necessary in several regions, the Austrian legislative authorities demand high standards with respect to agricultural irrigation. The basic laws are the Austrian Water Rights Act, the Austrian Food Book, and the Austrian Drinking Water Ordinance. To provide a clearly arranged excerpt of the relevant laws, the Austrian Water and Wastewater Association and a group of experts released guidelines for irrigation, focusing on qualitative, quantitative and technical aspects. This chapter outlines important aspects of these guidelines. Above all, irrigation water has to fulfil physical, chemical, and hygienic criteria, mainly to avoid threatening human health. Furthermore, irrigation management should be oriented on plant water requirements as well as soil properties to facilitate optimal plant growth and at the same time avoid water losses. A key instrument to conserve water resources are water rights, which can be granted based on the strict targets of the Austrian water law.

Резюме. Защита водных (и почвенных) ресурсов имеет высокий приоритет в Австрии. Так как в нескольких регионах необходимо орошение, австрийские законодательные органы требуют соблюдения высоких стандартов в отношении сельскохозяйственного орошения. Основными нормативными актами являются Австрийский закон о правах на воду, Австрийская продовольственная книга и Австрийское постановление о питьевой воде. В качестве четко структурированного собрания выдержек из соответствующих нормативных актов, Австрийская ассоциация воды и сточных вод и группа экспертов опубликовали руководящие принципы для орошения, внимание в которых сосредоточено на качественных, количественных и технических аспектах. В этой главе описываются важные аспекты данных руководящих принципов. Прежде всего, вода для орошения должна соответствовать физическим, химическим и гигиеническим критериям, главным образом, чтобы избежать угрозы здоровью человека. Кроме того, технология орошения должна быть ориентирована на потребности растений в воде и свойства почвы, чтобы способствовать оптимальному росту растений и в то же время не допускать потерь воды. Ключевым инструментом сохранения водных ресурсов являются права на воду, которые могут предоставляться на основе целей, строго устанавливаемых австрийским водным законодательством.

KEYWORDS: agriculture, irrigation, water resources, water quality, plant water requirements, technical aspects

Ключевые слова: сельское хозяйство, орошение, водные ресурсы, качество воды, требования к водным ресурсам, технические аспекты

INTRODUCTION

The predominant part of the Austrian territory is characterized by the Alps and forests. About 2.8 million ha – representing 35 % of the total area – is agricultural land, of which 55 % are cropland and 45 % are pasture. Cropland is principally distinguished by fertile soils and suitable environmental conditions. A main advantage for crop production is Austria's positive water balance, exemplified by the fact that the amount of water leaving the state territory (910 mm) is larger than the amount entering (310 mm) [1]. The main reason are large rainfall amounts across the Alps, which contribute substantially to the mean annual precipitation of 1100 mm. Additionally, Austria has large storage capacities in terms of glaciers, rivers, lakes, and groundwater bodies.

Nevertheless, also regions exist where rainfed agriculture is difficult or uneconomic, and thus additional water supply through irrigation becomes necessary. This applies for the eastern part of Austria, where a subhumid climate supports crop production, but lack of rainfall might become a restricting factor for many crops. In total, approximately 110,000 hectares are designated as irrigable area, of which 30 to 50 % are irrigated irrespective of the actual rainfall. The average (40,000 hectares) amounts to an annual water consumption of 28 million m³ with an average water supply of 70 mm per hectare. In this regard, it

is obvious that water resources might be threatened in terms of quantity and – due to unintended leaching of nutrients towards groundwater – quality.

In general, protecting water (and soil) resources has a high priority in Austria. The Austrian Water Act [2] strictly regulates use and protection of water. As a specific measure, the Austrian Water and Wastewater Association (OeWAV) and a group of experts released guidelines for irrigation focusing on qualitative, quantitative and technical aspects. The following paragraphs intend to outline these guidelines, including irrigation from groundwater and surface waters, but not considering treated and untreated wastewater.

CRITERIA FOR GOOD IRRIGATION WATER QUALITY

To achieve sufficiently high and stable yields as a basis for food production, it is necessary to supply plants with both water and nutrients. In areas with insufficient or unfavorable rainfall, irrigation is an essential part of efficient land management. Since foods must conform to high quality criteria, the application of irrigation water must not affect human health – neither directly nor indirectly. Quality-specific criteria of irrigation water can be determined as physical, chemical and hygienic water properties.

Physical criteria: With respect to plant-physiology, the optimal water temperature is between 20 and 25°C. For drip irrigation systems, in particular, suspended particles (inorganic or organic) in the utilized water should be less than $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, and dissolved substances should be less than $2000 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [3].

Chemical criteria: Chemical substances acting as nutrients are typically separated into main components (calcium, magnesium, sodium, potassium) and minor components (trace elements such as aluminum, cadmium, iron, manganese, nickel, mercury, and zinc). While such substances are essential for plant development, excessive (cumulated) amounts may threaten human health. Therefore, the pollutant levels in irrigation water have to be low enough to guarantee that plant parts intended for human consumption do not exceed the critical values as defined by the Austrian Food Book [4]. A straightforward method to determine whether irrigation water contains critical amounts of substances is to measure electrical conductivity (EC), which corresponds to salt content. In this regard, EC-values of the irrigation water between 250 and $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (at 25°C) indicate that moderately salt-sensitive and moderately salt-tolerant plants can be irrigated [5]. Wheat and sugar beet, for instance, are relatively salt tolerant, while maize is much more sensitive to salt content; vegetables like turnip, spinach and tomato are more salt-tolerant than salad, onion, carrots and beans [3]. Furthermore, carbonate, hydrogen carbonate, chloride, nitrate, boron, and trace elements must not exceed certain concentrations in irrigation water.

Hygienic criteria: Health damage can be caused by acute or chronic pollutants and pathogens. Since fruits from agriculture and horticulture are sometimes irrigated just before harvest, even pathogens with short survival times can pose a threat to human health when they get in contact with the surface of fruits or other parts of the plant. For this reason, irrigation water must not contain pollutants and pathogens in concentrations threatening human health.

Of the pathogens, mainly those with a fecal-oral pathway of infection are of importance. Contaminated with human or animal fecal matter, they enter the environment and thus water, and can trigger infections by oral ingestion, contact or inhalation of aerosols. Disease pathogens are bacteria, viruses and parasites. An overview and detailed information can be found in the WHO Directive [6]. The presence of viruses in river water is described by WALTER et al. [7].

From a hygienic point of view, irrigation water is categorized based on colony forming units (CFU) of *Escherichia coli* and enterococci. The four categories are (i) groundwater, (ii) slightly contaminated ground- and surface water, (iii) moderately contaminated surface water, and (iv) highly contaminated surface water. The respective limits for *Escherichia coli* are (i) ≤ 5 , (ii) ≤ 200 , (iii) ≤ 2000 , and (iv) $\leq 15000 \text{ CFU}\cdot(100 \text{ ml})^{-1}$.

To achieve the quality requirements of a certain quality class, adequate measures can be taken in the sense of risk management. That is, for example, improved protection of the catchment area, elimination or reduction of fecal sources, optimized pumping or disinfection measures. When using disinfection methods, the requirements of the Austrian Food [4] must be considered with regard to operation and monitoring. In the case of chemical disinfection measures, the planting toxicity of the disinfectant and those of the possible disinfecting by-products are to be taken into account.

Before using water for irrigation, at least one previous examination of the physical, chemical, and microbiological parameters is necessary. Water used for washing and cleaning vegetables and fruits has to comply with the microbiological requirements of the Drinking Water Ordinance [8], at least during the last cleaning cycle. In Austria, irrigation water is mainly extracted from groundwater that typically fulfils the requirements of drinking water. Therefore, irrigation water is generally regarded as unproblematic.

Drinking water from a public water supply system is definitely suitable for irrigation purposes from a hygienic point of view; additional examinations are not necessary in this case.

QUANTITATIVE ASPECTS

Beside qualitative aspects, it is necessary to quantitatively protect Austria's water resources by saving water. With regard to optimal plant production this means to apply water at times it is needed by the plants, and to apply sufficient amounts without overcharging the water holding capacity of the soil.

Plant water requirement depends on the type of crop, its development stage, and weather conditions. As a rule, the water demand increases with the development of the plant until the reproductive phase is reached, and then decreases until maturation. The water is used for biomass production, for nutrient transport and for cooling of the plant tissue. Reduced water supply can cause a reduced metabolism, wilting, and irreparable damage. The underlying physical processes are described as evaporation – the process of water transport from the soil to the atmosphere – and transpiration – the process of water transport through plants to the atmosphere. The actual evapotranspiration (ET) rate results from energy input (mainly due to global radiation) and vapor pressure deficit (driven by air temperature, air humidity, and wind velocity).

Plant available soil water: As a porous medium, soil is storing water and making it available for plant uptake. Precipitation replenishes soil- and ground water. Irrigation is generally necessary if the water stored in the rooting zone does not sufficiently meet plant water requirements.

The plant available water storage depends on soil type (soil texture), available pore space (soil structure), soil and rooting depth. Coarse pores can contain large amounts of water, but the capillary forces are weak, so the water can easily drain towards groundwater. In fine pores, larger tensions prevail, holding the water against gravity, but making it less available for root uptake. The water potential or pF-value describes the energy of water at a certain point in the soil. Depending on the soil (hydraulic) properties, each energy status corresponds to certain soil water content. The latter refers to the volume of water related to a specific volume of soil. A soil-specific retention function or pF-curve describes the relationship between water potential and water content. The water content ranges theoretically from saturation and complete dryness. Under natural conditions, however, it is rather between field capacity (FC) and permanent wilted point (PWP). Field capacity is usually referred as the water content at a soil matrix potential between 0.06 and 0.33 bar ($pF = 1.8$ to 2.5). As a rule of thumb, this corresponds to the condition in a natural soil two to three days after intensive wetting. Plants can withdraw the soil water only to the permanent wilting point, which is usually assumed at 15 bar ($pF = 4.2$). The water between field capacity and permanent wilting point is referred to as plant available water.

Irrigation planning and demand-based irrigation scheduling: For planning irrigation in general, the long-term plant water requirements should be estimated based on available weather data, considering average conditions, but also dry and wet years. Soil conditions have to be considered with respect to storage capacity, but also with respect to infiltration rates. The infiltration determines maximum irrigation intensities to avoid clogging or soil erosion.

The time and duration of irrigation are usually defined subjectively (based on experience) by observing weather conditions (heat, dryness), plant conditions (wilting phenomena) and soil moisture (color, finger sample). A more efficient irrigation scheduling is possible when accessing decision support systems. The latter might include regional and local weather data and weather forecasts as well as information about plant status or soil water content. Some decision-making tools are freely available via various media; others are customized and therefore liable to pay costs. In general, information and forecasts are typically based on measurements or model calculations. Simple (climatic) water balance models, for example, consider only precipitation and evaporation, whereof the latter is usually determined with established ET-models (e.g., after Penman and Monteith, [9]).

A more objective method for on-demand irrigation is based on frequent observations of soil water status. Extracting soil samples and gravimetrically determining water content (weighing – drying – weighing) is a traditional method connected with simple equipment and low costs, but also with a great deal of time. A relatively old technique is represented by neutron probe measurements, which can detect the water content very precisely. However, the equipment is expensive and the measurements are time-consuming and due to the radioactive radiation associated with appropriate safety requirements. A modern alternative are soil water sensors, which measure either the water content or the soil matrix potential in the root area of the plant [10]. For an optimal water supply of the plant, the measured values should move in a certain range. The corresponding switching values depend on soil and plant. Wireless sensors networks for irrigation management are commercially available in Austria, and they are operated in some regions,

mainly in horticulture and viticulture. However, there is still a lot of potential to establish such systems and accordingly improve irrigation management with respect to sustainability.



Figure 1 – Selected irrigation systems operated in Austria (sprinkler with movable pipe system, raingun with mobile reel system, and stationary subsurface drip irrigation), and typical well for groundwater withdrawal

WATER RIGHTS

Withdrawing water from ground- or surface water for agricultural irrigation as well as the construction or alteration of facilities used for this purpose is always subject to the authorization of water rights. The district administrative authority (district management team, municipal authorities) is responsible for approving water rights. If neighboring countries are affected (e.g., border waters), water related issues lie in the responsibility of the government.

Generally, the allowed amount of water must be determined in such a way that public interests and existing rights are not violated. It is important to consider the needs of the applicant as well as the existing water management conditions. In particular, this refers to water availability with respect to quantity and quality. In this context, changing water levels, groundwater recharge and economical use of water have to be considered. When surface waters are involved, their ecological functionality has to be ensured in any case.

According to the water law, all allowances have to be limited to the longest justifiable period of time, balancing the applicant's needs against water-related interests, and considering technical development. In case of larger projects with several owners being involved, the organizational form of water co-operatives has proven feasible. Water co-operatives are bodies governed by public law that are granted legal personality by means of acknowledgment of approval by the water authority. Membership usually requires ownership of a property ahead.

The water right also regulates which documents have to be provided when applying for an approval according to the water law. From a technical point of view, an irrigation facility project in any case requires an application form, a technical report, and planning documents approved by an expert.

Comprehensiveness and level of detail of the application documents may be determined by the competent authority depending on the size of the project. In any case, crop water requirements have to be verified, and a plan of the irrigation site illustrating irrigation areas (plots) with crop types and crop rotations, and announcing irrigation seasons. Furthermore, relevant soil information has to be specified regarding storage capacity.

CONCLUSIONS

1. To avoid threatening human health, irrigation water has to fulfil physical, chemical, and hygienic criteria.

2. To guarantee optimal plant growth and at the same time avoid water losses, irrigation management should be oriented on plant water requirements as well as soil properties.
3. To conserve water resources, water rights can be granted based on the strict targets of the Austrian water law.

REFERENCES

- [1]BMLFUW 2017. Die Wasserbilanz Österreichs. <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserkreislauf/Wasserbilanz.html>
- [2]WRG 1959. Wasserrechtsgesetz. Bundesministerium für Gesundheit in der gültigen Fassung. https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/wasserrechts-gesetz/WRG1959.html
- [3]FAO 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, Rome.
- [4]Österreichisches Lebensmittelbuch 2017. Trinkwasser. Bundesministerium für Gesundheit. <http://www.lebensmittelbuch.at>
- [5]Thorne, D.W., Peterson, H.B. 1954. Irrigated Soils. 2nd edition, The Blakistan Company Inc. Toronto.
- [6]WHO 2011. Guidelines for drinking-water quality. 4th edition, Microbial Fact Sheets, 231-293. <http://www.who.int>
- [7]Walter, R., Kaupa, H., Johl, M., Dürkop, J., Krämer, U., Macht, W. 1989. Viruses in River Water and Health Risk Assessment. Water Science & Technology 21(3), 21–26.
- [8]BGBl. II Nr. 304 2001. Drinking Water Ordinance. Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TWV).
- [9]Allen, R.G., Walter, I.A., Elliott, R.L., Howell, T.A., Itenfisu, D., Jensen, M.E., Snyder, R.L. (2005): The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA.
- [10]Nolz, R., Cepuder, P., Balas, J., Loiskandl W. 2016. Soil Water Monitoring in a Vineyard and Assessment of Unsaturated Hydraulic Parameters as Thresholds for Irrigation Management. Agricultural Water Management 164, 235–242. Doi 10.1016/j.agwat.2015.10.030

Глава IV/71: МОНИТОРИНГ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ КАЗАХСТАНА

Chapter IV/71: Monitoring of the Meliorative State of Irrigated Land in Kazakhstan

Tursun Ibrayev^{*1}; Nurlan Bekmuhamedov², Mikhail Tskhai¹, Marina Li¹

DOI 10.25680/7759.2018.53.87.336

*Эл. Почта: tursun_ibraev@mail.ru

1.Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, ул. Койгельды 12, 080003 Тараз, Казахстан

2.Национальный центр космических исследований и технологий, ул. Шевченко, 15, 050010 Алматы, Казахстан

РЕЗЮМЕ. Создана геоинформационной системы космического и наземного мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель Казахстана. Разработана интерактивная электронная карта орошаемых земель. Дано описание технологической схемы мониторинга мелиоративного состояния орошаемых. Дан прогноз состояния и перспектив использования орошаемых земель для интенсификации развития сельскохозяйственного производства. Разработана информационно-советующая система для принятия оперативных управленческих решений по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель. Произведено трансформирование и загрузка данных в централизованное хранилище при подготовке картографических данных. Проведена компоновка документов карт для ArcGIS Server. Разработан геопортал для отображения результатов космического мониторинга орошаемых земель Казахстана. Данные космического мониторинга орошаемых территорий Казахстана востребованы как государственными, так и муниципальными органами исполнительной власти при управлении земельными и водными ресурсами.

Abstract. A geoinformation system for space and ground monitoring of the meliorative state of irrigated lands in Kazakhstan was created. An interactive electronic map of irrigated lands was developed. A description of the technological scheme for monitoring the meliorative state of irrigated is given. The forecast of the state and prospects for the use of irrigated lands for the intensification of the development of agricultural production is given. An information and advisory system was developed to make operational management decisions to improve the reclamation state of irrigated lands. Transformation and loading of the data into the centralized storage in the preparation of cartographic data was performed. The layout of the map documents for ArcGIS Server has been done. A geoportal was developed to display the results of space monitoring of irrigated lands in Kazakhstan. Data of space monitoring of irrigated territories of Kazakhstan are claimed by both state and municipal executive authorities in the management of land and water resources.

КЛЮЧЕВЫЙ СЛОВА: спутниковый мониторинг, орошаемые земли, мелиоративное состояние, геоинформационная система, гео-портал

Keywords: satellite monitoring, irrigated lands, ameliorative condition, geoinformation system, geo-portal

ВВЕДЕНИЕ

Большинство сложностей по управлению водно-земельными ресурсами на базовом уровне в действительности являются информационной проблемой. Используя геоинформационную систему и данные дистанционного зондирования в качестве источника оперативной информации, можно удовлетворить потребности всех сторон, связанных с сельским хозяйством, за счет общего и разделяемого доступа к объективной информации, что позволит мелиораторам применить принципы интегрированного управления водно-земельными ресурсами. Дефицит водных ресурсов в совокупности со сложившейся экономической ситуацией в стране, приводит к сокращению водопотребления в республике. В настоящее время водозабор на сельское хозяйство сократился до 15 км³ (против 26 км³ в 1992 году), площадь регулярного орошения уменьшилась вдвое. В Казахстане на долю орошаемого земледелия приходится более 70% забора воды, а значит, оно является подотраслью экономики, на которую необходимо сделать акцент при эффективном использовании водных ресурсов/ Одной из наиболее актуальных проблем, по мнению экспертов [1], требующими срочного решения в том числе названа проблема введение агроэкологического мониторинга, подразумевающего постоянное слежение и контроль за количеством и качеством земельных ресурсов в условиях орошения.

ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ И ЗАГРУЗКА ДАННЫХ

Информация по сельскохозяйственным объектам хранится в единой таблице «Maskpol». На данный момент информации по каждому году соответствует отдельный столбец с соответствующим именем. Так как данная таблица содержит пространственные данные, то возможны следующие варианты редактирования данных в ней: с помощью ГИС приложения (например, ArcGIS или QGIS): возможно подключение к базе данных и редактирование данных в графическом интерфейсе приложения; с помощью ГИС приложения: редактирование существующей таблицы вне базы данных, далее импорт с заменой в базу данных; непосредственно в базе данных (необходим доступ); с помощью веб-интерфейса (на данный момент не реализовано). При вводе, редактировании данных необходимо учитывать, что данные в таблице должны соответствовать следующим критериям: поле id должно быть уникальным; значение поля КАТО должно соответствовать реальному (существовать в таблице КАТО); поле информации о севообороте должно содержать кодовую информацию – id соответствующего севооборота из таблицы типов севооборотов.

КОМПОНОВКА ДОКУМЕНТОВ КАРТ ДЛЯ ARCGIS SERVER

Используя программный продукт ArcGIS for Desktop, а именно такие его приложения, как ArcMap и ArcGlobe, можно подготовить и проанализировать данные ГИС перед публикацией в веб-ГИС. А также, эти же приложения используются при публикации веб-сервисов в ArcGIS for Server. Разработана интерактивная электронная карта орошаемых земель Жамбылской и Южно-Казахстанской областей в масштабе 1:1 000 000 (обновляемая в рабочем режиме один раз в квартал в течение вегетации). Разработана технологическая схема мониторинга мелиоративного состояния земель по данным дистанционного зондирования предполагает определение динамики

засоленности на основании индексов солености (рисунок 1), на основе расчета различных спутниковых вегетационных индексов [2,3,4].



Рисунок 1 – Технологическая схема спутникового мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель

Входными данными в технологии являются: спутниковые снимки, информация полевых наблюдений и метеорологические данные. Спутниковые снимки, использованные в данной технологии подразделяются по пространственному разрешению - на высокого и среднего. Для оперативного еженедельного мониторинга мелиоративного состояния использовались регулярные данные низкого разрешения Terra/MODIS и Suomi NPP, среднего разрешения Landsat-8, Sentinel- 2 с различной периодичностью съемки. Спутниковое определение площадей засоления полей по отдельным районам Казахстана проводилось по космоснимкам Landsat -8 и Sentinel-2 на основе рассчитанных значений индекса NDSI с сентября по декабрь 2014-2016 гг.

По данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) площади засоления полей в сентябре минимальные и составляют по исследуемым районам в основном менее 1%. К концу сентября большая часть полей находилась на завершающем этапе вегетации и созревания посевов. Присутствие необранной биомассы на полях могло повлиять на результаты оценки поверхностного засоления полей дистанционными методами. К концу октября на территории Шардаринского и Мактааральского районов Южно-Казахстанской области площади засоления полей максимально возрастают до 4 и 10 % от общей полевой маски. В Сарыагашском районе площадь засоления полей к концу октября 2014 г. максимальная и составляет более 30 тыс. га или 26 % от всей площади полей В последующий период после уборки в ноябре-декабре во всех районах и годах наблюдается резкое уменьшение площадей с засолением полей, регистрируемых с помощью спутниковых сенсоров

ИНФОРМАЦИОННО СОВЕТУЮЩАЯ СИСТЕМА

Разработана информационно советующая система (ИСС) для принятия оперативных управленческих решений по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель. Основной задачей ИСС является представление пользователям удобного удаленного доступа к постоянно пополняющимся архивам спутниковых данных и различным информационным продуктам получаемым на их основе. При этом пользователям системы предоставляются не только возможность удобного поиска, выбора и получения архивной и оперативной информации, но и различные инструменты для ее анализа. Система создана как инструмент, позволяющий анализировать информацию о состоянии растительности, мелиоративном состоянии сельхоз угодий, орошении, полученную на основе спутниковых данных как в отдельных точках (полях) так и на уровне районов и областей. При этом система обеспечивает проведение как

пространственного, так и временного анализа информации. С помощью ИСС был проведен анализ перспективных для орошения регионов в Казахстане. В качестве входных данных были использованы: почвенная карта, метеоданные, карта ирригационной сети, производные вегетационных индексов, карты мелиоративного состояния областей.

ГЕО-ПОРТАЛ

Создан ГЕО-портал для отображения результатов спутникового мониторинга орошаемых земель юга Казахстана. Вся архитектура создана на модульных и масштабируемых компонентах, совместимых друг с другом и внешними системами для дальнейшего расширения; сложность служб и объем геоданных при этом позволяют сохранить целостность остальной части архитектуры. Геоинформационная web-система представляет собой совокупность функциональных модулей и связей между ними. Систем содержит в себя набор модулей, который включает в себе несколько экранных форм. Перечень и назначение модулей web-ГИС «GeoServer»:

- «Администрирование» предназначен для управления информационной безопасностью и разделением прав доступа к различным функционалам системы в соответствии с пользовательскими полномочиями;
- «Полевые данные» предназначен для регистрации и хранения фактических данных при проведении полевых работ;
- «Просмотр ГИС-данных» предоставляет доступ к просмотру пространственных данных, а также управление видимостью слоев, получение информации по объектам и т.д.

Для достижения одной из главных целей, которая состоит в создании геоинформационной web-системы (web-ГИС «GeoServer») для удаленного доступа, система должна быть удобна в использовании, иметь удаленный доступ, а также предлагать данные по требованию. Данные аспекты должны поддерживать легкий доступ к геоданным, путем удаленного доступа с удобством использования, которые могут предотвратить барьеры для оптимального использования геоданных. Кроме того, создание web-системы должно следовать принципам открытых, модульных и масштабируемых технологий.

Просмотр карт состоит не только из самой карты, но и из следующих компонентов: управление тематическими слоями; включение и выключение слоя; настройка прозрачности слоя; легенда отображаемых слоев; переключатель базовых слоев; отображение панели инструментов.

Разработана web-ГИС система отображения результатов космического и наземного мониторинга орошаемых земель Казахстана, обновляемая в рабочем режиме один раз в квартал в течение вегетации. Разработанная геоинформационная web-система «GeoServer» предназначена для эффективного управления и мониторинга орошаемого земледелия с помощью космических данных, а также для просмотра и визуализации пространственных данных по проекту. Система разработана с использованием трехуровневой архитектуры, включающей: уровень базы данных, логический уровень и уровень представления (рисунок 2).

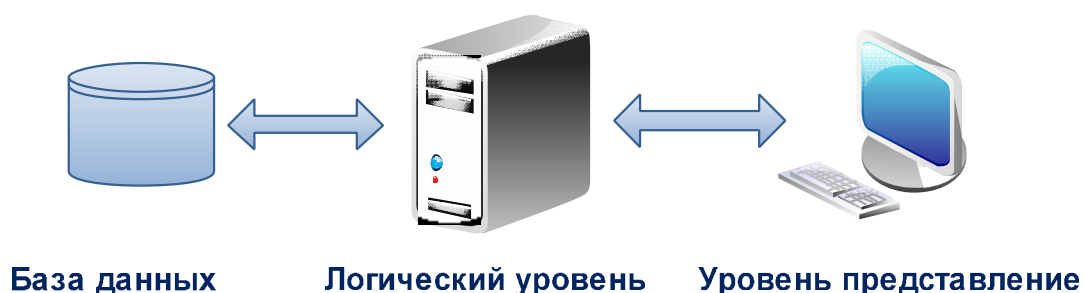


Рисунок 2 - Трехуровневая архитектура

На рисунке 3 показаны основные компоненты, в которых система разбивается, в соответствии с тремя уровнями: база данных, логический уровень, уровень представления.



Рисунок 3 - Схема реализации web-ГИС



Рисунок 4 - Технологическая схема спутникового мониторинга орошаемых земель

МОНИТОРИНГ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Мониторинг состояния орошаемых земель по данным ДЗЗ предполагает интеграцию нескольких теоретических подходов: применение температурных каналов спутников ДЗЗ; расчет различных спутниковых вегетационных индексов; расчет температур подстилающей поверхности, а также всех перечисленных индексов, проводится через расчет Reflectance и Radiance. На рисунке 4 представлена технологическая схема спутникового мониторинга орошаемых земель.

Входными данными в разработанной технологии являются: спутниковые снимки, информация полевых наблюдений и метеорологические данные. Спутниковые снимки, использованные в данных технологиях подразделяются по пространственному разрешению - на высокого и среднего. Для оперативного ежедневного мониторинга мелиоративного состояния предполагается использовать регулярные данные низкого разрешения Terra/MODIS и Suomi NPP. Для мониторинга мелиоративного состояния полей менее одного квадратного километра можно использовать данные среднего пространственного разрешения со спутника Landsat-8.

В ходе исследований сформирован архив данных дистанционного зондирования на территорию орошаемых полей четырех южных областей Казахстана на вегетационные сезоны с 2010 по 2017 годы. Архив включает снимки низкого и среднего пространственного разрешения со спутников Terra/MODIS (250 м разрешение), Landsat-7 (30 м разрешение), Landsat-8 (30 м и 15 м разрешение) с различной периодичностью съемки (1 день и 16 дней). Также сформирован архив радарных данных со спутника Sentinel-1 за 2014-2017 годы. На данный момент архив включает в себя более 800 снимков и постоянно пополняется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанные методики мониторинга орошаемых земель в настоящее время позволяют оперативно и с большой достоверностью получать сведения о наличии полива и о пространственном расположении очагов засоления.
2. Применение коммерческих данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения позволяют получать более детализированную пространственную информацию о состоянии посевов и, соответственно, принимать более взвешенные решения о необходимости проведения тех или иных мероприятий более адресно, вплоть до масштабов отдельного поля в одном хозяйстве.
3. Существующие программные средства и применяемые методы распознавания сельскохозяйственных культур обеспечивают достоверность распознавания отдельных типов посевов в пределах 40-70 % по данным среднего пространственного разрешения и при наличии достаточного количества полевых наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Алимкулов С.К. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения. Алматы, 2015. – 582 с.
- [2] Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., D.W. Deering. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP I 351, 2001. – P. 309-317
- [3] Wentzel K. Determination of the overall soil erosion potential in the Nsikazi District (Mpumalanga Province, South Africa) using remote sensing and GIS. Canadian Journal of Remote Sensing, 2001 (28). – P. 322-327
- [4] Khan N.M., Rastoskuev V.V., Shalina E.V., Sato Y. Mapping salt-affected soils using remote sensing indicators – a simple approach with use of GIS IDRISI // 22nd Asian Conference on Remote Sensing. – Singapore: 5-9 November, 2001. – P. 23-28

Chapter IV/72: THE WUEMoCA TOOL FOR MONITORING IRRIGATED CROPLAND USE AND WATER USE EFFICIENCY AT THE LANDSCAPE LEVEL OF THE ARAL SEA BASIN

Глава IV/72: Инструмент WUEMoCA для мониторинга эффективности использования орошаемых пахотных земель и воды на ландшафтном уровне бассейна Аральского моря
Sarah Schönbrodt-Stitt¹, Christopher Conrad¹, Dimo Dimov¹, Ikrom Ergashev², Fabian Löw³, Lucia Morper-Busch¹, Sherzod Muminov², Islom Ruziev², Gunther Schorcht⁴, Georgy Solodky², Anatoly Sorokin², Denis Sorokin², Galina Stulina², Rustam Toshpulatov², Sherzod Zaitov², Almas Kitapbayev⁵, Katy Unger-Shayesteh⁶

DOI 10.25680/9880.2018.75.14.337

* Email: sarah.schoenbrodt-stitt@uni-wuerzburg.de

1. Department of Remote Sensing, Institute of Geography and Geology, University of Würzburg, Oswald-Külpe-Weg 86, 97074 Würzburg, Germany
2. Scientific Information Center of the Interstate Coordination of Water Commission in Central Asia (SIC ICWC), B.3 Asaka, Tashkent, 100 00, Republic of Uzbekistan
3. MapTailor Geospatial Consulting GbR, Nassestrasse 13, 53113 Bonn, Germany
4. green spin GmbH, Magdalene-Schoch-Straße 5, 97074 Würzburg, Germany
5. German-Kazak University, ul. Furmanov 173 KZ-050010 Almaty, Kazakhstan
6. Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

ABSTRACT. Water scarcity in the Aral Sea Basin together with the persistent dependency from agricultural production as well as with the effects of population growth and climate change is supposed to imply future conflicts in all water-use sectors. An efficient and sustainable irrigation agriculture will essentially contribute to sustainable regional development. Optical satellite remote sensing (RS) data such as MODIS provides necessary information for monitoring irrigated cropland use on the regional, respectively landscape scale. In this context, the WUEMoCA tool intends to provide agriculturally relevant, spatio-temporal geoinformation to support planning in the water resources management sector. Potential groups of end-users comprise policy makers and advisors from national governments but also regional and transboundary decision makers and specialists dealing with geoinformation technology and RS based analysis for sustainable land and water resources management.

Резюме. Дефицит воды в бассейне Аральского моря в сочетании с устойчивой зависимостью от сельскохозяйственного производства, а также с последствиями роста населения и изменения климата, как предполагается, делают возможными будущие конфликты во всех секторах водопользования. Эффективное и устойчивое орошаемое сельское хозяйство будет существенно способствовать устойчивому региональному развитию. Оптические данные спутникового дистанционного зондирования, такие как данные MODIS, предоставляют необходимую информацию для мониторинга использования орошаемых пахотных земель в масштабе региона и ландшафта. В этом контексте, целью инструмента WUEMoCA является предоставление значимой для сельского хозяйства пространственно-временной геоинформации для поддержки планирования в секторе управления водными ресурсами. Потенциальные группы конечных пользователей включают руководителей и советников государственных органов, а также лиц, принимающих решения на региональном и трансграничном уровне, и специалистов, занимающихся геоинформационными технологиями и анализом данных дистанционного зондирования для устойчивого управления земельными и водными ресурсами.

KEYWORDS: land and water resources, monitoring, irrigated cropland, remote sensing, geoinformation technology, informed decision-making, Aral Sea Basin

Ключевые слова: земельные и водные ресурсы, мониторинг, орошаемые пахотные земли, дистанционное зондирование, геоинформационные технологии, информированное принятие решений, бассейн Аральского моря.

INTRODUCTION

Water resources in the Aral Sea Basin (ASB) are geographically unevenly distributed [1] and shared between six countries whose economies heavily rely on the water availability. Competing interests in seasonally using water for irrigation in summer or for hydropower production in winter, but also for all-season domestic use and ecological preservation call for an effective coordination and high efficiency in water usage. Scientific findings suggest to expect a limited water availability mainly due to climate change and a simultaneously growing population [2]. The implications are supposed to foster ecological degradation and economic and transboundary conflicts on land and water resources [3]. Increasing the water use efficiency ('more crop per drop') is an important contribution to sustainable regional development [4]. However, area-wide data that enable for its assessment or prediction is still scarce in the ASB. Here, the availability of open-source, satellite-based remote sensing (RS) imagery offers great potential for filling those data gaps and for providing information on irrigated land use [5].

THE ONLINE INFORMATION TOOL WUEMOCA

The online information tool WUEMoCA (**W**ater **U**se **E**fficiency **M**onitor in **C**entral **A**sia) constitutes a platform that makes agriculturally relevant geoinformation largely derived from RS-based continuous monitoring freely accessible to regional users. It aims at informed decision-making to support planning in land and water management institutions and organizations. The tool is thus also supposed to promote and support the transfer of scientific results targeting the irrigated cropland use in the ASB [5,6]. Spatial focus of WUEMoCA lies on the irrigated cropland area in the ASB (approximately 8.4 Mio ha) [5], which is predominantly shared by Uzbekistan, Kazakhstan, Turkmenistan, Tajikistan, Kyrgyzstan, and Afghanistan.

DATA SOURCE

Data for monitoring mainly originates from free-of-charge MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) MOD09Q1 data products [7]. Although the pixel size of ~250m does not allow for the detection of single fields, MODIS datasets were selected because MODIS is currently the only satellite system in space that covers extensive areas such as the ASB with the required temporal data coverage for the generation of consistent time series from 2000 until today, thus allowing for retrospective analyses. Data is provided as 8-day aggregates covering the vegetation period from begin March to end October. The Normalized Difference Vegetation Index is then calculated for each scene from the provided red and near-infrared spectral bands. Vector geometries on administrative (i.e., provinces and districts) and hydrographic planning zones (i.e., Basin Irrigation Systems Authority BISA, Irrigation Systems Authority ISA, Water Users Association WUA, and channel command area) as well as reference data on land use and crop type for training and validation of land use classification were provided by Central Asian partners.

TOOL STRUCTURE

WUEMoCA presents a coherent and fully automated processing chain to calculate and visualize derived geoinformation at different levels of aggregation within an interactive, freely accessible web portal. The tool's system architecture is sub partitioned into three sequential modules (Figure 1). The processing unit as part of the application server comprises the automated steps of continuous data download and storage on the server independently from manual control. Subsequently, the processes of regional MODIS-based irrigated cropland classification [9] and, based on this, the modeling of crop yield and actual evapotranspiration [10,11] are triggered. Rasterized results are then provided to the database (DB), which acts as processing environment and spatial DB for vector and raster data. By spatially aggregating the RS-based results, the vector tables of administrative boundaries and regular raster cells (7.5km) are populated within the DB from where a map server converts data to web services and transfers them to the webportal. The tool completely builds on flexible and extensible open-source packages. Thus, the code allows for further extensions and for several technical improvements.

SET OF INDICATORS IN WUEMOCA

Indicators implemented in WUEMoCA (Table 1) build-up the contextual monitoring component of the tool. They serve as practical numerical values for routine analysis of the complex state of irrigated cropland in the ASB and generally aim at observing and analyzing the performance of the irrigated cropland within a selected area of interest. By incorporating multi-temporal RS data, derived indicators also spot at the performance of the irrigation systems over time. Indicators are provided at two temporal aggregation levels, annually and multi-annually. Information given for multi-annual indicators refers to the total monitoring period starting from the year 2000. Thus, for multi-annual indicators, the sum (e.g., fallow land frequency) or average (e.g., crop rotation) of observations from all years is considered. Additionally, indicators are provided at different available spatial aggregation levels such as provinces and districts as well as regular raster cells for the entire monitoring area. All indicators refer to the crop-growing season from 1 March to 31 October (i.e., 'agricultural year').

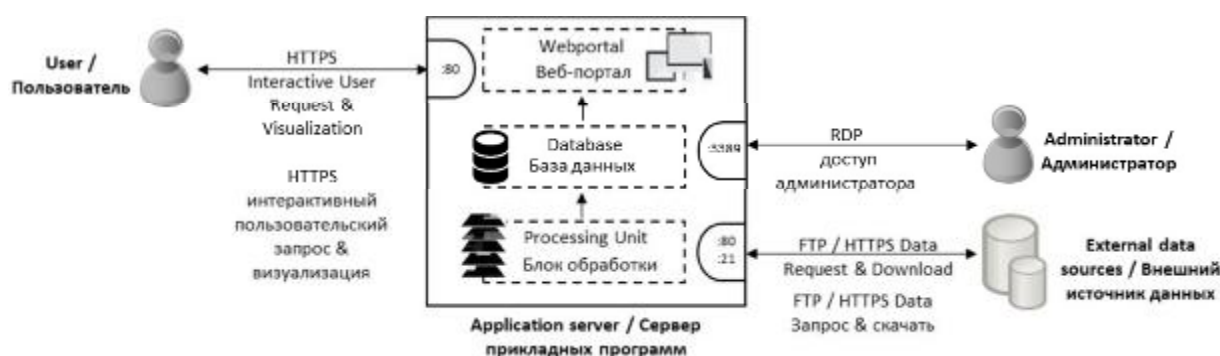


Figure 1 - Schematic overview of the system architecture of the WUEMoCA tool.

Table 1 – Indicators in WUEMoCA and further specifications (as of September 2017). Units: mm = millimeter, - = dimensionless, t = tons, ha = hectare, % = percentage, t ha⁻¹ = tons per hectare, \$ m⁻³ = US dollar per cubic meter.

Indicator and unit	Short description	Spatial aggregation level	Crop-specific information
Annual indicators			
Actual evapotranspiration (mm)	Actual quantity of water lost by evaporation and transpiration	Provinces, districts, regular raster; *	—
Available water for irrigated cropland (-)	Ratio of actual evapotranspiration to potential evapotranspiration	Provinces, districts, regular raster cells; *	—
Available water per crop (-)	Ratio of actual evapotranspiration to the crop water demand	Provinces, districts, regular raster cells; *	for cotton, rice, and wheat only
Crop yield (t ha ⁻¹)	Actual crop production per unit of harvested area	Provinces, districts, regular raster cells; *	for cotton, rice, and wheat only
Farm gross output actual (t)	Actual crop harvest quantities produced	Provinces, districts, regular raster cells; *	for cotton, rice, and wheat only
Irrigated crop acreage (ha)	Crop-specific area under irrigation	Provinces, districts, regular raster cells; *	for each crop and as sum of all crops
Irrigated crop type diversity (-)	Variety of different crop types	Provinces, districts, regular raster cells; *	—
Irrigation efficiency (-)	Efficiency in delivering water used to produce the crop by considering water intake data [8]	for Uzbek provinces and districts only	—
Irrigated land use per crop (%)	Crop-specific area share of net irrigated land	Provinces, districts, regular raster cells; *	for each crop and as sum of all crops
Temporarily unused irrigable land (%)	Area share of fallow land in total net irrigated area	Provinces, districts, regular raster cells; *	—
Water productivity**	Economic revenues per unit of water used	Provinces, districts, regular raster cells; *	for cotton, rice, and wheat only
Multi-annual indicators			
Fallow land frequency (-)	Average number of years in which land was not cultivated	Regular raster cells	—
Land use rotation (-)	Average number of land use alternations including fallow land	Regular raster cells	—
Major land use (-)	Predominant land use based on average frequency	Regular raster cells	—
Net irrigated land area (ha)	Average area equipped with irrigation infrastructure based on the irrigation extent derived from MODIS	Provinces, districts, regular raster cells; *	—

*also available for BISAs, ISAs, WUAs, and channel command areas in Uzbekistan, ** planned for 2018

WUEMOCA'S FEATURES AT A GLANCE

Figure 2 gives an overview of the tool's features. The webportal offers to gather agriculturally relevant parameters and to locate and quantify processes and changes of production for administrative areas and hydrographic planning zones. Through the user polygon tool (i.e., *My Polygons* function) and local user DB, users can interactively 'communicate' with the tool by directly uploading and/or creating own defined areas of interest for which available indicators will be calculated and aggregated on-the-fly. The implemented *Water Use Efficiency tool* (linked to *My Polygons*) enables the users to calculate specific water use efficiency indicators (e.g., irrigation efficiency) independently from data already incorporated into the DB and for any area of interest that can be uploaded to WUEMoCA as a shapefile. The results from indicator calculation will be stored in the local user DB and will be made available only for the specific user. Moreover, users are enabled to directly export retrieved information in form of common data formats (e.g., Excel tables, shapefiles, and KML) by using the *Export and Report* function.

CONCLUSIONS

1. The continuous RS-based monitoring and the use of webGIS applications enable for the development of a tool to derive and visualize supportive information on irrigated cropland and its productivity.
2. WUEMoCA can be freely accessed at www.wuemoca.net
3. The tool completely builds on flexible and extensible open-source packages. Thus, it is open to modifications and adaptations.
4. With the designed system of key indicators, WUEMoCA will contribute to the current database at the scale of the ASB.
5. Potential applications comprise the identification of marginal lands with low productivity and of areas with highest land use intensity and/or water use efficiency.
6. Groups of end-users include local, regional and transboundary decision-makers and specialists dealing with aspects of sustainable land and water resources management. Potential users may also comprise the scientific community studying environmental and ecological objectives in Central Asia.
7. Results are foreseen to be used in modeling exercises on future water requirements or to be implemented in modeling future economic and social development.
8. WUEMoCA is expected to attract the young generation at universities and research institutions with focus on geoinformation technology. This is considered as an important step towards the regional spread of the potentials of RS and geospatial methods and know-how.

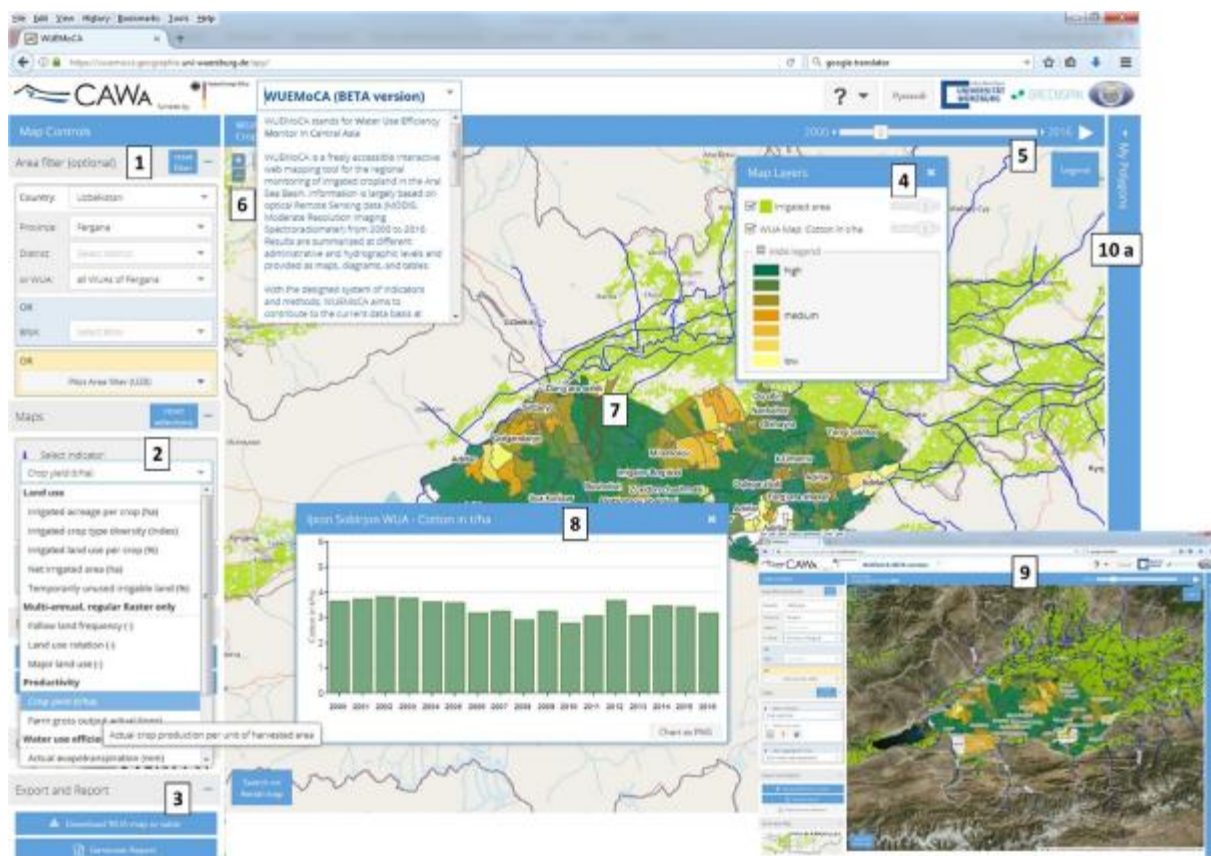


Figure 2 - Exemplary WUEMoCA features at a glance: Map control panel with (1) area filter, (2) indicator filter, and (3) export and report function to download and export data (only visible when indicator dropdown menu is not activated); map window with (4) map legend, (5) time slider for selection of year or automatic playing of entire monitoring period, (6) zoom button, (7) highlighting of selected map element, (8) diagram of selected map element with option for image download, and (9) map window when aerial map is chosen; and (10) user polygon tool (My Polygons panel) for drawing and uploading user-specific polygons with the options to calculate available indicators on-the-fly (available for download) and to fill in own data for calculation.

ACKNOWLEDGEMENTS The authors thankfully appreciate funding from the German Federal Foreign Office (grant no. AA7090002) in the framework of the CAWA project. The authors further highly acknowledge Liliana Sin from the Khorezm Rural Advisory Support Service (Urgench, Uzbekistan), Iskandar Abdullaev from the Regional

Environmental Center for Central Asia (Almaty, Kazakhstan) and their teams as well as Mirzahayot Ibrakhimov and Mustakim Akhmedov for collaboration and data provision. In addition, the authors thank all student assistants from the Department of Remote Sensing at the University of Würzburg for their valuable work.

REFERENCES

- [1]Apel, H., Abdykerimova, Z., Agalhanova, M., Baimaganbetov, A., Gavrilenko, N., Gerlitz, L., Kalashnikova, O., Unger-Shayesteh, K., Vorogushyn, S., Gafurov, A. 2017. Statistical forecast of seasonal discharge in Central Asia for water resources management: development of a generic linear modelling tool for operational use. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/hess-2017-340>
- [2]Micklin, P. 2016. The future Aral Sea: hope and despair. *Environmental Earth Sciences*, 75, 844.
- [3]Dukhovny, V.A. 2010. Current problems in irrigated agriculture in Central Asia and future solutions. CAWa Symposium, November 24-26, 2010, Tashkent, Uzbekistan, 2010. Online: http://cawa-project.net/system/files/attachment/book/Session-2_Dukhovny_en.pdf
- [4]Giordano, M., Turrall, H., Scheierling, S.M., Tréguer, D.O., McCornick, P.G. 2017. Beyond 'More Crop per Drop': Evolving Thinking on Agricultural Water Productivity. IWMI Research Report No. 169. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, and Washington, DC: World Bank. Online: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26381>
- [5]Conrad, C., Schönbrodt-Stitt, S., Löw, F., Sorokin, D., Paeth, H. 2016. Cropping intensity in the Aral Sea Basin and its dependency from the runoff formation 2000-2012. *Remote Sens.* 8 (8): 630.
- [6]Conrad, C., Dech, S., Hafeez, M., Lamers, J., Tischbein, B. 2013. Remote sensing and hydrological measurement based irrigation performance assessments in the upper Amu Darya Delta, Central Asia. *Phy. Chem. Earth*, 61-62, 52-62.
- [7]Vermote, E. 2015. MOD09Q1 MODIS/Terra Surface Reflectance 8-Day L3 Global 250m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <https://doi.org/10.5067/modis/mod09q1.006>
- [8]SIC-ICWC. 2014. Regional Information System on Water and Land Resources in the Aral Sea Basin (CAREWIB). <http://www.cawater-info.net>.
- [9]Dimov, D., Löw, F., Ibrakhimov, M., Schönbrodt-Stitt, S., Conrad, C. 2017. Feature extraction and machine learning for the classification of active cropland in the Aral Sea Basin. IGARSS conference 2017, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 23-28, Fort Worth, Texas, USA.
- [10]Fritsch, S. 2013. Spatial and temporal patterns of crop yield and marginal land in the Aral Sea Basin: Derivation by combining multi-scale and multi-temporal remote sensing data with a light use efficiency model. Dissertation, pp. 187, Würzburg University. Online: <opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de>
- [11]Biggs, T., Petropoulos, G.P., Velpuri, N.M., Marshall, M., Glenn, E.P., Nagler, P.L., Messina, A. 2015. Remote Sensing of Actual Evapotranspiration from Cropland. In: Thenkabail, P.S. (Ed.) *Handbook of Remote Sensing*, Publisher: Taylor & Francis.

Глава IV/73: РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДИСТАНЦИОННЫХ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Chapter IV/73: Comparative Assessment of RS- and Ground-based Monitoring over Land and Water Use in the Aral Sea Basin

Виктор Духовный*¹; Анатолий Сорокин¹; Галина Стулина¹; Икром Эргашев¹; Денис Сорокин¹; Шерзод Муминов¹; Георгий Солодкий¹; Рустам Тошпулатов¹; Гюнтер Шорх²; Димо Димов³

DOI 10.25680/3531.2018.92.29.338

*Эл. Почта: vdukh@vandex.ru

1. Научно-Информационный Центр Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии Центральной Азии, ул. Асака 3, 100 000 Ташкент, Республика Узбекистан

2. Компания «Грин спин ГмБХ», Магдалена Шох штрассе 5, 97074 Вюрцбург, Германия

3. Факультет исследований дистанционного зондирования, Институт географии и геологии, Университет Вюрцбурга, Освальд-Кюльпе-Вег 86, 97074 Вюрцбург, Германия

РЕЗЮМЕ. Нарастание дефицита воды в бассейне Аральского моря, вызванное ростом населения, увеличением производственных мощностей, нарастанием потребности в развитии орошения в Афганистане и, наконец, изменением климата, [1] вызвало необходимость в динамичной оценке использования орошаемых земель. Масштабы орошения – 8,2 млн. га и разнообразие природных условий делает наземную оценку эффективности использования земли и воды в целях повышения их продуктивности достаточно затруднительной. В рамках совместного проекта Университета Вюрцбург и Научно-информационного Центра Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии Аральского бассейна сделана попытка использования для этой цели космического мониторинга с помощью спутника MODIS. Результаты более чем десятилетних дистанционных наблюдений по областям и районам Узбекистана сравнены с наземными данными за тот же период. Результаты сопоставления приведены в статье.

Abstract. Growing water scarcity in the Aral Sea basin caused by population growth, augmented production capacities, increased demand for irrigation development in Afghanistan, and climate change [1] necessitates a dynamic assessment of irrigated land use. However, the large scale of irrigation – 8.2 million hectares – and diversity of landscapes makes ground assessments of water and land use efficiencies complicated. In this context, as part of a joint project by the Wuerzburg University and the Scientific-Information Center of the Interstate Commission for Water Coordination we attempted to apply RS-based methods using MODIS satellite images. The results of RS-based monitoring for more than ten years in provincial and district dimensions of Uzbekistan are compared with the ground data for the same period of time and discussed in the paper.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: орошаемое земледелие, дистанционные измерения, продуктивность земли, эффективность водопользования

Keywords: irrigated agriculture, remote sensing, land productivity, water use efficiency

ВВЕДЕНИЕ

При создании WUEMOCA – инструмента мониторинга орошаемых земель и эффективности водопользования [2] [3] – была заложена идея максимально использовать возможность космических (дистанционных) измерений для оценки динамики орошаемых земель и их использования. При этом акцент был направлен на определение полноты (степени) занятости площадей, оснащенных оросительной сетью, их повторное использование, величину урожая отдельных культур, наличие неиспользованных земель и водообеспеченность.

Партнерство между специалистами немецкой стороны (Университет Вюрцбурга и Гринспин) и местными учеными базировалось на представлении первыми результатов оценки набора показателей земле- и водопользования на основе трактовки результатов обработки снимков спутника MODIS, отображающих состояние посевов сельхозкультур в период вегетации 2000...2014 годов путем измерения NDVI (нормализованного дифференцированного индекса растительности) и площадей, занятых культурами. В качестве основы для сравнения принята база данных НИЦ МКВК [4, 5], включая реальные показатели водоподачи, посевных площадей и

орошения нетто. Одновременно водопотребление определялось теоретически по методике ФАО 24 [6].

НАЗВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДО- И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Посевные площади на орошаемых землях ($F_{ir\_f(i)}$, га) – орошаемые земли, занятые под посевами реальных сельскохозяйственных культур разных видов.

Орошаемая площадь нетто ($F_{ir\_л}$, га) – площадь, оснащенная оросительной сетью и сооружениями, на которой могут выращиваться сельскохозяйственные культуры.

Фактическая эвапотранспирация ($ET_{f(i)}$, мм за единицу времени) – объем воды, фактически затрачиваемый на рост культуры за счет испарения и транспирации.

Подача воды на орошение ($W_{f(i)}$, мм за определенный промежуток времени) – объем воды, поданной на единицу площади из разных источников воды.

Эффективность орошения ($V_{ir(i)}$) – отношение фактической эвапотранспирации к фактической водоподаче на единицу орошаемой площади.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДЫ НА ОБЛАСТНОМ УРОВНЕ

Использование космических снимков открыло очень важную возможность для оценки эффективности орошаемого земледелия через использование воды. Возможности извлекать из этих снимков показатели $ET_{f(i)}$ [6], с учетом принятого приближения о неучете подпитки грунтовых вод, позволяют видеть динамику фактической эвапотранспирации по всем областям Узбекистана и определять коэффициент эффективности орошения, который при определенном приближении представит произведение КПД ирригационной сети на КПД техники полива. Результаты этой оценки приведены в таблице 1 и показывают, что:

- отклонения $ET_{f(i)}$ находятся в более менее стабильном диапазоне 545...850 мм; максимальные значения характерны для Бухарской, Навоийской, Сурхандарьинской и Хорезмской областей, расположенных в бассейне Амударьи;
- относительно более низкие величины характерны для маловодных лет – 2000, 2001, 2008. Для этих же лет отличными, более высокими являются коэффициенты эффективности орошения, в среднем по стране 0,58, 0,59, и 0,63 соответственно для 2000, 2001 и 2008 годов при среднемноголетнем 0,545;
- средний коэффициент эффективности орошаемых земель при КПД систем 0,65 и КПД техники полива 0,75 [7] должен быть равен 0,49. Выше этой величины среднемноголетние значения в Самаркандской (0,69), Ферганской (0,69), Джизакской (0,55), Ташкентской (0,56) и Андижанской (0,54) областях. Наиболее низкие значения в Бухарской и Сурхандарьинской областях (по 0,41).

Кроме того, было проведено сравнение с расчетной величиной эвапотранспирации. Для этого использовались климатические ежедневные данные, состав культур, почвенные и гидрологические карты.

Сопоставление с величинами расчетных показателей активной эвапотранспирации показывает достаточно хорошую сходимость. Таким образом использование дистанционных методов для выявления эффективности орошения достаточно действенно и может быть рекомендовано в дальнейшем.

Таблица 1 – Динамика коэффициента эффективности орошения и фактической эвапотранспирации по данным дистанционных измерений

Область	2000		2005		2008		2010		2014		среднеголет	
	коэф. эф. орош.	факт эвап.	коэф. эф. орош.	факт эвап.	коэф. эф. орош.	факт эвап.	коэф. эф. орош.	факт эвап.	коэф. эф. орош.	факт эвап.	коэф. эф. орош.	факт эвап.
Андижанская	0,57	679	0,57	682	0,62	614	0,44	609	0,55	652	0,54	642
Бухарская	0,48	719	0,43	749	0,46	751	0,34	733	0,41	761	0,41	720
Джизакская	0,55	661	0,50	695	0,68	681	0,53	704	0,48	685	0,55	672
Кашкадарьинская	0,53	602	0,46	684	0,56	655	0,37	663	0,38	670	0,46	645
Навоийская	0,42	706	0,46	771	0,54	744	0,36	724	0,52	749	0,44	725
Наманганская	0,58	700	0,42	711	0,59	666	0,41	649	0,43	695	0,49	672
Самаркандская	0,85	667	0,63	784	0,83	721	0,60	765	0,68	731	0,69	727
Сурхандарьинская	0,45	730	0,38	786	0,58	760	0,35	744	0,36	729	0,41	735
Сырдаринская	0,44	654	0,38	562	0,49	591	0,45	618	0,42	647	0,43	611
Ташкентская	0,72	632	0,49	661	0,67	671	0,44	622	0,51	696	0,56	642
Ферганская	0,70	676	0,66	687	0,83	626	0,52	671	0,56	688	0,63	670
Хорезмская	0,63	745	0,42	791	0,73	720	0,44	836	0,44	773	0,51	764
Каракалпакстан			0,35	704			0,40	713	0,51	737	0,47	702
Среднее	0,58	681	0,47	713	0,63	683	0,44	696	0,48	709		

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ПОСЕВНЫМ ПЛОЩАДЯМ С ДАННЫМИ ГОСКОМСТАТА УЗБЕКИСТАНА

Данные по посевным площадям были предоставлены Димо Димовым (Университет Вюрцбурга) на основе классификации основных сельскохозяйственных культур по снимкам MODIS (Видеоспектрометр со средней разрешающей способностью), полученным из онлайн банка данных рассредоточенного активного архива НАСА, расположенного в Центре исследований и наблюдений за природными ресурсами Земли при Геологической службе США (USGS). Данные были получены за весь вегетационный период с марта по конец октября, для которых была проведена оценка NDVI. Статистические данные были специально предоставлены д-ром Шерзодом Муминовым со ссылкой на официальный источник Госкомстат (Государственный комитет статистики).

Сравнение было выполнено по областям по всем годам, с 2014 по 2016 гг. Посевная площадь на орошаемых землях, определенная с помощью дистанционных измерений, была разделена на орошаемую площадь нетто. Обычно эти относительные показатели должны быть меньше 1, учитывая, что очень редко орошаемая площадь нетто может быть полностью использована, принимая во внимание присутствие в $F_{ir,n}$ площадей под каналами, дренами и прочими сооружениями. Кроме того, эти показатели меняются без крупных скачков в ту или иную сторону. Таблица 2 показывает среднюю разницу между этими данными.

Как видно из таблицы, отклонение показателей дистанционных измерений от фактической площади, зафиксированной статистическими данными, в основном имеет направленность в сторону понижения и очень редко в сторону повышения. В реальной практике землепользования орошаемые площади не могут иметь таких отклонений, поскольку вся сельскохозяйственная деятельность в зоне орошения основывается на постоянной орошаемой площади. Причина такой низкой точности данных по земле может быть заключаться в том, что размер пикселя 250 м и покрывать пикселем площадь в 6,25 га неприемлемо для подобного вида идентификации землепользования. Другая причина в том, что ГИС модуль автоматической оценки может неверно идентифицировать снимок орошаемых земель.

Таблица 2- Результаты оценки точности определения орошаемых площадей дистанционными методами на фоне статистических данных

Название области	Среднее отклонение % от статистических данных	Минимальное среднее, %
Андижанская	80	104,7
Бухарская	73,6	98,0
Джизакская	75,3	126,7
Каракалпакстан	88,5	147,7
Кашкадарьинская	59,4	82,7
Навоийская	60,8	90,2
Наманганская	68,2	101,9
Самаркандская	72,1	124,3
Сурхандарьинская	60,5	104,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Мониторинг с помощью дистанционного зондирования открыл новые возможности для независимой оценки эффективности водо- и землепользования и их динамики. Это может быть достаточно мощным инструментом для улучшения водопользования в бассейне, особенно в условиях изменения климата.
2. Дистанционная оценка ET_{fij} достаточно точно отражает использование воды по разным областям, а также отклонения в многоводные и маловодные годы.
3. Сопоставление ET_{fij} с реальным объемом водоподачи по каждой области успешно отражает эти особенности и позволяет уточнить меры по улучшению ситуации с водопользованием, что окажет большую помощь руководителям и плановикам водохозяйственных организаций.
4. К сожалению, для оценки посевной площади земель требуется больше методологических и полевых работ для проверки результатов на достоверность и повышения точности данных дистанционных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Joop de Schutter, V.A. Dikhovniy Water in Central Asia: past, present and future, CRC press, Balkema, Leiden, Netherlands, 410, 2014
- [2] Dikhovny, V.A. 2010. Current problems in irrigated agriculture in Central Asia and future solutions. CAWa Symposium, November 24-26, 2010, Tashkent, Uzbekistan, 2010. Online: http://cawa-project.net/system/files/attachment/book/Session-2_Dikhovny_en.pdf
- [3] Löw, F., Duveiller, G. (2014): Defining the spatial resolution requirements for crop identification using optical remote sensing. Remote Sens., 6(9), 9034-9063.
- [4] НИЦ МКВК. 2014. Региональная информационная система по использованию водно- и земельных ресурсов в бассейне Аральского моря. <http://www.cawater-info.net>.
- [5] Beglov Iskander, Central Asia Regional Information Base – CAREWIB, in C. Madramootoo and V.A. Dikhovniy (eds) Water and food in Central Asia (Springers science+Business media 2011, pp. 179-195).
- [6] Dimov, D., Löw, F., Ibrakhimov, M., Schönbrodt-Stitt, S., Conrad, C. 2017. Feature extraction and machine learning for the classification of active cropland in the Aral Sea Basin. IGARSS conference 2017, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 23-28, Fort Worth, Texas, USA.
- [7] Джурабеков И.Х., Лактаев Н.Т., 1982, Совершенствование оросительных систем и мелиорации земель Узбекистана. <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/djurabekov-laktaev/index.htm>
- [8] FAO Irrigation and drainage paper no. 24 Crop water requirements, Rome, 1986

Основная глава 14.2 Водопотребление и технологии орошения Main Chapter 14.2 Water Demand and Irrigation Technologies

Chapter IV/74: ZUWABE: A MODEL FOR ESTIMATION OF SPATIAL IRRIGATION WATER DEMAND FOR AGRICULTURAL CROPS

Глава IV/74: ZUWABE: Модель для оценки региональных потребностей в воде для орошения сельскохозяйственных культур

Wilfried Mirschel*¹, Karl-Otto Wenkel¹, Michael Berg¹, Ralf Wieland¹, Vitaly V. Terleev², Karin Luzi¹

DOI 10.25680/1712.2018.54.77.339

* Email: wmirschel@zalf.de

1. Leibnitz-Centre for Agricultural Landscape research (ZALF) e. V. Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg, Germany

2. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politekhnicheskaja ul. 29, 195251 St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. ZUWABE developed in the Leibnitz-Centre for Agricultural Landscape research (ZALF) Müncheberg, Germany and described here in a short manner is a model for spatial estimation of yearly irrigation water demand. The model is parametrized for different agricultural crops and different soil types and sites. It can be used for spatial simulation runs under past, present and future climate conditions. The model supports farmers and advisory agencies to plan new technique and scheduling systems for irrigation and gives administrative bodies the background for strategic planning of regional water balance. For the Federal State of Brandenburg, Germany results for 11 agricultural crops are presented for 1975-2075. Applications for three regions within Germany as well as for the whole Federal State of Thuringia are shown.

Резюме. Приведено краткое описание модели ZUWABE, разработанной в Лейбниц-Центре исследования агроландшафтов (ZALF, Мюнхеберг, Германия) и предназначенной для региональной оценки ежегодной потребности в поливной воде. Модель параметризована для ряда сельскохозяйственных культур и типов почвы, а также для разных местностей. Она может применяться для региональных имитационных расчетов с учетом климатических условий в прошлом, настоящем и будущем. Модель обеспечивает поддержку фермерам и консультационным фирмам при внедрении новых технологий орошения, а также при использовании информационно-советующих систем ирригационного земледелия. Она способствует обоснованию стратегического планирования регионального водного баланса административными органами. Для Федеральной Земли Бранденбург представлены результаты по 11 культурам на период с 1975 г. до 2075 г. Даны примеры применения модели для трех регионов Германии, а также для Федеральной Земли Тюрингия в целом.

KEYWORDS: irrigation water demand, model, climate change, advisory system, model application

Ключевые слова: потребность в поливной воде, модель, изменение климата, информационно-советующая система, применение модели

INTRODUCTION

The actual process of climate change is an ongoing process with increasing temperatures during summer and especially during winter. The average yearly precipitation amounts will decrease slowly, but the distribution of precipitation during the year will change dramatically with decreasing precipitation amounts during the main growing season of crops, i.e. during the spring and summer months. Such conditions are connected with an increase of the potential evapotranspiration rates and the climatic water balance deficit will increase. Coupled with poor soil conditions all this focuses into future problems for an effective plant production at arable land. In future the cropping risk under rain-fed conditions will increase, especially for spring crops, and the crop yields and the yield stability will decrease.

The most effective adaptation measure of agriculture to climate change is the irrigation. Three water sources are available for irrigation: ground water, surface water from rivers and lakes and cleaned waste water from settlements and from the industry. But the usage of irrigation in agriculture must be in accordance with the regional water availability and the landscape water balance. For development of

climate adaptation strategies in agriculture and for future-oriented investigations in irrigation technique and irrigation scheduling technologies and systems on regional scale better information about long-term demands in irrigation water for agricultural crops are necessary.

Only a well validated model for irrigation water demand in agriculture which take into account the necessary crop, soil and climate values, gives the possibility for assessing the impact of climate change on irrigation water demand. Therefor models with an intermediate complexity are favoured which are robust and solid, and which have realistic input data demands in space and time. For this purpose the model ZUWABE (ZUsatzWAsserBEdarf – irrigation water demand) - a model for regional assessment of irrigation water demand at arable land - was developed by the Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research Müncheberg, Germany.

AIM OF THE METHOD

The model ZUWABE based on expert-knowledge and statistics was developed to close the methodical gap in the field of assessing the site-specific irrigation water demand of agricultural crops under present and future climate change conditions for farmers using irrigation, for planners in the field of regional water management, for developers of irrigation technique, irrigation technologies and irrigation scheduling systems as well as for administration stakeholders. The ZUWABE model also serves as a basis for determining optimal irrigation techniques and systems for future irrigation-based cropping systems, either by repairing or optimizing existing irrigation systems, or by installing new irrigation systems.

PRINCIPLE AND PROCEDURE

The ZUWABE model basis on crop- and site-specific long-term averaged irrigation water benchmarks [1, 2, 3] for East German cropping conditions. These benchmarks depend on crop-specific irrigation periods (for East German cropping conditions given in [1]), rooting depth, plant-available soil water via soil types, and the crop-specific long-term precipitation averages (period 1961-1990) for the corresponding crop-specific irrigation periods.

Concerning the plant available soil water capacity in the rooting zone the soil types are grouped into four classes (low, medium, high, very high). The loess soils are grouped into the class “very high” and the poor sandy soils are grouped into the class “low”, for instance. Table 1 shows an example for the crop- and site-specific irrigation water benchmarks according to Roth [2] as a long-term average (1961-1990) valid for cropping conditions in the East German lowlands.

Table 1: Long-term averaged crop- and soil-specific irrigation water benchmarks ($IWB_{CR,ST}$; mm) for selected agricultural crops

Crop type	Soil water capacity class			
	low	medium	high	very high
Winter wheat	80	60	40	15
Potatoes	100	80	60	55
Sugar beet	110	90	65	55
Winter rape	25	15	0	0
Spring barley	65	50	35	20
Silage maize	100	80	60	45
Winter barley	50	30	20	5
Triticale	80	40	25	10

The irrigation water benchmarks were designed to guarantee high crop yields associated with high water use efficiency, without any water percolation and nutrient leaching.

The benchmarks from Table 1 are corrected (1) by a factor which takes into account the precipitation differences between the specific site for which the irrigation demand is calculated and the East German lowlands, (2) by the changing amount of climatic water balance between the period 1961-1990 and the actual 30-year period for the concrete simulation period, and (3) by decreasing of transpiration by crop stands in the result of atmospheric CO_2 -increase.

Bringing together all this, the averaged crop- and site-specific irrigation water demand is gives as follows:

$$IWD_{CR, ST} = IWB_{CR, ST} \frac{Pr_{IP, LL}}{Pr_{IP, SS}} - DCWB - (CO_2 - 380) \times F_{CO_2}$$

$$DCWB = CWB_{30ySP} - CWB_{1961-1990}$$

where $IWD_{CR, ST}$ represents the crop- and site-specific yearly irrigation water demand [mm]; CR is the agricultural crop type; ST is the site type; IP is the crop-specific irrigation period [1, 2, 3]; $IWB_{CR, ST}$ is the crop- and site-specific irrigation water benchmark [mm] according to Roth [2]; $Pr_{IP, LL}$ is precipitation average (1961-1990) for the East German lowlands calculated for IP [mm]; $Pr_{IP, SS}$ is precipitation average (1961-1990) for the particular site calculated for IP [mm]; $CWB_{1961-1990}$ is the 30-year average of climatic water balance for 1961-1990 [mm]; CWB_{30ySP} is the 30-year average of climatic water balance for concrete simulation period [mm]; CO_2 is the actual atmospheric CO_2 -content [ppm]; and F_{CO_2} is the factor for CO_2 -induced reduction of transpiration [mm]. The climatic water balance is the difference between precipitation and potential evapotranspiration which is calculated using the TURC-WENDLING approach [4]. The ZUWABE model is parameterized for the whole eastern part of Germany. A more detailed description of the method is given in [6] and [7].

RESULTS

Because water is the most limiting factor for agriculture in the Federal State of Brandenburg, Germany, some results for Brandenburg are presented here. For 11 different agricultural crops the calculated irrigation water demands as average for whole Brandenburg, i.e. over all arable land are presented in figure 1 for the time period 1975-2075. The presented irrigation water demand values are the result of a 30-year average for each case assuming the SRES-IPCC emission scenario A1B and using the climate downscaling method WETTREG 2010 [5].

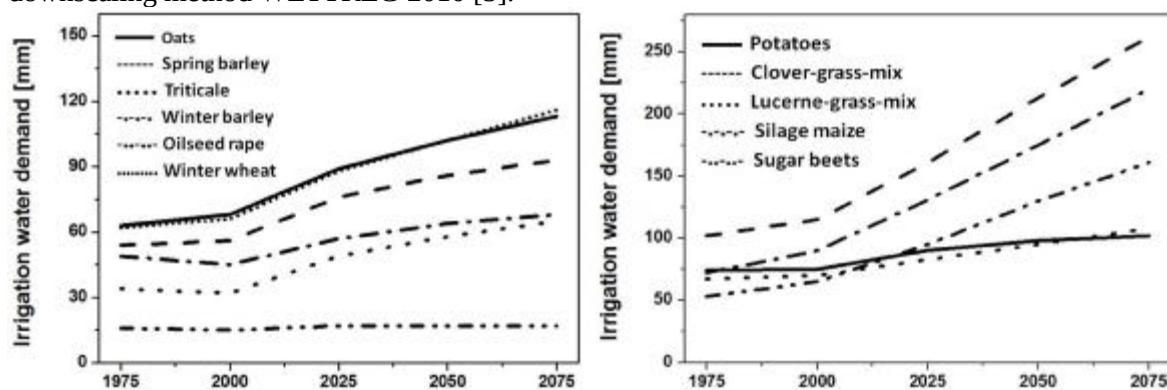


Figure 1 – Irrigation water demand for various agricultural crops during the period 1975-2075 as averaged over all arable land in the Federal State of Brandenburg, Germany (modified from [6])

In figure 2 for the time period 1975-2075 the spatial distribution of irrigation water demand for the arable land within Brandenburg is shown for winter wheat, potatoes, sugar beets and silage maize.

In a spatial case study for Brandenburg with different land use scenarios a cropping scenario with irrigation to stabilize and increase yields was taken into account. Among other landscape indicators also the irrigation water demand was calculated. The results show that the spring crops (maize, sugar beet) need much more irrigation water than the winter crops (winter wheat, winter barley, winter oilseed rape). The between-district variation in irrigation water demand was related to the precipitation pattern within Brandenburg and to the soil quality-related yield potential. In any case, crop yield increases caused by irrigation were positively correlated with irrigation water demand [8]. The distribution of spatial irrigation water demand in Brandenburg calculated by the ZUWABE model is in accordance with the results taken from [9].

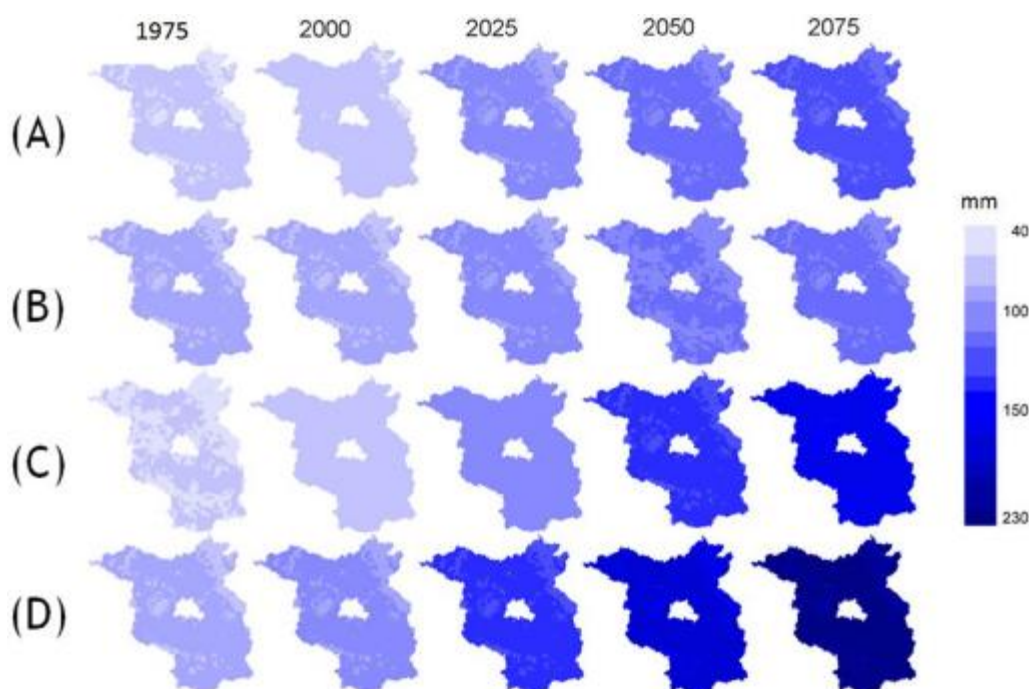


Figure 2 – Spatial distribution of irrigation water demand (mm) in the time period 1975-2075 for winter wheat (A), potatoes (B), sugar beets (C) and silage maize (D) in the Federal State of Brandenburg, Germany (modified from [9], the white spot in the middle of Brandenburg is Berlin, the capital of Germany)

APPLICATION

The ZUWABE model algorithm was incorporated into the statistical-based yield estimation model YIELDSTAT for agricultural crops [10] as prerequisite for the calculation of additional yields due to irrigation. The model ZUWABE is one of the models which can be activated within the decision support system LandCaRe-DSS for projections of climate change impacts on crop production and agroecosystems [11]. This system can be used for finding economic and ecological suitable adaptation strategies for agricultural cropping systems to climate change. Within LandCaRe-DSS the model for calculation of irrigation water demand was practical used for three German regions, the Uckermark region (ca. 2600 km²) located in the Federal State of Brandenburg, the Weisseritz (ca. 400 km²) and the Dresden regions (ca. 4500 km²) both located in the Free State of Saxony, Germany.

Additional ZUWABE has been used in practical climate scenario studies for assessing the impact of climate change on agricultural productivity and irrigation water demand up to 2050 for two Federal states of Germany: Saxony [12] and Thuringia [13].

For increasing the accuracy in estimating the irrigation water demand a further improvement of the model is necessary. For taking into account the influence of the hysteresis phenomena on irrigation water demand and irrigation rates it is planned to incorporate the approach according to Terleev et al. [14, 15, 16]. For adaptation of the method described above to other regions it is necessary to adapt the model parameters, the irrigation periods and the soil classification.

CONCLUSIONS

The ZUWABE model

1. offers to estimate the regional water demand for irrigation taking into account different agricultural crops and different soil types,
2. gives the possibility to consider different regionalized climate scenarios,
3. supports farmers and advisory agencies to plan new technique and scheduling systems for irrigation,
4. gives administrative bodies the background for strategic planning of regional water balance and
5. has potential for application and adaption to other regions, also in Russia and Central Asia.

REFERENCES

- [1]Roth, D. 1991. Grundlagen und Methodik zur Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beregnung. Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft 26 (2), 40-54
- [2]Roth, D. 1993. Richtwerte für den Zusatzwasserbedarf in der Feldberegnung. Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft 6: 53-86
- [3]Roth, D., Günther, R., Knoblich, S., Michel, H. 2005. Wasserhaushaltsgrößen von Kulturpflanzen unter Feldbedingungen. Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen, Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 1(2005), 159 pp.
- [4]Wendling, U., Schellin, H.-G., Thomä, M. 1991. Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. Zeitschrift für Meteorologie 41, 486-475
- [5]Spekat, A., Kreienkamp, F., Enke, W. 2010. An impact-oriented classification method for atmospheric patterns. Physics and Chemistry of the Earth 35:352-359.
- [6]Mirschel, W., Wieland, R., Luzi, K. 2015. Klimabedingte Zunahme des Zusatzwasserbedarfs in der Landwirtschaft des Landes Brandenburg bis 2100. In:Wittmann, J., Wieland, R. (eds.): Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften -Workshop Müncheberg 2015, (Berichte aus der Umweltinformatik), Shaker Verlag Aachen, p. 97-108
- [7]Mirschel, W., Wieland, R., Luzi, K. 2016. Simulated additional crop yields due to irrigation of agricultural fields throughout Brandenburg, Germany, for 1975-2075. In: «Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления», Сборник трудов Всероссийской научной конференции с международным участием (21-23 сентября 2016 г., Санкт Петербург), Agrophysical Research Institute (ARI) St. Petersburg (elektronnaja versija), p. 8-16
- [8]Gutzler, C., Helming, K., Balla, D., Dannowski, R., Deumlich, D., Glemnitz, M., Knierim, A., Mirschel, W., Nendel, C., Paul, C., Sieber, S., Stacho, U., Starick, A., Wieland, R., Wurbs, A., Zander, P. 2015. Agricultural land use changes – a scenario-based sustainability impact assessment for Brandenburg, Germany. Ecological Indicators 48: 505-517
- [9]Drastig, K., Prochnow, A., Libra, J., Koch, H., Rolinski, S. 2016. Irrigation water demand of selected agricultural crops in Germany between 1902 and 2010. Science of the Total Environment 569: 1299-1314
- [10]Mirschel, W., Wieland, R., Wenkel, K.-O., Nendel, C.; Guddat, C. 2014. YIELDSTAT - A spatial yield model for agricultural crops. European Journal of Agronomy 52: 33-46
- [11]Wenkel, K.-O., Berg, M., Mirschel, W., Wieland, R., Nendel, C., Köstner, B. 2013. LandCaRe DSS – An interactive decision support system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land use adaptation strategies. Journal of Environmental Management 127: 168-183
- [12]Mirschel, W., Wenkel, K.-O., Wieland, R., Luzi, K., Albert, E., Köstner, B. 2009. Klimawandel und Ertragsleistung: Auswirkungen des Klimawandels auf die Ertragsleistung ausgewählter landwirtschaftlicher Fruchtarten im Freistaat Sachsen -eine landesweite regionaldifferenzierte Abschätzung-. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 28, 61 p
- [13]Mirschel, W., Wieland, R., Wenkel, K.-O., Guddat, C., Michel, H. 2013. Modellgestützte Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf Ertrag und Zusatzwasserbedarf im Freistaat Thüringen bis 2050. In: Nguyen Xuan Thin (ed.): Modellierung und Simulation von Ökosystemen: Workshop Kölpinsee 2012. Shaker Verlag Aachen, p. 1-19
- [14]Terleev, V.V., Topaj A.G., Mirschel, W. 2015. The improved estimation for the effective supply of productive moisture considering the hysteresis of soil water-retention. Russian Meteorology and Hydrology 40 (4): 278-285
- [15]Terleev, V., Nikonorov, A., Togo, I., Volkova, Y., Garmanov, V., Shishov, D., Pavlova, V., Semenova, N., Mirschel, W. 2016. Modelling the hysteretic water retention capacity of soil for reclamation research as a part of underground development. Procedia Engineering 165: 1776-1783
- [16]Terleev, V., Nikonorov, A., Togo, I., Volkova, Y., Ginevsky, R., Lazarev, V., Khamzin, E., Garmanov, V., Mirschel, W., Akimov, L. 2017. Hysteretic water-retention capacity of sandy soil. Magazin of Civil Engineering 2: 84-92

Глава IV/75: ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОЧВЫ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ
Chapter IV/75: Soil Moisture Supply and Water Consumption of Winter Wheat in a Crop Rotation
Андрей В. Алабушев*¹; Галина В. Овсянникова²

DOI 10.25680/7538.2018.53.85.340

*Эл. Почта: yniizk30@mail.ru

1.ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия

2.ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, г. Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия

РЕЗЮМЕ. В статье рассмотрены особенности водного режима почвы под озимой пшеницей по предшественникам черный пар, занятый пар и подсолнечник в южной зоне Ростовской области. Вклад осадков во влагообеспеченности периодов вегетации озимой пшеницы по предшественникам за годы исследований составлял 79-89%. Наименьшая доля осадков в суммарном расходе влаги в среднем за годы исследований отмечена по предшественнику черный пар – 80%. После подсолнечника и занятого пара она составляла 87 и 90% соответственно. Остальное количество влаги растения потребляли из почвенных запасов. Преимущество предшественника черный пар в регулировании водного баланса поля озимой пшеницы выразилось в накоплении влаги в почве и экономном расходовании воды – 869,7-982,7 м³/т, что на 13-64% меньше, чем по другим предшественникам.

Abstract. The article considers the features of water regime of soil, where winter wheat was cultivated after black fallow, seeded fallow and sunflower in the southern part of Rostov region. The precipitations supplied soil with 79-89% of moisture during all vegetation periods of winter wheat through the years of research. The smallest share of precipitation contribution to the total moisture consumption by winter wheat was after black fallow – 80%. In the case of sunflower and seeded fallow as preceding crops it was 87 and 90% respectively. Plants absorbed the rest of the moisture from the soil reserves. The advantage of the black fallow in regulation of water balance of the soil for winter wheat was in saving, accumulation of moisture in the soil and economical expenditure of water (869.7-982.7 m³/t), which was less by 13-64% than after other preceding crops.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: осадки, продуктивная влага, расход влаги, коэффициент водопотребления, озимая пшеница, предшественник, доза удобрений, урожайность.

Keywords: precipitation, productive moisture, moisture expenses, the ratio of water consumption of winter wheat, the precursor doses of fertilizers, yield.

ВВЕДЕНИЕ

Территория Ростовской области в силу своего географического положения обеспечена достаточным количеством тепла и света для выращивания сельскохозяйственных культур.

Фактор, лимитирующий успешное ведение растениеводства в регионе, – влага.

Общий расход воды на формирование единицы урожая (коэффициент водопотребления) определяют, прежде всего, погода и биологические особенности возделываемых культур. Величина суммарного потребления влаги в зависимости от метеоусловий сильно меняется по годам и за отдельные периоды вегетации [1]. На размеры водопотребления также оказывают влияние элементы агротехники – предшественники, сроки и способы посева, обработка почвы, применение удобрений и др. [2-5].

Вопросы накопления, сохранения и эффективного использования продуктивной влаги в почве были и остаются актуальными в плане увеличения продуктивности сельскохозяйственных растений.

Цель исследований – выявление особенностей водного режима почвы под озимой пшеницей по различным предшественникам в условиях южной зоны Ростовской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института зерновых культур имени И.Г. Калиненко (ВНИИЗК). Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, обладающий значительной порозностью,

аэрацией, газообменом, водопроницаемостью и влагоемкостью. Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см – 3,6%; подвижного фосфора и обменного калия – 20,7 и 335 мг/кг почвы соответственно; CaCO_3 – 2,2%; $\text{pH}_{\text{сол}}$ – 7,0-7,1.

В условиях проведения исследований содержание влаги в почве весной под различными растениями бывает высоким, но в середине лета падает до 15-16 % и даже ниже, то есть до уровня влажности устойчивого завядания [6].

Климат зоны характеризуется ползасушливым жарким летом и умеренно мягкой зимой. Сумма положительных температур за период вегетации составляет в среднем более 3400°C, а среднегодовая температура воздуха + 9,7°C [7].

Среднемноголетнее количество осадков за год находится на уровне 582,4 мм, за период вегетации озимой пшеницы 479,5 мм, с большими колебаниями по годам. Гидротермический коэффициент равен 0,8. Продолжительность безморозного периода 180-200 дн. Среднесуточная температура воздуха самого холодного месяца (январь) – 5°C. Среднесуточная относительная влажность воздуха составляет 73%.

В полевом опыте изучали влагообеспеченность и водопотребление озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте после таких предшественников, как черный пар, занятый пар (эспарцет) и подсолнечник.

В статье представлены результаты, полученные в вариантах без удобрений (контроль) и с применением минеральных удобрений, которые вносили в рекомендованной для зоны оптимальной дозе – $\text{N}_{40}\text{P}_{60}\text{K}_{40} + 2 \text{N}_{30}$.

Исследования проводили по общепринятым методикам [8,9].

В основу расчета влагообеспеченности почвы в опытах легли рекомендации М.К. Каюмова [10]. Технология возделывания озимой пшеницы соответствовала зональным системам земледелия для южной зоны Ростовской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ метеорологических условий в годы проведения исследований позволил определить вклад осадков во влагообеспеченность периодов вегетации озимой пшеницы.

В годы изучения наблюдалось повышение среднесуточной температуры воздуха на 0,6-2,0°C и уменьшение относительной влажности воздуха на 1-2%, особенно в летние месяцы, в сравнении со среднемноголетними показателями (Таблица 1).

Таблица 1 – Показатели элементов погоды за 2009-2012 гг. (метеостанция «Зерноград», норма – среднемноголетние данные, 1958-2002 гг.)

Сельско-хозяйственный год	Средне-суточная температура воздуха, °C	Сумма осадков, мм				Средне-суточная относительная влажность воздуха, %
		за год	± к норме	за сентябрь - март	за сентябрь - июнь	
2008-2009	10,7	582,8	+0,4	384,8	491,2	73
2009-2010	11,7	679,0	+96,6	443,5	601,8	72
2010-2011	10,7	486,1	-96,3	293,1	429,9	71
2011-2012	10,3	576,4	-6,4	341,6	499,9	71
среднее	10,9	581,1	0,3	365,8	505,7	72

Во все годы исследований осадки выпадали неравномерно по сезонам и месяцам, что отразилось на запасах влаги в почве. Контрастными по их сумме за год были 2009-2010 (влажный) и 2010-2011 (засушливый) сельскохозяйственные годы, при этом отклонение от среднемноголетней суммы было одинаковым – 96,3-96,6 мм. В 2009-2010 сельскохозяйственном году за вегетацию озимой пшеницы выпало 601,8 мм осадков, что на 171,9 мм больше, чем в засушливом 2010-2011 сельскохозяйственном году.

Изучение водного режима почвы в полевом севообороте показало, что в среднем за годы исследований содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы под озимой пшеницей при посеве после черного пара находилось на уровне 107,8-108,8 мм (Таблица 2). Это связано с

иссушением почвы в летний период (июль-август), чему способствовали высокие температуры воздуха и недостаточное количество осадков. По предшественникам занятый пар и подсолнечник величина этого показателя была еще ниже – соответственно 66,2 и 57,3 мм, что на 39 и 47% меньше, чем по черному пару.

Таблица 2 – Влияние удобрений на влагообеспеченность и водопотребление озимой пшеницы по различным предшественникам, 2009-2012 сельскохозяйственные годы

Показатель	Предшественник					
	черный пар		занятый пар		подсолнечник	
	контроль ¹	НПК ²	контроль ¹	НПК ²	контроль ¹	НПК ²
Запасы продуктивной влаги в почве в слое 0-100 см, мм: к осени	107,8	108,8	66,4	66,0	57,2	57,4
к отращанию весной	133,5	138,9	127,3	126,1	127,9	126,8
к уборке	9,4	6,5	-0,4	0,7	16,9	0,2
Суммарный расход влаги, мм	477,7	480,9	445,0	445,1	419,6	428,7
Средняя урожайность, т/га	4,86	5,53	3,89	4,53	2,64	3,94
Средний суммарный расход влаги, м ³ /т	982,7	869,7	1151,1	984,8	1612,3	1098,8
Средний расход, м ³ /т: влаги осадков	781,1	686,5	996,1	847,2	1467,0	980,0
продуктивной влаги почвы	201,5	183,2	155,5	137,6	145,3	118,8

Примечание: 1. Варианты без удобрений (контроль), 2. Варианты с применением минеральных удобрений (НПК)

В южной зоне Ростовской области основным источником пополнения запасов влаги в почве служат осадки, выпавшие осенью, зимой и в марте. Количество осадков в марте имеет большое значение, так как время возобновления весенней вегетации приходится на 22 марта (среднее за 1980-2013 гг.), а активный рост озимой пшеницы начинается в апреле. Наибольшая их сумма за сентябрь-март отмечена в 2009-2010 сельскохозяйственном году – 443,5 мм, наименьшая в 2010-2011 сельскохозяйственном году – 293,1 мм. В 2008-2009 и 2011-2012 сельскохозяйственные годы количество осадков за этот период составило 384,8 и 341,6 мм соответственно. Доля осадков за период сентябрь-март в общей их сумме за вегетацию озимой пшеницы по годам варьировала от 68 до 78% и в среднем была равна 72%.

Содержание продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см к началу весенней вегетации растений озимой пшеницы по предшественнику черный пар колебалось в интервале 133,5-138,9 мм. В посевах после занятого пара и подсолнечника ее запасы находились на одном уровне – 126,1-127,9мм. Таким образом, в годы исследований запасы продуктивной влаги к началу весенней вегетации растений озимой пшеницы по различным предшественникам выравнивались и характеризовались как удовлетворительные [11].

В течение активной вегетации культуры (апрель-июнь) источником влаги для растений также служили выпадавшие осадки. Но высокие температуры воздуха в мае, июне увеличивали ее расход на транспирацию и испарение. К фазе полной спелости во все годы наблюдалось значительное снижение запасов влаги в метровом слое до уровня влажности устойчивого завядания и ниже.

В связи с незначительным содержанием продуктивной влаги в почве перед посевом озимой пшеницы влагообеспеченность периодов вегетации определялась в основном количеством выпавших осадков. Их вклад в зависимости от предшественника составлял за годы исследований 79-89%.

Величина суммарного водопотребления озимой пшеницы по различным предшественникам в зависимости от погодных условий менялась по годам и за отдельные периоды вегетации. Например, в 2010-2011 сельскохозяйственном году после занятого пара (эспарцет) общий расход

влаги посевами озимой пшеницы был наименьшим – 328,4 мм. Самая высокая величина этого показателя отмечена в 2009- 2010 г. по предшественнику черный пар – 569,5 мм.

Во все годы изучения наибольший расход воды озимой пшеницей наблюдали по предшественнику черный пар – 480,9 мм, по занятому пару он составлял 445,0-445,1 мм и после подсолнечника – 419,6-428,7 мм. Такая ситуация обусловлена тем, что мощно развитые растения, посеянные по черному пару, потребляли больше влаги на формирование урожая.

Так как общий расход влаги представляет собой сумму составляющих ее компонентов (почвенные запасы и осадки) важно знать степень и полноту их использования. Суммарная влага в среднем за годы исследований по изучаемым предшественникам использовалась на 97-100%, почвенная – от 85% по предшественнику подсолнечник до 93 и 99% по занятому пару и черному пару соответственно.

Наименьшая доля осадков в суммарном расходе влаги (за минусом расходов почвенной влаги) в среднем за годы исследований отмечена по предшественнику черный пар – 80%. После подсолнечника и занятого пара она была равна 87 и 90% соответственно. Доля почвенной влаги была противоположной и по черному пару составила 20%; по подсолнечнику – 13% и занятому пару – 10%. Такие различия в большей степени были связаны с уровнем урожая культуры по этим предшественникам.

Во все годы изучения наибольшую урожайность озимая пшеница формировала после черного пара – 4,46-5,42 т/га (в контроле). Самый низкий сбор зерна на фоне естественного плодородия почвы отмечен по предшественнику подсолнечник – 2,17-3,37 т/га, а после занятого пара он составил 2,72-4,54 т/га. Применение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности озимой пшеницы по всем предшественникам: черный пар – на 0,39-0,93 т/га; занятый пар – на 0,53-0,90 т/га и подсолнечник – на 1,01-1,68 т/га. При этом средний сбор зерна составил соответственно 4,86-5,53, 3,89-4,53 и 2,64-3,94 т/га.

Следует отметить, что сопряженность между валовым расходом воды и урожаем проявлялась не во все годы, что было следствием различий в погодных условиях.

В случае использования минеральных удобрений с повышением урожая суммарный расход влаги по всем предшественникам практически не изменялся, в сравнении с контролем. При этом увеличение сбора зерна было обусловлено более продуктивным использованием влаги в связи с улучшением питания растений. Исходя из этого, мы рассчитали общий расход влаги и коэффициенты водопотребления озимой пшеницы.

На фоне естественного плодородия почвы озимая пшеница практически во все годы исследований наиболее экономно расходовала воду на единицу урожая по предшественнику черный пар – 982,7 м³/т.

Самая высокая величина этого показателя была отмечена после подсолнечника – 1612,3 м³/т, а по занятому пару (эспарцет) она составила 1151,1 м³/т.

В вариантах с применением минеральных удобрений наименьший расход воды также установлен при выращивании озимой пшеницы после черного пара – 869,7 м³/т. По другим предшественникам он был несколько выше: по занятому пару – 984,8 м³/т, по подсолнечнику – 1098,8 м³/т.

Увеличение водопотребления связано с одной стороны с формированием меньшей урожайности, с другой, с повышенным испарением почвой влаги вследствие изреженности стеблестоя по непаровым предшественникам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В южной зоне Ростовской области преимущество предшественника черный пар в регулировании водного баланса поля озимой пшеницы выразилось в большем накоплении влаги в почве. Содержание продуктивной влаги в почве (слой 0-100 см) к посеву озимой пшеницы по этому предшественнику составляло 108,3 мм, против 66,2 и 57,3 мм соответственно после занятого пара и подсолнечника.
2. Урожайность зерна озимой пшеницы зависела от влагообеспеченности предшественников и в среднем за годы исследований после черного пара составила 4,86-5,53 т/га; занятого пара – 3,89-4,53 т/га и подсолнечника – 2,64-3,94 т/га. Благодаря эффективному использованию продуктивной влаги при внесении минеральных удобрений сбор зерна с единицы площади возрастал по всем предшественникам.
3. Основная доля во влагообеспеченности периода вегетации озимой пшеницы приходится на выпадающие осадки – 79-89%.

4. При возделывании озимой пшеницы после черного пара отмечено более эффективное расходование воды на формирование продукции (869,7-982,7 м³/т), что на 13-64% меньше, чем по занятому пару и подсолнечнику.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Крючков А.Г., Бесалиев И.Н., Панфилов А.Л. Водопотребление яровой мягкой пшеницы на фоне различных приемов обработки // Земледелие. 2013. №5. С. 20–22.
- [2]Шевяхова Е.А. Влияние норм высева и удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области: автореф. дис...канд. с.-х. наук. Волгоград, 2009. 24 с.
- [3]Бельтюков Л.П. Сорт, технология, урожай. Ростов н/Д.: ООО «Терра Принт», 2007. 160 с.
- [4]Овсянникова Г.В., Кривошеева Е.Д. Влияние предшественников на урожайность озимой пшеницы в зависимости от обеспеченности почвы влагой и основными элементами питания // Сб. науч. статей. Ростов н/Д: ЗАО «Книга» 2008. С. 332–337.
- [5]Сухарев А.А. Обоснование способов посева озимой пшеницы по различным предшественникам и способам обработки почвы: автореф. дис...канд. с.-х. наук, п. Рассвет: РИО ФГУО ВПО СамИздат, 2010. 23 с.
- [6]Агафонов Е.В., Полуэтов Е.В. Почвы и удобрения в Ростовской области: учебное пособие. п. Персиановский: Типография Донского государственного аграрного университета, 1995. 88 с.
- [7]Гриценко А.А. Агрометеорологические условия в Зерноградском районе Ростовской области (1930-2002 год). Ростов н/Д: ЗАО «Книга» 2005. 80 с.
- [8]Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс. 2011. 6-е изд., стереотип. 352 с.
- [9]Практикум по агрохимии / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. М.: изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- [10]Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. М.: Россельхозиздат, 1977.188 с.
- [11]Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 302 с

Глава IV/76: МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Chapter IV/76: Monitoring of the Technical Conditions and Determining the Residual Functional Performance of Water Conveying Facilities

Михаил Бандурин

DOI 10.25680/6123.2018.23.84.341

Эл. Почта: chepura@mail.ru

Институт безопасности гидротехнических сооружений, пр. Баклановский 200 В, 346400, Новочеркасск
Ростовская обл., Россия

РЕЗЮМЕ. Техническое состояние водопроводящих сооружений оросительных систем в силу сложившихся условий развития экономики страны оставалось без должного внимания, начиная с 90-х годов XX века, что негативно отразилось на их работоспособности в настоящее время. Существующие методики обследования водопроводящих сооружений направлены на оценку в целом пригодности несущих конструкций сооружений к дальнейшей эксплуатации. При проведении обследований появился ряд вопросов к методам и способам выявления повреждений и дефектов, а также к прогнозированию остаточного ресурса работоспособности на определённый период времени. Целью разработки автоматизированной технологии многофакторного обследования водопроводящих сооружений является оценка фактического технического состояния конструктивных элементов и основного оборудования методами неразрушающего, приборного контроля, определение остаточного ресурса работоспособности их элементов, а также установление дефицита безопасности для оценки возможности продолжения эксплуатации сверх назначенного срока. Положительные результаты указанных оценок являются основанием для подготовки сооружения к продлению срока эксплуатации.

Abstract. The technical conditions of water supply facilities of irrigation systems, due to the prevailing conditions for the development of the country's economy, have been neglected since the 1990, which has had a negative impact on their performance at the present time. The existing methods of inspection of water supply facilities are aimed at assessing the overall suitability of structural load-bearing structures for further operation. When conducting surveys, a number of questions appeared to the methods of detecting damage and defects, as well as to predicting the remaining life-time resource for a certain period of time. The purpose of developing an automated technology for multifactor inspection of water supply facilities is to assess the actual technical condition of structural elements and basic equipment using non-destructive, instrumental control methods, determine the remaining service life of their elements, and detect safety gaps to assess the possibility of continuing operation beyond the prescribed time. The positive results of these assessments are the basis for preparing the facility for the extension of the service life.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водопроводящие сооружения, мониторинг, остаточный ресурс, дефицит безопасности, параметры надёжности, технические состояние, ландшафт

Keywords: water supply facilities, monitoring, residual resource, security deficit, reliability parameters, technical condition, landscape

ВВЕДЕНИЕ

В общей структуре объектов орошения заметна большая доля водопроводящих сооружений (магистральные, межхозяйственные и внутрихозяйственные каналы, лотки, гидротехнические туннели, дюкеры, акведуки, ливнеотводящие сооружения и пр.), надлежащее состояние которых определяет эффективность функционирования мелиоративного объекта, в целом. Опыт эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса России настоящего времени показывает, что половина водопроводящих сооружений оросительных систем требует восстановления или замены, так как срок их эксплуатации превышает проектный и составляет более 30 лет. В свою очередь, материалы статистической обработки показателей надёжности водопроводящих сооружений свидетельствуют, что дальнейшее функционирование последних без проведения соответствующих мероприятий технической эксплуатации обуславливает резкое увеличение отказов, связанных с процессами старения конструктивных элементов. Однако, для части водопроводящих сооружений возможно продолжение функционирования при должном обосновании их надёжности и экологической безопасности. В связи с этим обследование водопроводящих сооружений, обеспечивающее достоверную многофакторную оценку фактического технического состояния сооружений и определение остаточного ресурса работоспособности их элементов, становится перманентной задачей службы эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Реализуемые на сегодняшний день подходы к оценке технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем базируются на визуальном контроле [1] и методах разрушающего ударного воздействия точность которых недостаточна для достоверного определения фактической надёжности и возможности продолжения эксплуатации обследуемых объектов. Это определяет потребность в исследованиях, разработке и внедрении теоретически обоснованной технической диагностики водопроводящих сооружений, использующей методы оценки допустимого срока их дальнейшего функционирования с учётом остаточного ресурса работоспособности. Наиболее частыми дефектами, приводящими к нарушению режимов нормального функционирования водопроводящих сооружений, являются скрытые дефекты внутреннего характера (просадка и разуплотнение, образование пустот в подстилающем грунте; коррозия арматуры; наличие внутренних ослабленных участков, разрушение зоны опирания, трещины, выщелачивание бетона и др.) [2], для установления, которых необходим приборный метод обследования.

ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Результаты натурных исследований функционирующих сооружений позволили выявить характерные повреждения и выполнить распределение выявленных дефектов по группам (в соответствии со степенью опасности) и зонам (в зависимости от вида, интенсивности и частоты проявления), представленное на примере дюкера на рисунке 1.

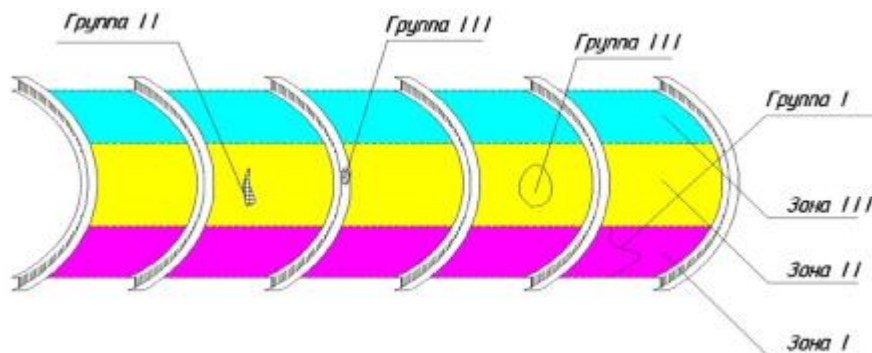


Рисунок 1 – Распределение дефектов дюкера оросительной сети по группам опасности и зонам частоты и интенсивности проявления

Примечание: Группа № I – дефекты не восстанавливаемого сооружения; Группа № II – дефекты сооружения, подлежащего восстановлению; Группа № III – сооружения с нормальным техническим состоянием при истекшем нормативном сроке эксплуатации.

Натурные обследования показали целесообразность определения остаточного ресурса работоспособности сооружения по следующим значимым параметрам технического состояния железобетонных элементов: период допустимого выщелачивания извести при фильтрации воды через бетон облицовки, водостойкость, морозостойкость сооружения до потери несущей способности, вследствие её снижения, истирание наносами, заиливание.

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ

Предложенная классификация, повышает информационное обеспечение и качество принимаемых решений по планированию и реализации технической диагностики водопроводящих сооружений, позволяя упорядочить процессы формирования профилей георадарного зондирования и определения точек оценки технического состояния объекта способами неразрушающего контроля. Наиболее распространённые дефекты железобетонных элементов, вызванные: выщелачиванием и коррозией, особенно в местах перехода водной среды в воздушную; температурным режимом, определяющим морозостойкость; абразивным воздействием наносов, а также заиливанием [3]. К аварийной ситуации сооружения часто приводит постоянное непредусмотренное проектом взаимодействие железобетона с водой, особенно в его придонной части (Зона I, рисунка 1), связанное с многократным ледообразованием и последующим оттаиванием бетона, пагубно сказывающемся на техническом состоянии элемента.

Отмечено снижение разрушающего воздействия водной среды на железобетонные элементы функционирующих водопроводящих сооружений при отсутствии абразивного воздействия и минимизации смены циклов морозостойкости.

Натурные исследования технического состояния водопроводящих сооружений методами неразрушающего контроля включали съёмку радарограммы водопроводящих сооружений в земляном русле, с бетоноплёночным и бетонным покрытием по назначенным профилям георадарного зондирования (рисунок 2) и измерение прочности бетонных покрытий.

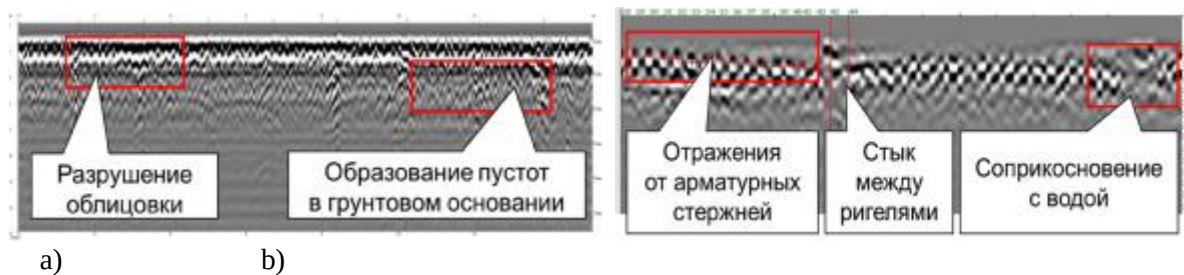


Рисунок 2 – Фрагменты радарограмм: а) Разрушение бетонного покрытия с образованием пустот в грунтовом основании; б) Смещение арматурных стержней и просадка грунтового основания

Прокладка профилей георадиолокационного зондирования выполнялась в соответствии с выявленным характерным местоположением дефектов и повреждений, по трассам, обеспечивающим максимальное покрытие дефектов съёмкой [4]. Совместное использование различных приборов неразрушающего контроля при проведении инструментальных обследований для выявления скрытых дефектов повышает достоверность информации о фактическом состоянии водопроводящих сооружений без нарушения целостности самого сооружения. В данной ситуации с помощью георадара устанавливаются дефекты и повреждения скрытые в толще сооружения или под ним, а электронный измеритель устанавливает прочностные характеристики в местах образования скрытых дефектов и повреждений сооружения.

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ

В соответствии с требованиями сферы использования сформулированы основополагающие принципы проведения мониторинга технического состояния и оценки остаточного ресурса работоспособности водопроводящих сооружений, учитывающие результаты анализа методических подходов [5, 6, 7] в различных областях знания. Реализованы принципы: целостности, оперативности, соответствия целей мониторинга средствам его реализации, прогностичности и полноты [8, 9].

Для проведения мониторинга технического состояния водопроводящих сооружений разработан программно-технический комплекс, обеспечивающий обнаружение дефектов, как элементов сооружения, так и подстилающего грунтового основания, определение месторасположения и геометрических параметров неисправностей каждого элемента сооружения акустическим и георадиолокационным способами неразрушающего приборного контроля. При этом выполняется оценка надёжности элементов сооружения по отношению к процессам истирания, выщелачивания, фильтрации; показателям морозостойкости и водостойкости, рассчитывается объем повреждений и оценивается остаточный ресурс работоспособности сооружения на основании системного анализа параметров, определяющих надёжность сооружений [10].

В общем виде техническая часть комплекса для определения дефектов водопроводящих сооружений представляет станину, оборудованную средствами передвижения, позиционирования на местности, приёма и обработки сигналов с антенн подповерхностного зондирования. В зависимости от вида водопроводящего сооружения и местоположения элемента выбирается конструктивное решение для станины, представленное четырьмя схемами конструкций (рисунок 3).

Эффективность реализации технического комплекса диагностики водопроводящих сооружений оросительных систем гарантируется высокой достоверностью полученных результатов за счет использования новых усовершенствованных средств получения информации, обеспечивающих своевременное обнаружение неисправностей и точность диагностики. Внедрение комплекса в практику эксплуатации оросительных систем расширяет функциональные возможности действующих методов диагностики водопроводящих сооружений, позволяя установить, помимо неисправностей сооружения, разуплотнение и просадку грунтового основания. Наличие средств механизации для перемещения технического комплекса по сооружению сокращает временные затраты на выполнение его обследования в 3-5 раз [11].

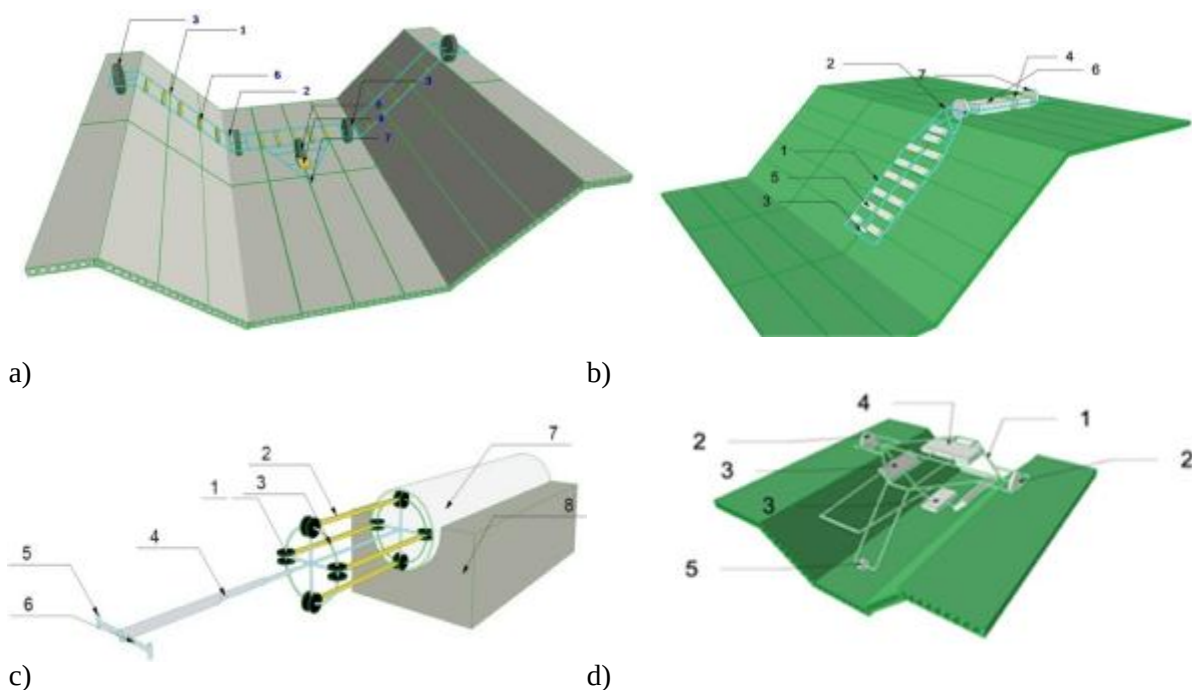


Рисунок 3– Программно-технический комплекс а) техническая часть схемы №1 для проведения диагностики межхозяйственных каналов: 1 – станина; 2 – соединение фрагментов станины; 3 – колеса; 4 – модуль обработки; 5 – датчик движения; 6 – антенны; 7 – движитель; б) техническая часть схемы №2 для проведения диагностики магистральных каналов: 1 – станина; 2 – соединение фрагментов станины; 3 – колеса; 4 – модуль обработки; 5 – датчик движения; 6 – антенны; 7 – движитель.; в) техническая часть схемы №3 для проведения диагностики трубопроводов, дюкеров, туннелей: 1 – колеса; 2 – антенны; 3 – станина; 4 – датчик движения; 5 – телескопическая рейка; 6 – крепёж; 7 – сооружение; 8 – грунт; д) техническая часть схемы №4 для проведения диагностики лотковых и внутрихозяйственных каналов: 1 – станина; 2 – колеса; 3 – антенны; 4 – модуль обработки; 5 – датчик движения.

Разработанное средство контроля и оценки технического состояния водопроводящих сооружений автоматизирует процессы распознавания и оценки, обеспечивая сбор, систематизацию, обработку, интерпретацию исходной информации, и выдачу результирующих отчётов[12].

Мониторинг водопроводящих сооружений оросительных систем включает следующие этапы: рекогносцировочный осмотр обследуемого объекта; подготовка технической части комплекса к работе; сбор исходных данных о состоянии объекта на всей протяжённости обследуемого участка; детальная расшифровка полученных данных и позиционирование дефектов и повреждений с помощью навигационной системы ГЛОНАСС; автоматическая запись в модуль обработки характеристик дефектов и повреждений элементов сооружения по показателям: зона сооружения, диаметр, глубина, фактическая прочность бетона, месторасположение; расчёт количества и объёма повреждений, установление программными средствами предполагаемых мест фильтрации воды через водопроводящее сооружение; определение опасного для дальнейшей эксплуатации сооружения объёма повреждений и остаточного ресурса эксплуатационной надёжности сооружения в сравнении с предыдущими обследованиями; автоматическое формирование отчёта о состоянии работоспособности сооружения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана в составе исследования методология диагностики водопроводящих сооружений оросительных систем, включающая обоснование: сферы применения, принципов формирования и этапов проведения диагностики; методов выявления и оценки дефектов и нарушений элементов сооружения; способов сбора информации; положений методики оценки надёжности и остаточного ресурса работоспособности объектов наблюдения, что повышает безопасность эксплуатации оросительных систем и оценку возможности функционирования объекта сверх назначенного срока эксплуатации.

2. Разработан программно-технический комплекс для выполнения контроля и оценки технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем и определения остаточного ресурса работоспособности обследуемых водопроводящих сооружений.
3. Выполнена классификация зон разрушения водопроводящих сооружений по степени опасности; видам, интенсивности и частоте проявления характерных повреждений, позволяющая систематизировать трассирование профилей георадарного зондирования и определения участков оценки технического состояния сооружения при проведении натурных обследований объекта приборными методами неразрушающего контроля.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bandurin M.A. Problemnye voprosy i opyt realizacii monitoringa vodoprovodjashhih sooruzhenij na jube Rossii / *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. – 2016. – № 10-1. – pp. 33-37.
- [2] Ol'garenko V.I., Ol'garenko G.V., Rybkin V.N. Jekspluacija i monitoring meliorativnyh sistem: uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij / Kolomna, 2006. – 391 pp.
- [3] Shhedrin V.N., Kosichenko Ju.M., Kolganov A.V. Jekspluacionnaja nadezhnost' orositel'nyh sistem / Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut problemelioracii. Rostov-na-Donu, 2004. – 388 pp.
- [4] Bandurin M.A. Sovershenstvovanie metodov provedenija jekspluacionnogo monitoringa i opredelenija ostatocnogo resursa vodoprovodjash hihsooruzhenij / *Nauch. zhurn. Ros. NII problem melioracii*. – 2013. – № 1. – pp. 68-79.
- [5] Kirejcheva L.V., Karpenko N.P., Hohlova O.B. i dr. Novye tehnologii proektirovanija, obosnovanija stroitel'stva, jekspluacii i upravlenija meliorativnymi sistemami: nauchnoe izdanie / Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrotehniki i melioracii imeni A.N. Kostjakova. Moskva, 2010.
- [6] Karpenko N.P., Jurchenko I.F. Klassifikacija meroprijatij bezopasnoj jekspluacii meliorativnyh sistem / *Prirodoobustrojstvo*. 2016. № 1. pp. 58-62.
- [7] Ol'garenko V.I., Ol'garenko G.V. Sovremennaja koncepcija jekspluacii orositel'nyh sistem / *Melioracija i vodnoehozjajstvo*. 1999. № 2. pp. 21-22.
- [8] Jurchenko I.F. Jekspluacionnyj monitoring meliorativnyh sistem dlja podderzhki upravlencheskih reshenij / *Melioracija i vodnoe hozjajstvo*. 2004. № 4. pp. 48-52.
- [9] Abdrazakov F.K., Pankova T.A., Shherbakov V.A. Faktory, vlijajushhie na jekspluacionnoe sostojanie gidrotehnicheskikh sooruzhenij / *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2016. № 10. pp. 56-61.
- [10] Volosuhin V.A., Bandurin M.A. Realizacija monitoringa mnogofaktornogo obsledovanija v uslovijah rosta deficita bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij / *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki*. – 2017. – № 1 (193). – pp. 76-79.
- [11] Bandurin M.A. Primenenie sistem upravlenija bazami dannyh pri jekspluacionnom monitoringe vodoprovodjash hihsooruzhenij / *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. – 2016. – № 12-1. – pp. 24-28.
- [12] Bandurin M.A. Neobhodimost' sistemy postojannogo monitoringa vodoprovodjashhih sooruzhenij dlja racional'nogo vodopol'zovanija na jube Rossii / *Inženernyj vestnik Dona*. – 2016. T. 41. № 2 (41). pp. 99-112.

**Глава IV/77: ИРРИГАЦИОННО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УСЛОВИЯ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА
ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ И ЛАНДШАФТ ОРОШАЕМОЙ
ТЕРРИТОРИИ ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

**Chapter IV/77: Economic Conditions for Irrigation and their Influence on the Meliorative State
and the Landscape of the Irrigated Territory in the Vakhsh Valley of the Republic of Tajikistan**

Исломкул И. Икромов*, Илхомжон И. Икромов, Мирасил М. Мирзоев, Ф. Икром

DOI 10.25680/8473.2018.98.72.342

*Эл. Почта: islom_58@mail.ru

Таджикский аграрный университет им. Шириншоха Шотемур, ул. Рудаки 146, 734003, Душанбе, Таджикистан

РЕЗЮМЕ. Установлен определяющий фактор водного питания орошаемой зоны Вахшской долины республики Таджикистан, являющийся одной из причин подъёма уровня грунтовых вод, и как следствие переувлажнению и засолению земель, ухудшению мелиоративного их состояния, которые непосредственно влияют на экологическое состояние и ландшафт территории. Анализировано техническое состояние сооружений Вахшской оросительной системы и, ирригационно-хозяйственные условия их функционирования. На конкретном примере обосновано, что на повышении уровня грунтовых вод и образование вторичного засоления почв и, ухудшение эколого-мелиоративного состояния и ландшафт орошаемой территории важную роль играют техническое состояние сооружений оросительной системы, ирригационно-хозяйственные условия орошаемой территории, квалификация обслуживающего персонала, соблюдение правил полива, и т.д. Приведены мероприятия по предупреждению ухудшения эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель и ландшафта территории.

Abstract. Key factors of water supply of the irrigated zone of the Vakhsh valley of the Republic of Tajikistan were analyzed. They are one of the reasons for the rise of the groundwater level, and as a result, waterlogging and salinization of lands, deterioration of their meliorative state, which directly affect the ecological condition and landscape of the territory. The technical condition of the structures of the Vakhsh irrigation system and the irrigation and economic conditions of their functioning were studied. On a concrete example, it is justified that an important role is played by the technical condition of the irrigation system, the irrigation-economic conditions of the irrigated territory, the qualifications of the maintenance staff, the observance of the irrigation rules, the improvement of the irrigation system, etc. Measures are taken to prevent the deterioration of the ecological and reclamation state of irrigated lands and the landscape of the territory.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Вахшская долина республики Таджикистан, техническое состояние сооружений, Вахшская оросительная система, грунтовые воды, засоление почвы, эколого-мелиоративное состояние, ландшафт

Key words: Vakhsh valley of the Republic of Tajikistan, technical condition of structures, Vakhsh irrigation system, groundwater, soil salinity, ecological and meliorative condition, landscape

ВВЕДЕНИЕ

Анализ современного состояния орошаемых земель республики Таджикистан показывает, что в настоящее время практически нет таких земель, которые бы не нуждались в проведении мелиоративных мероприятий таких как: оросительной или осушительной мелиорации, мелиорация засоленных почв, противозрозионные мелиорации, удобрительной мелиорации, лесомелиорации и т.д., которые обеспечивают сохранения плодородия почв и повышению их продуктивности. Рациональное управление перечисленными мелиоративными процессами во взаимодействие с природной средой может рационально регулировать экосистему в целом. Как отмечают И.П.Кружилин и др. эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель находится в прямой зависимости от умения управлять природными процессами путем правильного выбора параметров и режимов функционирования мелиоративных систем в сочетании с зональными системами земледелия [1]. Более того, любое преобразование природной среды не может носить произвольный характер, оно ограничено действием законов фундаментальных положений экологии и природопользования, значительная часть которых имеет отношение к параметрам и режимам работы мелиоративных систем. Поэтому их следует рассматривать как природно-

технические комплексы, а сельскохозяйственные мелиорации – как определенный вид природопользования [2].

Ирригационно-мелиоративные системы, как технический комплекс, которые должны обеспечить требуемый мелиоративный режим на орошаемых землях: оптимальные пределы регулирования влажности, содержания токсичных солей и питательных элементов в активном слое почвы; влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, глубины залегания грунтовых вод и др. [3] во взаимодействие с ирригационно-хозяйственными условиями, и водного питания конкретной территории определяют мелиоративное состояние орошаемых земель. Согласно классификациям А.Д.Брудастова существуют атмосферный, грунтовый, напорно-грунтовый, деллювиальный и аллювиальный типы водного питания [4]. Для организации мероприятий по предупреждению отрицательно влияющих факторов на мелиоративное состояние орошаемых территорий рекомендуется выявить главного из перечисленных типов водного питания, который больше всего влияет на режим грунтовых вод. Последнее связано с тем, что для обеспечения благоприятного эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель необходимо разумное природопользование. Их нельзя рассматривать отдельно друг от друга. Природопользование в широком смысле рассматривает как совокупность различных форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. Главной его составляющей является сохранение и разумное изменение экологического баланса природных систем [5].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является Вахшская оросительная система (ВОС), обеспечивающая водой орошаемых земель Вахшской долины. Долина расположена в нижнем течении реки Вахш и представляет собой средний участок широкого межгорного понижения Яван-Курган-Тюбинской впадины, являющейся наиболее низкой частью Южно-Таджикской депрессии.

Целью исследования заключается в выявление основных причин ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель Вахшской долины, отрицательно влияющие на экологическое состояние окружающей среды и ландшафт территории и, рекомендации мероприятий по их предупреждению и улучшению.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Вахшская долина является одним из основных сельскохозяйственных регионов республики Таджикистан. На ее территории расположены около 30% орошаемых земель республики. В настоящее время в Вахшской долине орошается около 200 тыс. га земель, и находятся они в подкомандной зоне ВОС. По природно-климатическим и почвенным условиям Вахшская долина более благоприятно для возделывания здесь ценные сорта сельскохозяйственных культур как цитрусовые, сады и виноградники, тонковолокнистые сорта хлопчатника и др. В последнее время, практически по всем регионам республики, в силу ряда причин, связанного, как отмечалось выше, со слабым умением или не умением управлять природными процессами путем правильного выбора параметров и режимов функционирования мелиоративных систем, в том числе, не соблюдение режимов орошения сельскохозяйственных культур, низкое техническое состояние оросительных систем и как следствие их КПД, низкий коэффициент использования поливной воды и культуры земледелия, неработоспособное состояние коллекторно-дренажной сети или их отсутствие вообще, отсутствие водоучёта на поле, отсутствие применения малообъемного орошения и т.д., повсеместно поднялись грунтовые воды, земли засолялись и, ухудшилось их эколого-мелиоративное состояние, которого безусловно приводит к ухудшению ландшафта территории. В большинстве своем такие земли расположены в Вахшской долине. Поэтому целесообразным считается выявление основных причин образования таких неблагоприятных факторов в долине и, впрочем, также в и других регионах республики.

Итак, анализ многолетних данных о выпадении атмосферных осадков в долине, полученными сотрудниками Государственного учреждения по Гидрометеорологии Республики Таджикистан показывает, что ввиду их небольшого количества (200-250мм в год), здесь отмеченные А.Д.Брудастовым атмосферный тип водного питания практически не влияет на водно-солевой режим почв и их эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель. Влияние аллювиального типа водного питания здесь также наблюдается очень незначительно и, возможно только на поймах рек, а напорно-грунтового питания здесь отсутствует. Однако, так как Вахшская долина справа и слева окаймлена склонами горных хребтов, на водно-солевой режим ее почв в определенной степени может влиять деллювиальный тип водного питания, т.е. вод, стекающих из

вышележащих орошаемых территорий и сбросные воды. Таким образом, можно отметить, что другим важным и определяющим фактором, влияющим на эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель Вахшской долины, является грунтовый тип водного питания, которые питаются в основном фильтрационными водами из оросительной сети и из полей, в результате неправильного орошения.

Ирригационно-мелиоративная сеть ВОС и основные гидротехнические сооружения на неё были построены ещё в годы начало освоения и орошения долины – 30-50-ые годы прошлого столетия. Оросительная сеть выполнена, в основном открытая – в земляном русле и частично в бетонной облицовке. Имеется также и лотковая сеть [6, 7]. В таблице приведены основные сведения о существующем состоянии ирригационно-мелиоративной сети ВОС и гидротехнические сооружения на них.

Анализ данные таблицы 1 показывает, что протяжённость ирригационно-мелиоративной сети разного назначения и разных конструкций ВОС составляет 13918,73 километров, из которых построены: более 81% в земляном русле, около 3,2% в бетонной облицовке, 6,82% из лотковой сети и 8,92% из закрытой сети.

Таблица 1: Сведения о ирригационно-мелиоративной сети Вахшской оросительной системы и гидротехнические сооружения на них [6]

Наименование ирригационно-мелиоративной сети	Длина, км				Сооружения на ирригационно-мелиоративной сети, шт.					
	Открытая		Лотковая сеть	Закрытая сеть	Водомерные устройства	Насосные станции и насосные установки	Скважин верти- кального дренажа	Другие гидротехни- ческие сооружения	Гидропосты	Мосты и переезды
	В земляном русле	С бетонной облицовкой								
Оросительная сеть:										
- магистральная и межхозяйственная	1205,35	172,32	-	-	43 2	69	-	1580	432	394
-хозяйственная внутрихозяйственная	6048,62	271,42	950,31	735,68	66	333	-	1418	66	1436
Водосборно- сбросная сеть:										
-межхозяйственная	82,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
хозяйственная и внутрихозяйственная	390,63	-	-	-	-	-	-	2064	-	-
Коллекторно- дренажная сеть:										
-межхозяйственная (открытая)	925,84	-	-	-	-	5	-	134	24	154
-хозяйственная и внутрихозяйственная	2630,39	-	-	505,3	-	31	-	2617	-	513
Скважин вертикаль- ного дренажа	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-
Всего:	11283,7	443,74	950,31	1240,98	498	438	24	7813	522	7810

Они оборудованы большим множеством разных гидротехнических сооружений, начиная от головного водозабора кончая до концевых водосбросов, устьевых сооружений и смотровых колодцев. Как отмечалось выше, практически все крупные сооружения, в частности магистральные и межхозяйственные и частично хозяйственные и внутрихозяйственные оросители, водосборно-сбросные и коллекторно-дренажные сети (КДС), и сооружения для забора воды, и её распределения, отвода воды и т.д. построены в годы начало освоения Вахшской долины. Они, до 90-ых годов прошлого столетия, т.е. до начала общественного катаклизма, и экономического кризиса в республике, благодаря отчисления тогдашнего Министерства мелиорации и водного хозяйство необходимых финансовых и материальных средств, и своевременного проведения технического обслуживания и ремонт, функционировали

нормально. В настоящее время, практически все сооружения ВОС требуют ремонт и восстановления.

Следует отметить, что низкое техническое состояние сооружений оросительной системы приводит к значительной потере поливной воды и деградации орошаемых земель: подъем уровня грунтовых вод, засоление почвы и др., которые могут нанести огромный экономический ущерб и нарушать сложившееся экологическое равновесие и ухудшить социальные условия жизни людей. Последнее связано с тем, что техногенно нарушенные земли являются экологически опасным природным объектом, так как они перестают выполнять природно-хозяйственные функции [8].

Влияние существующего технического состояния сооружений ВОС на режим грунтовых вод рассмотрим на следующем конкретном примере. В вегетационный период 2013г., согласно отчётам Управления водного хозяйства Хатлонской области объём водозабора из головных сооружений, для орошения 223тыс. га земель (часть земель находятся за пределами подкомандной зоны ВОС), составляла 2360935 тыс. куб. метров, которая забирается из источников, и в основном, распределяется с помощью сооружений ВОС. Средняя оросительная норма при этом будет равняться 10587 м³/га. Объём подачи воды потребителям, на которые имеются акт прима-передачи составляет 1820492тыс. куб. метров. То есть, коэффициент полезного действия оросительной сети составляет 0,771. Из этого следует, что потерь воды на фильтрацию из транспортирующих и водоподводящих оросителей составляет примерно 540443тыс. куб. метров или 22,9% объёма водозабора. С учетом КПД временных оросителей, примерно равной 0,70, суммарный потерь воды из оросителей, и на поле составляет 1086591тыс. куб. метров или 46,02% объёма водозабора, основную долю которых составляют фильтрационные потери воды (более 95%), питающие грунтовые воды и способствующие поднятию их уровня. Учитывая вышеизложенное, попытаемся определить возможный подъём уровня грунтовых вод под влиянием фильтрационной воды:

Оросительная норма брутто поле вегетационного периода, например, тонковолокнистого хлопчатника, широко выращиваемого в условиях Вахшского долины при расположении грунтовых вод на глубине 2-3м и среднесуглинистого типа почв (пятый гидромодульный район) составляет 7200 м³/га, а оросительная норма нетто (объём воды подаваемое на поле) – 5520 м³/га [9]. Разница между оросительными нормами брутто и нетто (1680 м³/га), как-бы считается допустимыми потерями воды, которая достигается при допустимом значении КПД оросительной сети (в данном случае 0,766). Даже при таких условиях, т.е. общее количество фильтрационных вод 1680 м³/га (или 168 мм в год), пористость грунта (от его объёма) – 46%, влажность грунта соответствующая полевой её влагоёмкости (в объёмном выражении) – 23%, то свободная его пористость будет равна $46 - 23 = 23\%$ объёма почвогрунта. При этом высота подъёма грунтовых вод составит: $\frac{168 \cdot 100}{23} = 730 \text{ мм} = 0,73 \text{ м}$.

При хорошей дренированности орошаемой территории или достаточно нормальной работоспособности КДС, подъём уровня грунтовых вод в таком пределе не приводит к повышению её уровня и ухудшению их эколого-мелиоративного состояния, так как отвод лишней воды из зоны аэрации обеспечивается посредством КДС.

При отсутствии, или неудовлетворительной работе КДС, что большинство сооружений ВОС соответствуют такому уровню технического состояния (особенно её КДС), и низкая естественная дренированность территории, такой ежегодный подъём уровня грунтовых вод (0,73м) вполне может способствовать нарушению режима и повышению уровня грунтовых вод на орошаемых землях, засолению почвы и, приводит к ухудшению их эколого-мелиоративного состояния и ландшафта территории, что на практике наглядно видно по территориям Вахшской долины (например, засоленные почвы и переувлажнённые земли Вахшского, Шаартузского, Н. Хусравского, Дж. Руми, А. Джами, Дусти и др. районов). Уместно отметить, что в данном случае, расчёты выполнены при оросительной норме брутто (7200 м³/га) рекомендуемыми учеными [9]. В действительности, как показывает практика и, что отмечалось выше, средняя оросительная норма сельскохозяйственных культур составляет 10587 м³/га, что на 47% больше принятого в расчётах.

Водное питание может влиять как на степень увлажнённости территории, так и на образование вторичного засоления почв, которого как отмечалось выше, зависит от умения управлять природными процессами и мелиоративными системами.

Соли могут поступить на поле также и при поливе сельхозкультур минерализованной водой. Например, при минерализации поливной воды 1,0 г/л и, оросительной норме брутто поле, принятого для вышеприведенного примера 7200 м³/га, за вегетационный период на 1 га площади поступает 7,2 т соли. Поступление такого количества солей на поле (даже без учета их поступления из грунтовых вод) при недостаточной естественной дренированности территории и недостаточно нормального технического состояния системы дренажа (особенно при их отсутствии), без сомнения, приводит к постепенному засолению почвы.

Обобщая вышеизложенное можно прийти к выводу, что основной причиной ухудшения эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель в зоне действия Вахшской оросительной системы связано с нарушением водно-солевого режима почв, вызванными в основном грунтовым типом водного питания и, косвенно деллювиальным. Другим важным обстоятельством, поддерживающим нормальное эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель в Вахшской долине, является техническое состояние ирригационно-мелиоративной сети с гидротехническими сооружениями на них. Эти важные заключения должны послужить основой для принятия мер по улучшению эколого-мелиоративной обстановки орошаемых земель Вахшской долины, в противном случае потеря урожая и выход полей из севооборота от фактора мелиоративной обстановки с годами и обострение экологической обстановки на территории неизбежны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для предупреждения дальнейшего ухудшения эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель Вахшской долины и, их улучшения, необходимо:

1. Привести в нормальное техническое состояние ирригационно-мелиоративной сети ВОС путём очистки и ремонт оросительной и КДС и, ремонт и восстановления гидротехнические сооружения на них;
2. Оборудовать ВОС, особенно ее хозяйственные и внутрихозяйственные оросители, необходимыми современными технологиями и средствами водораспределения и водоучета;
3. Исключить подпитывание грунтовых вод фильтрационными водами из оросителей путем их реконструкции;
4. Исключить фильтрационные потери воды на поле при орошении сельхозкультур путем повышения квалификации обслуживающего персонала, в том числе и поливальщиков, и организации правильного орошения;
5. Применять современные водосберегающие, почвозащитные и экологически безопасные технологии орошения сельхозкультур - микроорошение;
6. Исключить поступления сбросных вод из прилегающих территорий с целью предупреждения затопления территории и (или) подпитывание ими грунтовых вод.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Кружилин И.П., Морозова А.С. Влияние орошения на почвы и ландшафты степей // Почвоведение. - 1988. - С. 27-32.
- [2]Магай С.Д. Эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель и разумное природопользование / http://www.rusnauka.com/26_WP_2012/Geographia/6_116432.doc.htm
- [3]Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М: Агропромиздат, 1990, 59 с.
- [4]Ерхов Н.С. Ильин Н.И., Мисенев В.С. Мелиорация земель. М.: Агропромиздат, 1991, -319с.
- [5]Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь – справочник. – М.: Мысль, 1990. - 637с.
- [6]Икромов И.И., Мирзоев М.М. Ирригационно-хозяйственные условия и их влияния на мелиоративное состояние орошаемой территории Вахшской долины / Вестник ТАСХН РТ, №2 (44), 2015, -С.24-29.
- [7]Икромов И.И., Мирзоев М.М. Оценка водообеспеченности территории Вахшской долины Республики Таджикистан в условиях глобального потепления климата / Мелиорация и водное хозяйство, -2016, -№6, -С.19-21.
- [8]Батанов Б.Н. Эколого-мелиоративное состояние техногенно нарушенных земель южного Урала /Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора с.-х наук / <http://earthpapers.net/ekologo-meliorativnoe-sostoyanie-tehnogenno-narushennyh-zemel-yuzhnogo-urala>.

[9]Рекомендации. Режимы орошения сельскохозяйственных культур в Таджикской ССР. Душанбе, Дониш, 1988, Т. I, -245с.

Глава IV/78: АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛИВА ОБЕСПЕЧИВАЕТ БЛАГОПРИЯТНУЮ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ НА ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

Chapter IV/78: Automation of the Technological Process of Irrigation Provides Favourable Ecological Conditions in Irrigated Agrolandscapes

Хасан А. Таттибаев*, Павел А. Калашников, Нурлан Н. Бальгабаев

DOI 10.25680/1453.2018.28.92.343

*Эл. Почта: kiwr-t@mail.ru, IWRE@bk.ru

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, ул. Койгельды 12, 080003 Тараз, Казахстан

РЕЗЮМЕ. В настоящее время формируются новые тенденции мировой аграрной экономики и демографии, происходят глобальные климатические изменения в сторону усиления и удлинения периода жары и засухи [1,2], что резко отрицательно сказалось на урожайности многих важнейших сельскохозяйственных культур. В этих условиях, чтобы противостоять негативным факторам, требуется существенное изменение элементов технологии возделывания различных сельскохозяйственных культур. Они должны быть направлены в сторону снижения отрицательного воздействия критических факторов на урожайность. Однако, учитывая современное состояние орошаемого земледелия, низкий уровень производительности труда в отрасли, несовершенство используемых технологий, а также недостаточный уровень внедрения современных инновационных водосберегающих технологий не позволяют вести сельхозпроизводство на интенсивной основе.

Abstract. Currently, the formation of new trends in the world agricultural economy and demographics, there are global climate changes toward strengthening and lengthening the period of heat and drought, which sharply reduced the yield of many important agricultural crops. In these conditions, to resist negative factors, requires a substantial change in the elements of technology of cultivation of various crops. They should be directed towards reducing the negative impact of critical factors on yield. However, given the current state of irrigated agriculture, low level of productivity in the industry, the imperfection of technologies used, as well as inadequate implementation of modern and innovative water-saving technologies do not allow to conduct agricultural production on an intensive basis, and are undoubtedly relevant.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автоматизация водораспределения и водорегулирования, орошаемое земледелие, технологические потери, бороздковый полив, сохранение агроландшафта, водосберегающие способы орошения

Keywords: automation of water distribution and control water flows, irrigated agriculture, technological losses of furrow irrigation, preservation of agricultural landscapes, water-saving irrigation methods

ВВЕДЕНИЕ

В условиях ограниченного доступа к воде и нарастающего ее дефицита в республике Казахстан основным видом орошения сельскохозяйственных культур остается поверхностный полив по бороздам. На 95% орошаемых этим способом земель полив производится вручную из временной оросительной сети, КПД техники полива здесь не превышает 0,54-0,69. По данным имеющихся исследований, потери воды на поверхностные сбросы и глубинную фильтрацию составляют от 25 до 48%. Основные потери при орошении – это потери воды во внутрихозяйственной оросительной сети на полях. Они значительно превышают потери на фильтрацию в хозяйственных каналах, сопровождаются неравномерным увлажнением почвы, затоплением участков, что в свою очередь, приводит к эрозии, подъему уровня грунтовых вод и вторичному засолению почв. В целях сохранения и воспроизводства плодородия почв, рационального использования органических и минеральных удобрений, создания на этой основе условий устойчивого производства сельскохозяйственной продукции необходимо организовать производство отсутствующих на рынке, низкоэнергоемких, экологически безопасных комплектов для поверхностного полива с дискретной подачей воды.

ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ

На оросительных системах технологические потери оросительных вод формируются во внутрихозяйственной оросительной сети и на полях орошения. В частности КПД внутрихозяйственной оросительной сети менялся от 0,65 до 0,75, а техника бороздкового полива от 0,55 до 0,65 и в среднем составлял 0,42, т.е. меньше половины (42%) выделенной воды хозяйству используется растениями, а остальная часть расходуется на технологические потери (фильтрацию, сброс и испарение). Вместе с тем по данным ЗГГМЦ (Зональный гидрогеолого-мелиоративный центр) основной объем потерь оросительной воды формируется на внутрихозяйственной оросительной сети, КПД которой изменяется от 0,35 до 0,45 и в среднем составляет 0,4 [2].

При определении КПД внутрихозяйственной оросительной сети путем отношения поливной нормы нетто к водоподаче потребителю, КПД техники полива не учитывается, что затрудняет выбор водосберегающих технологии орошения. Например, по данным КазНИИВХ (Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства) КПД техники полива по бороздам постоянной струей колеблется в пределах 0,50-0,55, а переменной струей возрастает до 0,6-0,65. В случае полива через борозду данный коэффициент достигает 0,7-0,75. При дождевании КПД техники полива изменяется в пределах до 0,75-0,80, а при капельном орошении в пределах 0,85-0,90 [2,3]. Следовательно, путем оптимизации технологии орошения можно повышать водообеспеченность орошаемых земель, снижать нормы водоотведения, нагрузку на дренаж, уровень загрязнения источников орошения и повышать продуктивность почв, конкурентоспособность сельхозпроизводителя.

Следует отметить, что выбор технических средств и технологических операций по совершенствованию систем орошения должен максимально снижать техногенную нагрузку на орошаемые земли, сохранять экологическую устойчивость природных комплексов, сформировавшихся в естественных условиях, а также обеспечивать устойчивое развитие орошаемого земледелия при дефиците водных ресурсов.

Большим достижением орошаемого земледелия является технология дискретного полива, минимизирующая: непроизводительные потери поливной воды на глубинную фильтрацию, и сброс. Повышает равномерность увлажнения почвы по длине поливных борозд и в активном слое почвы, расширяет контур увлажнения почвы, улучшает аэрацию активного слоя почвы. Кроме того, она способствует автоматизации процессов орошения и повышению производительности труда поливальщиков. Но, имеющиеся технические средства дискретного полива не обеспечивают стабилизацию поливных струй по фронту полива, снижают эффективность технологии дискретного полива. Механизация и автоматизация средств дискретного полива, по нашему мнению, должны решать две основные задачи: регулирование поливного тока поочередной подачей на смежные поливные участки и равномерное распределение его по бороздам и фронту полива [4,5,6].

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ГИДРОАВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЛЕВОЙ ОПЫТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСКРЕТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА

Казахским научно-исследовательским институтом водного хозяйства разработано принципиально новое технические средства для проведения дискретной технологии полива по бороздам:

1. Автоматизированный оросительный модуль (АОМ). Патент РК за №15882, [7].
2. Техническое средство гидроавтоматизации водораспределения (ТСГВ). Патент РК за №15059 [8].

Новизна заключается в создании конструкции ТСГВ, позволяющего осуществлять его применение на поливных участках с различными почвенно-мелиоративными условиями путем обеспечения заданных технологических параметров, в соответствии с параметрами дискретной технологии полива конкретного участка (рисунок 1).

ТСГВ выполняет заданную технологию дискретного полива, в автоматическом режиме, регулируя поливные струи в борозде с учетом изменения впитывающей способности почвы по ее длине. Полив производится периодическим переключением поливного тока на два смежные участки. При этом продолжительность периода подачи воды на данном участке является паузой для другого участка, в течение которой влага поглощается в почвогрунт борозды.

ТСГВ состоит из исполнительного органа 1, гидравлического программного устройства 2 и узла клапана отключения 3. Исполнительный орган и клапан отключения размещены на общей монтажной плите 4 соосно (рисунок 2). Сама монтажная плита лежит на водоприемно-распределительном узле 5, гидравлическое программное устройство располагается на подставке 6 и имеет геодезическую командную отметку над исполнительным органом и клапаном отключения. Управление осуществляется

программным устройством за счет потенциальной энергии воды в нем посредством каналов 7 и 8. Подача воды в устройство осуществляется посредством гибкого шланга 9, [9].



а) Фермерское хозяйство «Алтыкара». Полив кукурузы на силос



б) Полигон Комитет водных ресурсов. Полив яблоневого сада



в) Фермерское хозяйство. Село «Бесагаш». Полив сахарной свеклы

Рисунок 1- Испытание ТСГВ на полигоне и в фермерских хозяйствах

Исполнительный орган работает согласно программе, заданной программным устройством. Клапан отключения автоматически прекращает подачу воды в ТСГВ по сигналу программного устройства по окончании полива [9].

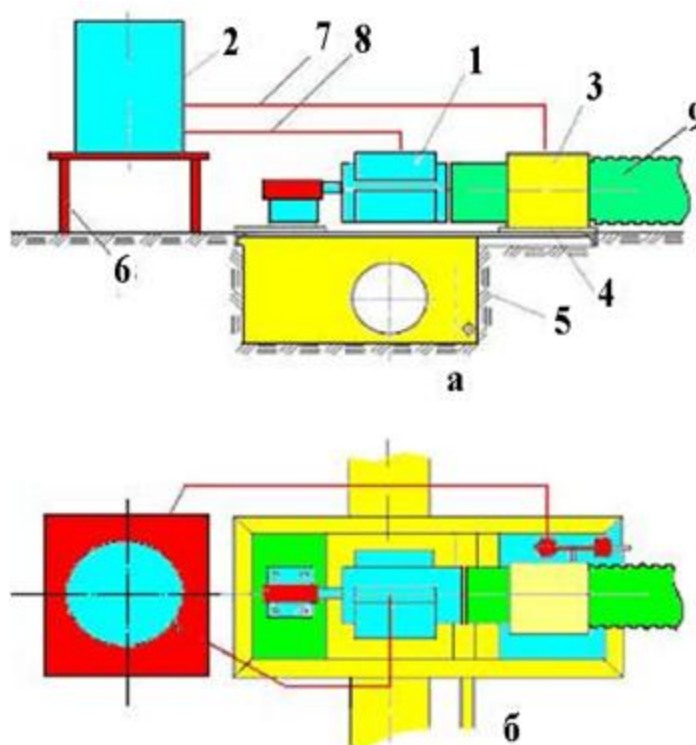


Рисунок 2- Схема технического средства гидроавтоматизации водораспределения

Методика расчета увязывает параметры технологического процесса полива с требуемыми по почвенно-мелиоративным условиям участка величинами поливной нормы, поливной струи, длиной борозды, с учетом достижения необходимого качества полива (равномерности и КПД техники полива). Почвенно-мелиоративные условия при разработке характеристик оросительного модуля учитывались по классификации Н.Т. Лактаева, в которой выделяется пять типов почв по водопроницаемости: сильно водопроницаемые (индекс **A**); повышенной водопроницаемости (**Б**); средней водопроницаемости (**В**); пониженной водопроницаемости (**Г**); слабой водопроницаемости (**Д**) [10].

Н.Т. Лактаев предлагает следующую классификацию орошаемых земель по уклонам: зона больших уклонов от 0,0075 до 0,025 (**II**); зона средних уклонов от 0,0075 до 0,0025 (**III**); зона малых уклонов от 0,001 до 0,0025 (**IV**) и зона безуклонных и малоуклонных земель с уклонами менее 0,001(**V**) [10].

Технология дискретного полива по бороздам для наиболее характерных сочетаний условий по водопроницаемости почвы и уклонам приводится в таблице 1.

Таблица 1- Технология дискретного полива по бороздам (по Лактаеву) [11,12].

Индекс условий	Длина борозды, м.	Поливная струя, л/с	Время и норма при непрерывном поливе		Циклический полив, 3 цикла полива	
			мин.	м ³ /га.	длительность цикла t, мин.	поливная норма, м ³ /га.
II -Б	100	0,25	1031	2210	207	1330
III-Б	600	0,75	797	850	175	560
I-В	100	0,10	2359	2020	454	1170
II -В	600	0,25	3328	1190	669	750
III-В	600	0,5	1056	750	230	490
V-В	200	0,5	1106	2370	239	1540
I-Г	200	0,05	8758	1880	1187	1090
II -Г	500	0,10	10319	1170	2080	1070
III-Г	600	0,25	3443	1230	727	780
V-Г	600	0,50	1360	970	304	650
V-Д	600	0,25	2002	720	446	480

Для установления качества выполнения данным техническим средством технологии полива, проводился специально полевой опыт с осуществлением полива на выбранном участке полигона. Для чего принята имеющаяся технология дискретного полива, с рекомендуемыми элементами техники полива, которые соответствовали условиям экспериментального участка (см. выше рисунок 1).

Для ввода данных в принятую технологию дискретного полива в программное устройство оросительного модуля, осуществлялось приведение его рабочих параметров в соответствие с параметрами дискретного полива участка, т.е. осуществлялось согласование параметров гидравлического программного устройства оросительного модуля с принятыми технологическими параметрами полива участка [11,12].

При проведении испытания разработанного технического средства гидроавтоматизации водораспределения по установлению качества выполнения им заданной технологии полива, были точно выдержаны элементы техники дискретного полива – поливная струя 1,5 л/с в каждую борозду, расход поливного тока 4,5 л/с, продолжительность импульсов по сухим бороздам 2,8 час, и по смоченным бороздам 0,7 час, количество импульсов -6 [11,12].

При испытании устанавливалось время переключения исполнительным органом технического средства гидроавтоматизации водораспределения поливного тока и время сработки клапана отключения на прекращение подачи воды к устройству. Данные опыта в таблице 2.

Таблица 2- Качество выполнения ТСГВ принятой технологии полива[12]

№ ,№ импульсов	Продолжительность импульсов, мин.		Отклонение импульсов от принятой технологии, мин.	Продолжительность полного технологического цикла, мин.			
	по принятой технологии	опытная		по принятой технологии	экспериментальная	отклонение	
						мин.	%
1	168	171	+3	504	511	7	1,4
2	168	173	+5				
3	42	40	-2				
4	42	38	-4				
5	42	44	+2				
6	42	45	+3				

Как видно по результатам опыта, разработанная конструкция технического средства гидроавтоматизации водораспределения выполняет заданную технологию полива с высокой точностью. Отклонение продолжительности импульсов от заданной технологии полива лежит в пределах от –2 до +5 мин, продолжительность полного технологического цикла имеет отклонение от расчетного всего на 7 мин (1,4%) [12].

Для установления уровня выполнения устройством заданной технологии полива приняты средние значения отклонения продолжительности полного технологического цикла 7,0 мин.от расчетной (заданной). При таком значении отклонения образуется выдача лишнего объема воды:

$$V = Q \cdot t \text{ м}^3,$$

где Q – расход поливного тока через устройство

$$Q = \frac{N}{T},$$

где N – поливная норма, м³/га;

T – время, необходимое для выдачи поливной нормы.

При N = 800 м³/га и T = 8,4 часов, расход воды в устройстве составляет:

$$Q = \frac{800}{8.4} = 95,2 \text{ м}^3 / \text{час} = 1,58 \text{ м}^3 / \text{мин} \gg 1,6 \text{ м}^3 / \text{мин}.$$

За время 7 мин несвоевременного срабатывания клапана отключения, будет выдача лишней объем воды, равный:

$$V = Q \cdot t = 4,58 \cdot 7 = 11,06 \text{ м}^3.$$

Отклонение от средней поливной нормы составляет 1,4 %, что говорит о способности данной конструкции обеспечивать достаточную точность выполнения заданной технологии полива [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Опыт применения данного способа орошения показывает, что дискретный полив целесообразно проводить только в условиях средних уклонов (0,001-0,005) при подаче в борозду струи не более 2 л/с. При этом орошаемая площадь увеличивается на 40-45 % при том же объеме оросительной воды. Время полива сокращается на 1-2 ч. по сравнению с обычным поливом по бороздам.
2. Основной сдерживающий фактор автоматизации производственных процессов на существующих оросительных системах республики связан, главным образом, с большим числом водораспределительных устройств и рассредоточенностью их на большой территории, зависимостью технологических процессов от множества труднорегулируемых факторов.
3. В сравнении с лучшими достижениями в данной области разработанное ТСГВ имеет преимущество, заключающееся в использовании его на самотечных оросительных системах без наличия геодезического командования на оросительной сети и с использованием локальной потенциальной энергии воды. Следующим преимуществом является выполнение им основные функции дискретной технологии полива.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]http://kazatu.kz/assets/i/science/sf10_eproblem_109.pdf
- [2]Разработать импортозамещающие технологии и технические средства для обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства /Отчет о НИР (промежуточный). – Фонды КазНИИВХ. – Тараз, 2009. – 200 с.
- [3]Рекомендации по эффективному использованию водных ресурсов на орошение сельскохозяйственных культур в агроформированиях (для южного региона)/ Ибатуллин С.Р., Кван Р.А., Пармонов А.И., Цхай М.Б., Калдарова С.М. – Тараз: КазНИИВХ, 2005. – 44 с.
- [4]Вырлев И.С. Научные труды. - Болгария, 1968. – Т.12.
- [5][Varbov I., Roconunnen W.W/ c.oth. Eultluct surface irrigation system // ASAE Paper. – P. 71-74.
- [6]Surge flow irrigation top performance calls for careful management // Irrigation Age. – 1985. - № 20. – P. 1-3.
- [7]Предпатент РК (KZ) № 15882 от 15.07. 2005г., бюл. №7
- [8]Предпатент РК (KZ) № 20095 от 15.10. 2008г., бюл. №10
- [9]Таттибаев А.А, Баймешов Б.А. Оросительный модуль // Тез.док. Международная ярмарка машин и оборудования для водопроводов и канализации. "Вода Казахстан" Алматы-Казахстан 2000 г. 4-7 апреля»
- [10]Лактаев Н.Т., Теоретическое обоснование технологии орошения сельскохозяйственных культур по бороздам //Техника полива сельскохозяйственных культур.-М.:Колос,-1972.-176 с.
- [11]Мустафаев Ж.С., Таттибаев А.А. Совершенствование водораспределения по бороздам путем автоматизации технологии полива /сборник научных трудов/ КазНИИВХ, Тараз ИЦ «Аква» 2000 г.
- [12]Отчет о НИР «Разработать средства гидроавтоматизации водораспределения на элементах оросительной сети» (заключительный) /КазНИИВХ/, №0106РК01314 гос. Регистрации, - Тараз, 2008г.

Глава IV/79: МЕТОД РАСЧЕТА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПЛОДОВОГО ДЕРЕВА ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО И ПОДКРОНОВОГО ОРОШЕНИЯ

Chapter IV/79: A Calculation Method of the Root System of a Fruit Tree for Drip Irrigation

Алексей Н. Рыжаков

DOI 10.25680/8084.2018.93.79.344

Эл. Почта: xrust.89@bk.ru

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, пр. Баклановский 190, 346421 Новочеркасск, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ. Предложена методика определения необходимой площади увлажнения через площадь основной части корней корневой системы плодовых деревьев. Предложенные методики расчёта линейных, площадных и объёмных параметров корневых систем позволили сформулировать биотехнические основы создания инженерной составляющей систем капельного орошения яблони. Анализ и обобщение известных опытных данных и материалы собственных исследований позволили предложить методику расчёта геометрических и влажностных показателей контуров увлажнения (глубины и диаметра, площади и объёма) для широкого спектра почвенных и технологических условий его формирования в почвогрунтовой среде. Обобщение локальных методик по определению параметров зон придревесного пространства, подлежащего искусственному увлажнению при капельном поливе (капельной технологии полива) и определению параметров единичного (формируемого одной капельницей) контура увлажнения, позволило предложить методику расчёта необходимого количества капельниц и методику расположения расчётного количества капельных микроудовыпусков в придревесном корнесоюзном пространстве.

Abstract. The technique of determining the required area of moisture through the area of the main part of the roots of the root system of fruit trees. The methods of calculation of linear, areal and volumetric parameters of the root systems allowed us to formulate the foundations of biotechnical engineering component of systems of drip irrigation of apple trees. Analysis and summarizing the known experimental data and materials of own researches allowed to propose the method of calculation of geometrical and humidity indicators moisture contours (depth and diameter, square d and volume) for a wide range of soil and technological conditions of its formation in soil space. A generalization of the local methods for determining parameters of the zones tree space to be artificial wetting with drip irrigation (drip irrigation technologies) and measurement unit (formed of one dropper) of the contour of the moisture to allow to propose a methodology of calculation of the required number of drippers and the method of arrangement of the estimated number of dripper for drip irrigation of fruit tree.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафт, капельное орошение, корневая система, контур увлажнения, зона питания, зона увлажнения, параметры капельниц, расположение капельниц, оросительная норма, поливная норма

Keywords: agrolandscape, drip irrigation, root system, humidification circuit, feeding zone, humidification zone, parameters of drippers, location of drippers, irrigation norm, irrigation norm

ВВЕДЕНИЕ

При возделывании плодовых древесных растений и яблони, в частности, во влагодефицитных природно-климатических условиях всё большее распространение получают технологии их капельного орошения агроландшафтов, обладающие рядом преимуществ по сравнению с другими способами их поливов. Более чем 80-летний опыт применения капельного орошения позволил накопить значительный объём наблюдений, способствующий разработке всё более эффективных капельных оросительных систем и рациональных технологий их использования. Системному совершенствованию капельного орошения сельскохозяйственных культур посвящены работы ряда мелиораторов.

При разработке научных рекомендаций и методик специалисты технической направленности всё чаще обращают внимание на необходимость учёта биотехнического обоснования при проектировании и эксплуатации систем капельного орошения сельскохозяйственных культур [1]. Однако при значительном разнообразии известных научных разработок и в настоящее время проектировщики и пользователи систем капельного орошения яблони испытывают дефицит

проработанных рекомендаций по решению ряда проектных и эксплуатационно-технологических задач

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Учитывая очевидные недостатки чаще всего применяемой научной концепции, основанной на привязке увлажняемой площади к площади питания растения, была выдвинута альтернативная ей гипотеза, суть которой заключается в определении необходимой площади увлажнения через площадь основной части корней корневой системы яблони (площади охваченной основной «массой» корней корневой системы растения). Выдвинутый подход к определению необходимой площади увлажнения яблоневого растения предусматривает определение геометрических (линейных, площадных и объёмных) параметров, формы и расположения зоны увлажнения и определение необходимого количества капельниц, обеспечивающих орошение одного яблоневого растения, что является одной из основных и не разрешённых в должной мере задач проектирования капельного орошения яблони.

Резюмируя рассмотренные сведения, было отмечено отсутствие должной конкретики в части определения потребного количества капельных микроводовыпусков для орошения яблоневых растений (насаждений) и стремление специалистов к максимальному уменьшению их числа, исходя преимущественно из экономических, технических или эксплуатационных соображений.

Для разработки рациональных и высокоэффективных систем локального (надземного, наземно- и подземно-капельного) орошения и их качественной эксплуатации был разработан ряд приведенных ниже методик.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Освоенное корневыми системами растений почвенное пространство характеризуется такими геометрическими показателями как: заглубленность основной части корней корневой системы плодового дерева в почвогрунтовую толщу ($h_{к,о/ч}$); удалённость от штамба растения горизонтальных корней (R_k); границы зоны расположения основной части корней корневой системы растения ($R_{к,о/ч}$). На удалённость горизонтальных корней от корневой шейки (штамба) яблоневого растения оказывает влияние ряд биотических (возраст растения и стадия его развития, породно-сортовые особенности подвоев и виды привоев), абиотических – преимущественно почвенных (включая тип, вид и морфометрические показатели почвогрунтовой толщи, микроклиматических показателей, включая режимы увлажняемости, иссушенности и промерзаемости почвенного покрова) и антропогенных (формирование условий для роста корневых систем, создание ограничений для распространения корней) [2].

Удалённость окончаний горизонтальных корней корневой системы яблоневых растений в общем случае зависит от: породных, сортовых и видовых характеристик (генетических особенностей) растений; возраста растений; почвенных и природно-климатических условий произрастания. Анализ известных данных и обобщений по удалённости корней яблони от её штамба позволил выделить приведенные ниже основные количественные показатели, характеризующие вышеуказанные факторы влияния на параметры корней.

1. Обобщённый показатель, характеризующий почвенные и другие природно-климатические условия произрастания растений яблони – $\Pi_{пр/у}$ (параметр природно-климатических условий территории культивирования). 2. Возраст растений (t), как характеристика, определяющая динамику изменения параметров растения и корневой системы в его жизненном цикле. 3. Глубина основного почвокорневого слоя, в пределах которого сосредотачивается 80 % корней растения (т.е. заглубленность корней - « $h_{к,о/ч}$ »). 4. Высота дерева (H) и диаметр (D) кроны яблоневого растения, как комбинированная характеристика надземной части древесной культуры [184]. 5. Возраст вступления яблони в стадию устойчивого плодоношения ($t_{пл}$), как характеристики, определяющей качественные возрастные изменения в динамике роста надземной и подземной частей древесного растения. 6. Параметр рослости сорта корнесобственных растений, вида его привоя и подвоя ($\Pi_{пр}$) равный: для среднерослых растений – $0,95 \div 1,05$; для карликовых видов (сортов) – $0,7 \div 0,9$ и для сильнорослых – $1,15 \div 1,25$. Таким образом, в результате вычислений по алгоритму, приведенному в исследовании [3,4], радиус зоны расположения основной части корней корневой системы растения определяется по формуле:

$$R_{к,о/ч} = 0,5R_{к,ср} \times \frac{\sqrt[0.16]{\frac{t - t_{пл}}{t_{пл} + 2}}} {\sqrt[0.16]{\frac{t_{пл}}{t_{пл} + 2}}}, \text{ м} \quad (1)$$

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМЫ, РАЗМЕРОВ И ПЛОЩАДИ ЗОНЫ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ

Параметры зоны увлажнения определяются параметрами корневой системы древесного растения. Для одиночного свободно произрастающего в относительно однородных почвенных условиях яблоневого растения характерна круговая конфигурация корневой системы с радиальным размещением отдельных корневых ветвей. При этом (преимущественно, в зависимости от возраста плодового дерева) для корневой системы характерны определённые зоны расположения наиболее активной (влагопотребляющей) части обрастающих корней с расположенными на них всасывающими (волосняными) корешками. Расположение этой зоны в придревесном почвенном пространстве и её площадь и определяют собственно площадь, подлежащую искусственному увлажнению при капельном поливе яблони. Условная схема такой зоны капельного увлажнения, применительно к многолетним древесным культурам, приведена на рисунке 1.

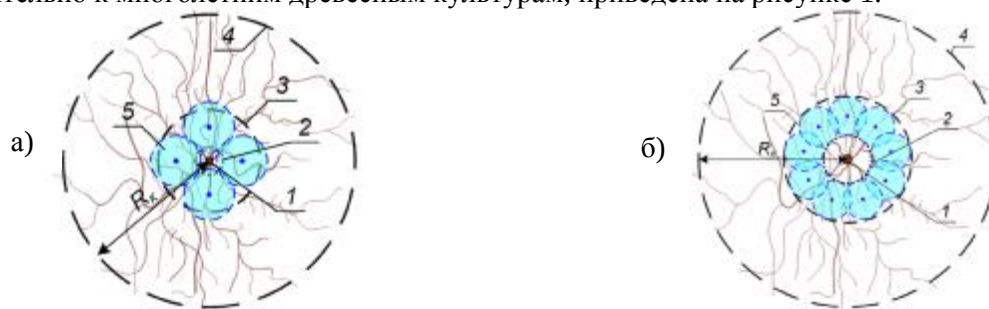


Рисунок 1 – Схема к определению местоположения и линейных размеров зоны увлажнения при капельном орошении древесных многолетних культур а) для молодых (неплодоносящих) яблоневых растений; б) для зрелых (плодоносящих) яблоневых растений; 1 – штамб растения; 2 – граница приштамбовой зоны; 3 – граница зоны расположения основной части корней корневой системы; 4 – контур корневой системы; 5 – единичный контур увлажнения

Параметры зоны увлажнения предлагается определять по алгоритму, приведенного в исследовании [5], исходными данными которого являются нижеприведенные параметры:

1. R_k - радиус корневой системы яблоневого растения (в метрах). 2. t , $t_{пл}$, $t_{п/п}$ - возраст растения, возраст вступления яблони в плодоношение и возраст полного плодоношения плодового растения в годах, соответственно. 3. $R_{к,ср}$ - средний радиус корневой системы яблоневого растения (средняя удалённость окончаний отдельных (обособленных) корневых ветвей от штамба растения) в метрах. 4. $R_{к,о/ч}$ - удалённость границы зоны концентрации основной части корней корневой системы от штамба яблоневого растения (радиус зоны расположения основной части корней яблони в придревесном пространстве) на уровне 2/3 от общего их количества и массы (66,7 %). 5. $R_{к,п/ш}$ - радиус приштамбовой зоны корневой системы с количеством (массой) обрастающих и волосняных корней, составляющих менее 30 процентов от их общего количества (массы или протяжённости). 6. $\omega_{увл}$ - площадь полосы увлажнения между (приштамбовой и заштамбовой) границами зоны, в пределах которой сосредоточена основная часть «активных» корней свободно произрастающего растения соответствующими окружностям с радиусами - $R_{к,о/ч}$ и $R_{к,п/ш}$. Таким образом площадь зоны увлажнения корневой системы плодового дерева рассчитывается следующим образом:

$$\omega_{увл} = 0,785(D_{к,о/ч}^2 - D_{к,п/ш}^2), \text{ м}^2 \quad (2)$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА КАПЕЛЬНИЦ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ОРОШЕНИЕ ОДНОГО ЯБЛОНЕВОГО РАСТЕНИЯ

До определения параметров единичного контура увлажнения устанавливаются значения почвенных и технологических факторов влияния (пористости, содержания физической глины, наименьшей

влажностности и дополивной влажности почвы; расход капельницы и продолжительность водоподачи). При известных значениях: ρ (г/см³), $V_{г/ч}$ (в процентах от М.С.П.), $\beta_{НВ}$; $\beta_{Н}$; (в долях от $\beta_{НВ}$); q_k (л/ч) и $t_{в/п}$ в часах, определяются значения глубина, диаметр, площадь и объем контура ($h_{кон}$, $d_{кон}$, $\omega_{кон}$ и $w_{кон}$) для заданных уровней влажности почвы (через 24 часа после окончания капельного полива) по приведенному в исследовании [5] алгоритму:

$$w_{кон} = 0,785 \times (d_{кон} / 1,05 \beta_{Н})^2, \text{ м}^2 \quad (3)$$

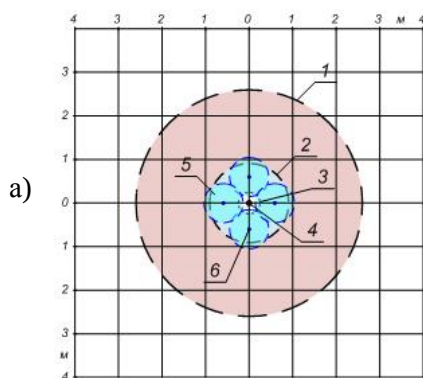
По установленной площади увлажнения ($\omega_{увл}$) и известной площади единичного контура увлажнения почвы – ($\omega_{кон}$) определяется количество капельных микроводовыпусков из соотношения:

$$n_{кап} = \omega_{увл} / \omega_{кон} \quad (4)$$

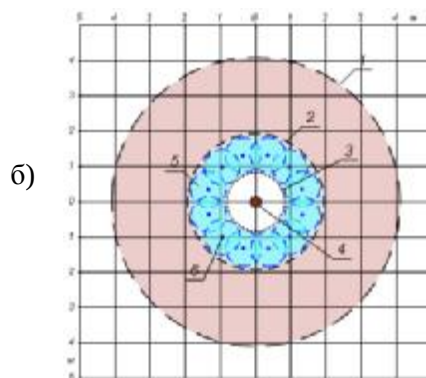
РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗМЕЩЕНИЯ КАПЕЛЬНЫХ МИКРОВОДОВЫПУСКОВ

В каждом конкретном случае компоновочная задача является многовариантной. В исследовании приведены отдельные, характерные примеры решения.

Размещение микроводовыпусков у отдельного, свободно произрастающего, яблоневого растения. Для рассмотрения вариантов объёмно-планировочных решений выбрана яблоня сорта Айдаред, свободно произраставшая на землях бывшей Персиановской опытно-мелиоративной станции НИМИ (Октябрьский район Ростовской области) на тяжёлосуглинистых чернозёмных почвах. На рисунке 2а рассмотрена схема размещения капельниц для дерева со следующими параметрами: $t=8$ лет; $R_k=2,6$ м; $R_{к,ср}=1,77$ м; $R_{к,о/ч}=0,91$ м; $R_{к,п/ш}=0,25$ м; $h_{к,о/ч}=0,65$ м. А на рисунке 3б – $t=20$ лет; $R_k=4,0$ м; $R_{к,ср}=3,04$ м; $R_{к,о/ч}=1,83$ м; $R_{к,п/ш}=0,75$ м; $h_{к,о/ч}=0,75$ м.



а) Параметры растения: $t = 8$ лет; $R_k = 2,6$ м;
 $R_{к,ср} = 1,77$ м; $R_{к,о/ч} = 0,91$ м; $R_{к,п/ш} = 0,25$ м;
 $h_{к,о/ч} = 0,65$ м



б) Параметры растения:

Рисунок 2 – Варианты размещения капельниц в пределах зоны увлажнения а) 4-х капельная схема; б) 12-ти капельная схема; 1 - граница распространения корней; 2 - граница основной части корней; 3 - граница приштамбовой зоны; 4 - штамп дерева; 5 - контур увлажнения; 6 - микроводовыпуск (капельница)

В соответствии с увеличением возраста яблони от 8 до 20 лет имеет место увеличение площади увлажнения и удаление расположения капельниц от штамба растения. Формирующиеся в почвогрунтовой толще контуры увлажнения вписываются в параметры зоны увлажнения. С возрастом яблони потребное количество капельниц увеличивается. Отметим, что взаимное расположение капельных капельниц определяется размерами полосы увлажнения, плановыми размерами контура увлажнения и количеством капельниц. При разном соотношении этих параметров возможны и отличные от приведенных выше компоновочные схемы размещения капельных микроводовыпусков в придревесном пространстве плодовых растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложенные методики расчёта линейных, площадных и объёмных параметров корневых систем позволили сформулировать биотехнические основы создания инженерной составляющей систем капельного орошения яблони.

2. Анализ и обобщение известных опытных данных и материалы собственных исследований позволили предложить методику расчёта геометрических и влажностных показателей контуров увлажнения (глубины и диаметра, площади и объёма) для широкого спектра почвенных и технологических условий его формирования в почвогрунтовой пространстве.
3. Обобщение локальных методик по определению параметров зон придревесного пространства, подлежащего искусственному увлажнению при капельном поливе (капельной технологии полива) и определению параметров единичного (формируемого одной капельницей) контура увлажнения, позволило предложить методику расчёта необходимого количества капельниц и методику расположения расчётного количества капельных микроводовыпусков в придревесном корнеосвоенном пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Колесников В.А. Корневая система плодовых и ягодных растений и методы её изучения / В.А. Колесников. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 191 с.
- [2] Шкура В.Н. Геометрия корневых систем яблони: моногр. / В.Н. Шкура, Д.Л. Обумахов, Е.Н. Лунева; под ред. Шкуры В.Н.; Новочерк. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск: «Лик», 2013. – 124 с.
- [3] Рыжаков, А. Н. Метод расчёта среднего радиуса корневой системы плодового дерева для обоснования схемы расположения системы капельного и подкранового орошения [Электронный ресурс] / А. Н. Рыжаков, Е. Н. Лунева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации.- Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – № 2(14). – С. 54-65. Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec257-field6.pdf
- [4] Рыжаков, А. Н. Формирование корневых систем яблоневых растений на черноземах Ростовской области Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2015. – Вып. № 3 (59). С. 36-42.
- [5] Шкура В. Н. Капельное орошение яблони: моногр. / В.Н. Шкура, Д.Л. Обумахов, А.Н. Рыжаков; под ред. Шкуры В. Н. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

Глава IV/80: ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ДЛЯ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Chapter IV/80: Technology and Software for Surface Irrigation in the South of Central Siberia

Олег А. Иванов^{*1}, Татьяна Е. Иванова¹, Геннадий Л. Утенков^{*2}

DOI 10.25680/8033.2018.69.60.345

*Эл. Почта: oleg3077@yandex.ru ; utenkov1951@mail.ru

1. ФАНО, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии», ул. Садовая, д.5, с. Зелёное 655132, Усть-Абаканский район, Республика Хакасия, Россия

2. Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства (ФГБНУ СФНЦА РАН СибНИИЗиХ), 630501 Новосибирск, Россия

РЕЗЮМЕ. Разработана и подтверждена проведенными исследованиями возможность применения технологии поверхностного полива по полосам шириной до 100 м и длиной до 500 м с устройством безуклонных ложбин для реализации режимов орошения сельскохозяйственных культур сплошного сева, естественных сенокосов и пастбищ, на уклонах от 0,007 до 0,04 при поливе однолетних культур, на уклонах до 0,08 – для травосмесей многолетних трав, при наличии на поливной полосе травостоя, дернины или стерни. Разработана и апробирована методика расчета элементов технологии поверхностного полива (длины и ширины полосы, уклона поверхности, поливного расхода и продолжительности полива) по полосам с широким фронтом продвижения воды без сброса. На базе использования предложенной формулы аналитической взаимосвязи основных элементов технологии полива, возможна разработка прикладного программного комплекса на базе общепринятых математических методов и программных средств общего назначения, позволяющего автоматизировать решение задачи проектирования и эксплуатации технологии поверхностного полива по полосам.

Abstract. We developed and validated a technology of surface irrigation strips having widths of up to 100 m and lengths up to 500 m with slopeless furrows for the implementation of field irrigation. The irrigation regime is intended for agricultural crops, natural hayfields and pastures on slopes of from 0.007 to 0.04 during the irrigation of annual crops, on slopes up to 0.08 – for mixtures of perennial grasses, in the presence of irrigation strips of grass or stubble. A method of calculating the elements of the technology of surface irrigation was developed and tested. This included length and width of the strip, slope, surface irrigation flow rate and duration of irrigation, and the movement of the front of irrigation water. On the basis of using the proposed analytical formula of the relationship of main elements of the irrigation technology, it is possible to develop application software on the basis of generally accepted mathematical methods and software tools of general purpose that can automate the task of design and operation of surface irrigation lines.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поверхностный полив, поливная полоса, безуклонная ложбина, водоудерживающий валик, технологические параметры, техника полива, номограмма, удельный расход полосы, продолжительность полива, шероховатость, уклон поливного участка, длина полосы

Keywords: surface irrigation, strip irrigation, slopeless furrow, water-retaining roller, process parameters, irrigation technique, nomogram, specific consumption of bandwidth, duration of watering, roughness, slope of irrigated land, length of strip

ВВЕДЕНИЕ

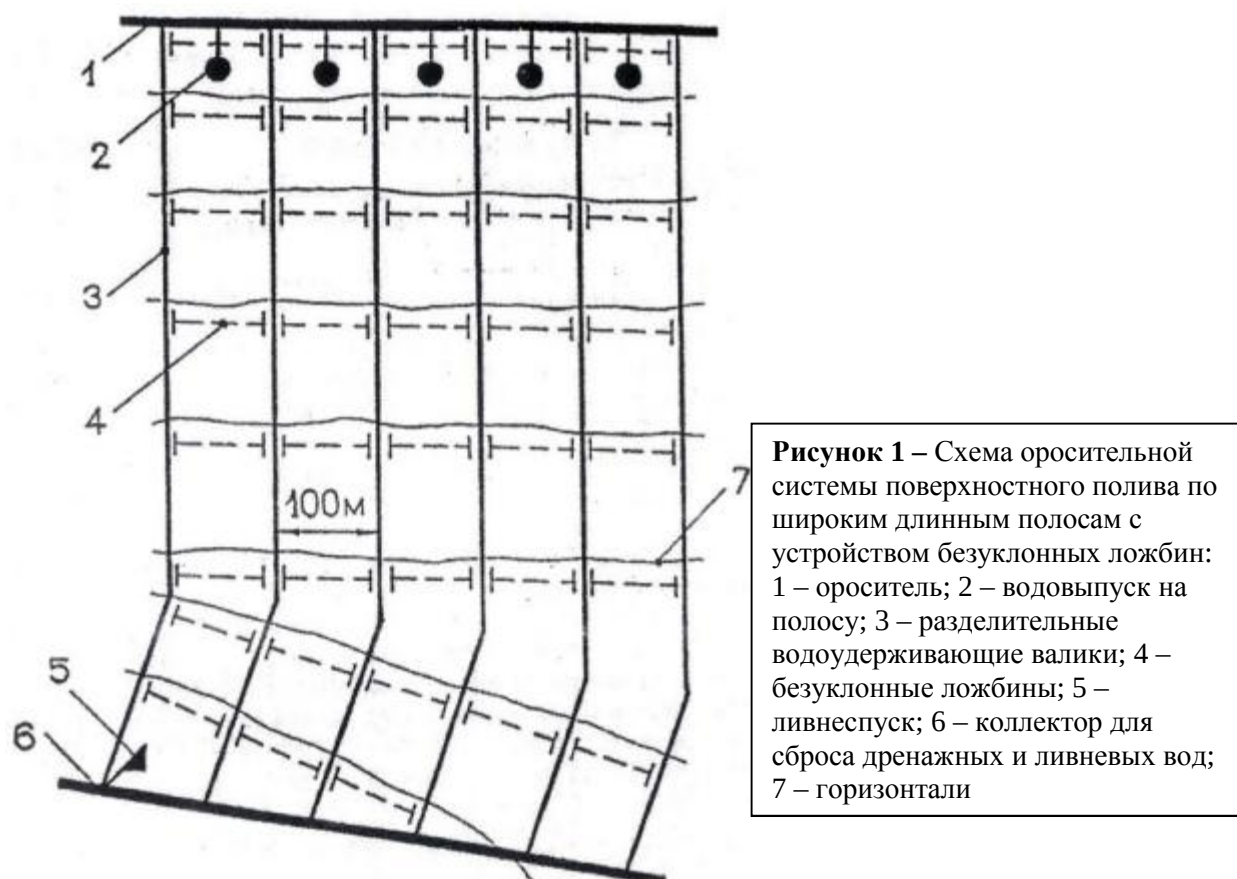
Приоритетным направлением сельскохозяйственного производства засушливой зоны юга Средней Сибири является животноводство, преимущественно грубошёрстное овцеводство, табунное коневодство, молочное и мясное скотоводство, что предопределяет необходимость интенсивного развития кормопроизводства и в особенности производства грубых и сочных кормов. Для стабильного и гарантированного производства продукции растениеводства в экстремальных почвенно-климатических условиях степной и сухостепной зонах экономически обосновано только орошаемое земледелие [1].

Поверхностный полив – это энерго-, ресурсосберегающий способ орошения, т.к. осуществляется с минимальным привлечением дополнительных источников энергии. Одним из наиболее перспективных является поверхностный способ полива по широким (до 100 м) и длинным (до 500 м) полосам с устройством безуклонных ложбин, предложенный В.Ф. Тютюкиным (а.с. № 206415). Качественный поверхностный полив по полосам без сброса воды в конце, без переувлажнения и недополива нижней части полос, возможен при точном расчете времени полива или длины добега, которую должен пройти водный поток до отключения водоподачи [2]. Однако существующие методики не дают гарантированного результата при определении длины полосы для использования технологии полива по широким длинным полосам.

Закономерности изменения длины полосы полива от уклона, удельного расхода и продолжительности подачи воды, а также влияние на скорость движения воды по полосе, могут помочь в поиске решений по определению технологических параметров полива сельскохозяйственных культур по полосам с широким фронтом продвижения воды, и могут быть использованы при проектировании и эксплуатации оросительной системы. Совершенствованию методики расчета основных элементов технологии поверхностного полива посвящены результаты исследований, выполненных в ФГБНУ «НИИАП Хакасии».

ПОВЕРХНОСТНЫЙ ПОЛИВ ПО ШИРОКИМ ДЛИННЫМ ПОЛОСАМ

В результате многолетних исследований в развитие изобретений В.Ф.Тютюкина была разработана принципиально новая высокопроизводительная технология поверхностного полива по широким длинным полосам с устройством безуклонных ложбин (Рисунок 1).



Поливной участок данной системы орошения образуются продольными водоудерживающими валиками проходимого для сельскохозяйственной техники поперечного профиля (высотой 0,25-0,30 м с заложением откосов 1:5), расположенными параллельно друг другу на расстоянии 80-100 м по наибольшему уклону поверхности орошаемого участка. Длина поливного яруса принимается с учетом принятой организацией орошаемой территории, рельефа местности и почвенно-мелиоративных условий, рекомендуется 300-500 м.

Главным элементом системы являются безуклонные ложбины также проходимого для сельскохозяйственной техники поперечного профиля (глубиной 0,10-0,15 м с заложением откосов 1:5), трассируемые по горизонтали поперёк полос через каждые 40-60 м. Ложбины предназначены для перераспределения движения фронта поливной воды. Они, перехватывая опережающие струи водного потока и наполнившись водой по всей длине, изливают ее широким фронтом на нижележащий участок поливной полосы. Это обеспечивает равномерность продвижения фронта поливной воды по всей ширине участка, что позволяет увеличить ширину полосы до 100 м и более.

Технология поверхностного полива по широким длинным полосам с устройством безуклонных ложбин рекомендуется для орошения зерновых и кормовых культур сплошного сева, естественных сенокосов и пастбищ, удельным расходом 2-3 л/(с·м), поливной нормой 700-900 м³/га с производительностью труда поливальщика до 1,5 га/ч/чел. на одной поливной полосе.

Автоматизированное регулирование движения воды ложбиной дает возможность одному поливальщику управлять большими поливными токами воды одновременно на 2-х, 3-х и более полосах, что позволяет увеличить производительность труда до 35 га за рабочую смену [3].

В предлагаемой технологии поверхностного орошения сельскохозяйственных культур заложены предпосылки для полной автоматизации полива с применением каскадного и дистанционного управления водоподачей и контроля за расходом воды.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ПО ШИРОКИМ ДЛИННЫМ ПОЛОСАМ

Технологические параметры поливных полос определяются в зависимости от рельефных, почвенно-мелиоративных условий, состава планируемых к возделыванию сельскохозяйственных

культур и условий эксплуатации системы с учетом предельно допустимых значений скорости водного потока, поливной нормы и других граничных условий.

Известно, что с увеличением площади заливаемых площадок на легко- и среднепроницаемых почвах, в значительных пределах уменьшается установившаяся скорость впитывания [4]. Существующие формулы определения длины поливных полос не учитывают явления противодействия впитыванию воды заземленного в почве воздуха. Поэтому имеющиеся формулы не дают гарантированного результата при определении длины полосы для использования технологии полива по полосам с широким фронтом продвижения воды. Математическое описание длины продвижения водного потока (L_i) по поливной полосе подчиняется зависимости:

$$L_i = r_i \cdot t_i^a, \text{ м} \quad (1)$$

где: r – некоторый параметр, зависящий от условий производства полива, характеризующий скорость, изменяющуюся во времени t с учетом затухания скорости продвижения потока воды по полосе a .

Регрессионный анализ зависимости длины добегания воды от уклона (i), удельного расхода на один метр ширины полосы (q) и продолжительности водоподачи (t) показал довольно тесную связь между ними, которую можно выразить в виде следующего корреляционного выражения:

$$r_1 / \ddot{O}i_1 \cdot q_1^{2/3} = r_2 / \ddot{O}i_2 \cdot q_2^{2/3} = \dots = r_n / \ddot{O}i_n \cdot q_n^{2/3} \quad (2)$$

В результате подбора математической функции (с точки зрения аппроксимации данных наблюдений), которая связывает числовые значения, полученные в результате опытов, длину полосы можно определять по формуле:

$$L_i = K \ddot{O}i_i \cdot q_i^{2/3} t_i^{0.65}, \text{ м} \quad (3)$$

которая отражает физический процесс продвижения поливного тока воды по полосе.

В процессе обработки экспериментальных данных, полученных в результате опытных поливов многолетних трав по широким длинным полосам с устройством безуклонных ложбин, была установлена устойчивая зависимость в виде:

$$K = L_1 / \ddot{O}i_1 \cdot q_1^{2/3} t_1^{0.65} = L_2 / \ddot{O}i_2 \cdot q_2^{2/3} \cdot t_2^{0.65} = \dots = L_n / \ddot{O}i_n \cdot q_n^{2/3} t_n^{0.65}, \quad (4)$$

которая отражает шероховатость поля.

Шероховатость, отображая состояние поверхности поля, является комплексным показателем, включающим вид посева и его развитие. Сравнительный анализ натуральных и теоретических значений показал, что на протяжении всего цикла развития многолетних трав шероховатость поля изменялась по годам жизни растений.

При поливе многолетних трав шестого года жизни посевы оказывали наименьшее сопротивление водному потоку ($K=560$). Это связано с изреженностью травостоя в результате отмирания вегетативных побегов, что в конечном итоге при прочих равных условиях привело к увеличению длины добегания поливной струи.

В опытах с травами второго года жизни $K=480$. Здесь в результате густого развития надземной массы стеблей молодого травостоя шероховатость поля была выше, следовательно, длина добегания поливной струи была меньше.

Проведенные исследования показали возможность применения предложенной зависимости с достаточной для проектирования точностью, при этом коэффициент шероховатости, отражая состояние поверхности поля, для многолетних трав будет находиться в пределах $K = 480-560$ и может изменяться по годам жизни трав от меньшего к большему в последующие годы жизни. Иллюстрация результатов теоретических и экспериментальных исследований представлена в виде номограммы (Рисунок 2), которую можно использовать при проектировании данной технологии, предварительно назначив предельно-допустимую величину поливного расхода полосы и продолжительность полива с учетом предельно допустимых значений скорости и нормы полива (RU 2158077 C2).

Номограмма позволяет выбирать необходимую длину поливных участков в зависимости от уклона, поливного расхода полосы, продолжительности полива и возделываемой сельскохозяйственной культуры. Это дает возможность определять пропускную способность каналов и гидротехнических сооружений на оросительной системе для полива по широким длинным полосам с устройством безуклонных ложбин.

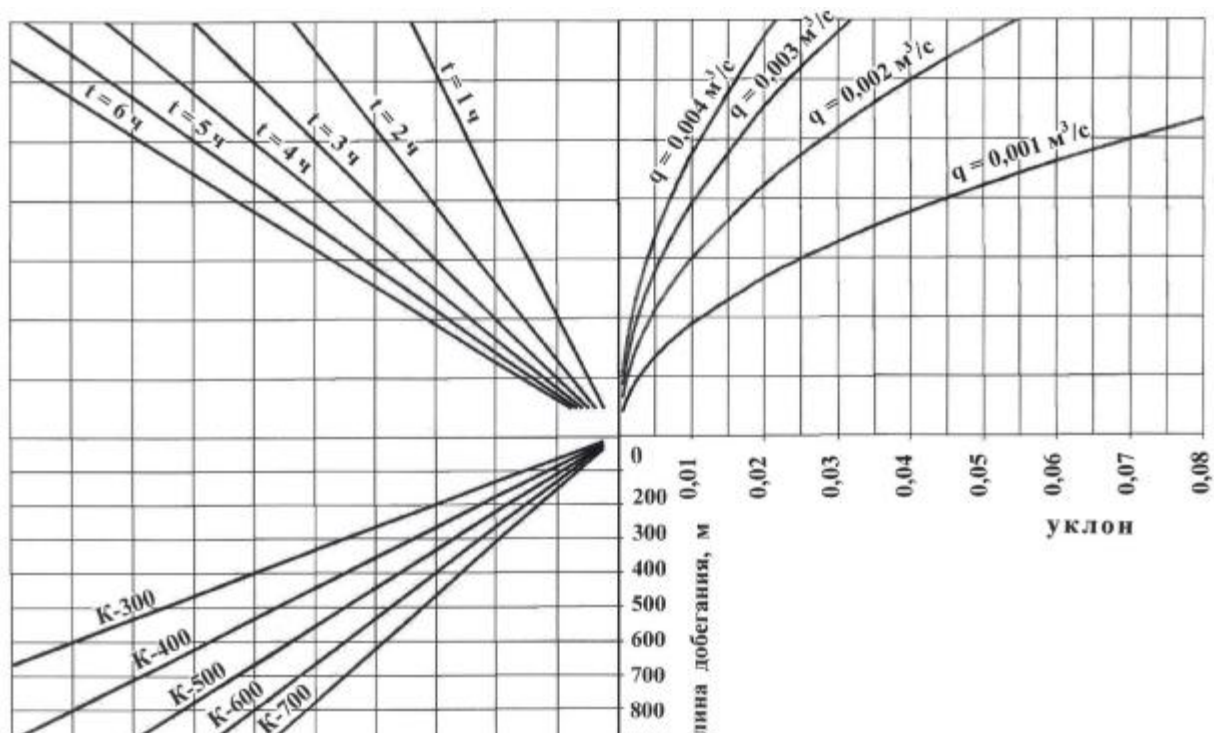


Рисунок 2 – Номограмма для расчета элементов техники поверхностного полива по широким длинным полосам с устройством безуклонных ложбин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Подтверждена возможность применения технологии поверхностного полива по широким до 100 м и длинным до 500 м полосам с устройством безуклонных ложбин для реализации режимов орошения сельскохозяйственных культур сплошного сева, естественных сенокосов и пастбищ без проявления водной эрозии удельным расходом 2-3 л/(с·м), поливной нормой 700-900 м³/га с производительностью труда до 1,5 га/ч/чел. на одной поливной полосе.
2. Позволяет в значительной степени автоматизировать полив и возможность управлять одному поливальщику большим поливным током воды на 2-х, 3-х и более полосах.
3. Усовершенствована методика расчета элементов технологии поверхностного полива по полосам с широким фронтом продвижения воды, которая позволяет выбирать необходимую длину поливных полос в зависимости от уклона, удельного расхода, продолжительности полива и возделываемой сельскохозяйственной культуры, что дает возможность определять пропускную способность каналов и сооружений на оросительной системе для полива по полосам.
4. Проведенные исследования показали возможность применения предложенной формулы для решения задачи проектирования и эксплуатации технологии поверхностного полива по широким и длинным полосам с устройством безуклонных ложбин.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Савостьянов, В. К. Использование земель сельскохозяйственного назначения в засушливых условиях юга Средней Сибири для ведения земледелия: рекомендации / В. К. Савостьянов // Российская академия сельскохозяйственных наук, Сибирское региональное отделение, ГНУ НИИ аграрных проблем Хакасии. – Абакан: Издательство Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, 2009. – 12 с.
- [2] Тютюкин, В. Ф. Совершенствование оросительных систем поверхностного полива / В. Ф. Тютюкин, В. К. Савостьянов, О. А. Иванов, А. С. Сергеев, Б. И. Агибалов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 45-48.
- [3] Иванов, О. А. Способы поверхностного полива сельскохозяйственных культур и комплекс машин для его реализации / О. А. Иванов, Б. И. Агибалов, Т. Е. Иванова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 4. – С. 75-77.
- [4] Алиев, И. Г. Определение оптимальных элементов техники полива по бороздам / И. Г. Алиев, Н. Ф. Бончковский // Труды ВНИИМитП. – Коломна, 1970. – С. 188-212.

**Глава IV/81: ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ДЛЯ ЮГА СРЕДНЕЙ
СИБИРИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**
**Chapter IV/81: Technology and Technical Provision of Surface Irrigation in the South of Central
Siberia**

Геннадий Л. Утенков^{*1}, Олег А. Иванов^{*2}, Татьяна Е. Иванова²

DOI 10.25680/9641.2018.71.62.346

*Эл. Почта: utenkov1951@mail.ru ; oleg3077@yandex.ru ;

1. Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства (СФНЦА РАН СибНИИЗиХ) 630501 Новосибирск, Россия

2. ФАНО, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии», ул. Садовая, д. 5, с. Зелёное 655132, Усть-Абаканский район, Республика Хакасия, Россия,

РЕЗЮМЕ. Разработан комплекс технических средств для строительства и эксплуатации систем поверхностного полива по широким длинным полосам с устройством безуклонных ложбин, орудия агрегатируются с высокоманевренным и эффективным трактором класса тяги 1,4 т марки МТЗ. Комплексное использование машин при строительстве и эксплуатации оросительных систем поверхностного полива в сравнении с существующими машинами в мелиоративном строительстве позволяют повысить качество выполняемых работ и производительность труда в 3-5 раз, снижение себестоимости 1 тонны сена в 3-4 раза, в сравнении с дождеванием при прочих равных условиях и среднем урожае 5 т/га. Комплекс машин прошел Государственные испытания ФГУП Сибирская машиноиспытательная станция Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (г. Омск), рекомендован к постановке на производство.

Abstract. The developed a complex of technical means for construction and operation of a surface irrigation systems with wide long strips and slopeless furrows. Their technical is aggregated with a highly maneuverable and efficient tractor of the 1.4 tonne class and type of MTZ . The integrated use of this machinery for the construction and operation of surface irrigation is efficient. In comparison with existing machines in land reclamation the novel solution permits to increase the quality of work and productivity by 3-5 times, reducing the cost of 1 tonne of hay by 3-4 times in comparison with sprinkler irrigation, under comparable conditions and at a hay yield of 5 tonnes/ha on the average. The complex of machines passed the State testing of the FSUE Siberian machine station of the Ministry of agriculture of the Russian Federation (Omsk), and has been recommended for implementation in the production.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: поверхностный полив, безуклонная ложбина, водоудерживающий валик, выравнивание поверхности, технологические параметры, комплекс машин, производительность, технические характеристики, качество выполняемых работ, государственные испытания.

Keywords: surface irrigation, inconspicuous trough, water-retaining roller, leveling, technological options, system, performance, technical specifications, performance standards, state tests.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе функционирования каждой отрасли экономики наблюдаются этапы предела количественного и качественного роста производимой продукции и неустойчивости ее объемов производства, обусловленных преобладающим использованием экстенсивных технологий, что свойственно в целом большинству регионов [1]. Существенный фактор неустойчивости производства зерна, являющийся основным продовольственным продуктом – механизированная технология, которая без изменения используется многие годы.

Считают [2], что соединение трех компонентов, включающих агроэкологические требования культур, агроэкологические условия агроландшафта и применяемые технологии возделывания, образуют сложную систему, от которой во многом зависят экономическая эффективность производства и его экологическая безопасность. Для природных систем важна не величина энергетического воздействия, а надлежащая форма пространственного распределения энергии – «архитектура» энергетического воздействия. Проблема состоит в том, чтобы определить набор собственных структур, характерных для каждой открытой нелинейной системы (среды),

способной к самоорганизации, а также следовать естественным тенденциям саморазвития процессов к этим структурам [3].

Стабильному и гарантированному производству продукции растениеводства в большей мере соответствует орошаемое земледелие [4, 5]. В связи с этим особую значимость и актуальность приобретает использование орошаемых земель с применением инновационных, сертифицированных технологий поверхностного способа полива и комплекса машин для его обеспечения. Однако существующие в мелиоративном строительстве технические средства являются высоко затратными и не соответствуют требуемому качеству выполненных работ. Совершенствованию машинных технологий поверхностного полива посвящены результаты исследований, выполненных в ФГБНУ «НИИАП Хакасии».

ПОВЕРХНОСТНЫЙ ПОЛИВ ПО ШИРОКИМ ДЛИННЫМ ПОЛОСАМ

Участок поверхностного полива по широким длинным полосам образуются продольными водоудерживающими валиками (высотой 0,25-0,30 м с заложением откосов 1:5), расположенными параллельно друг другу на расстоянии 80-100 м по наибольшему уклону поверхности орошаемого участка. Длина поливного яруса принимается с учетом принятой организацией орошаемой территории, рельефа местности и почвенно-мелиоративных условий, рекомендуется 300-500 м. Главным элементом системы являются безуклонные ложбины (глубиной 0,10-0,15 м с заложением откосов 1:5), трассируемые по горизонтали поперёк полос через каждые 40-60 м (Рисунок 1).

Формирование поливных полос на площади 10 гектаров предусматривает выполнение земляных работ объемом 4175 м³, без учета строительства подводящих, оросительных каналов и сооружений на них. При этом 3000 м³ грунта перемещается при выравнивании поливного участка (глубиной срезания почвы 3 см), 500 м³ – при нарезке безуклонных ложбин (общей длиной 2 км, поперечным сечением 0,25 м²), 675 м³ – при устройстве водоудерживающих валиков (общей длиной 1,5 км, поперечным сечением 0,45 м²) [6].

Технология поверхностного полива по широким и длинным полосам с устройством безуклонных ложбин рекомендуется для орошения зерновых и кормовых культур сплошного сева, естественных сенокосов и пастбищ, удельным расходом 2-3 л/(с·м), поливной нормой 700-900 м³/га с производительностью труда поливальщика до 1,5 га/ч/чел. на одной поливной полосе.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ПО ШИРОКИМ ДЛИННЫМ ПОЛОСАМ

Для принятия решений об эффективности технических средств, применяемых в машинных технологиях возделывания культур, нами [7] обоснован глобальный критерий прибыли, получены условия, обеспечивающие его экстремум. Потребное состояние технического обеспечения «q» определяется точкой безубыточности «δУ» возделываемой культуры:

$$q = \delta Y(\beta - 1),$$

где: β – вновь создаваемая стоимость продукции.

Необходимым условием соблюдения технологической дисциплины поверхностного орошения является качественная подготовка поверхности участка к поливу. Основными элементами технологии поверхностного полива по широким длинным полосам являются:

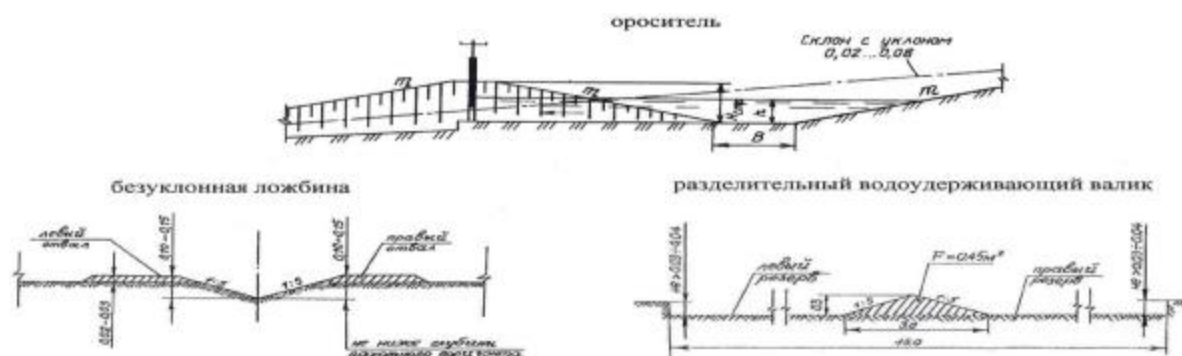


Рисунок 1 – Основные элементы оросительной системы поверхностного полива по широким длинным полосам с устройством безуклонных ложбин

1) безуклонные ложбины (глубиной 0,10-0,15 м, заложением откосов 1:5), обладающие способностью аккумулировать часть поливного расхода воды для последующего равномерного распределения водного потока по поверхности поливного участка;

2) разделительные водоудерживающие валики (высотой 0,25-0,30 м, заложением откосов 1:5), обладающие водоудерживающей способностью.

К общим требованиям разделительного водоудерживающего валика и безуклонной ложбины относятся обеспечение беспрепятственного прохода сельскохозяйственных машин и орудий при выполнении технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур.

Для формирования участков поверхностного полива сельскохозяйственных культур по широким длинным полосам с устройством безуклонных разработан комплекс машин:

- «Ложбиноделатель Л-1,5» – применяется при нарезке безуклонных ложбин (Рисунок 2), шириной захвата в рабочем положении 1,5 м с помощью зуба и лемехов заглубляется на глубину до 0,10-0,15 м и производит выемку грунта с заложением откосов 1:5, одновременно формирует левый и правый отвал за один проход (RU 2274982 С1);

- «Валиковосстановитель В-3,0» – применяется при восстановлении разрушенного в результате агротехнических обработок почвы (вспашки, культивации и т.п.) водоудерживающего валика (Рисунок 3), шириной захвата в рабочем положении 2,5 м с помощью лемехов заглубляется до основания валика, собирает и стягивает грунт в верхнюю его часть, формируя профиль (высотой 0,25-0,30 м, заложением откосов 1:5) за один проход (RU 2338347 С1);

- «Выравниватель полунавесной ВП-4,0» – применяется при эксплуатационном выравнивании (свальных гребней, развальных борозд и т.п.) на поверхности поливного участка, шириной захвата в рабочем положении 4 м (Рисунок 4) устраняет неровности на поверхности поливного участка величиной до 0,10 - 0,12 м, протяженностью до 13-15 м по существующим схемам (диагонально, диагонально-перекрестным, зигзаг или загонный) (RU 2238618 С2).

Машины применяются в степных районах на всех почвогрунтах, за исключением каменистых, песчаных и просадочных типах грунтов второй степени. Машины обеспечивают удовлетворительное качество работы в диапазоне влажности почвы 8-28%, твердости почвы в обрабатываемом слое до 3,5 МПа. Основные характеристики рекомендуемой техники изложены в таблице 1.

Результативность использования производственного потенциала во многом зависит от пропорциональности его ресурсных компонентов, которая формируется при использовании и соблюдении технологий производства продукции и уровня ее интенсивности [8]. Комплекс машин обеспечивает повышение производительности и качества выполняемых работ в сравнении с серийно выпускаемыми мелиоративными машинами.

Таблица 1 – Технические характеристики машин

Показатели	Значения показателей по данным испытаний		
	ложбиноделатель	валиковосстановитель	выравниватель полунавесной
Марка машины	Л-1,5	В-3,0	ВП-4,0
Тип машины	навесная	навесная	полунавесная
Агрегатируемость тракторами (тяговый класс)	МТЗ-80 (1,4)	МТЗ-80 (1,4)	МТЗ-80 (1,4)
Производительность за час эксплуатационного времени, * км; га	3,96...5,04*	6,30...6,58*	1,15...1,17
Рабочие скорости, км/ч	7,1	9,1	6,9
Расход топлива, кг/ед. наработки	1,1...1,2	1,1...1,2	3,7...5,4
Потребляемая мощность, кВт	18,1...21,3	15,6...22,1	4,7...5,6
Количество персонала, обслуживающего агрегат, чел.	1 механизатор	1 механизатор	1 механизатор
Рабочая ширина захвата, м	1,5	2,5	4,0
Масса конструкционная, кг	230	250	960



Рисунок 2 – Ложбиноделатель Л-1.5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные исследования показали возможность применения разработанной технологии поверхностного полива для реализации режимов орошения различных культур, включая зерновые, однолетние и многолетние травы; при среднем урожае сена трав сельскохозяйственных культур до 5 т/га, дикорастущих трав – до 3 т/га.
2. Применение разработанного комплекса механико-технологических решений, при прочих равных условиях, позволяет сократить эксплуатационные затраты и сроки строительства поливных участков в 1,8 раза, что позволяет снизить затраты капитальных вложений на мелиоративное строительство.
3. Технология поверхностного полива по широким и длинным полосам с применением орудий Л-1.5; В-3.0; ВП-4.0 прошла Государственные испытания по плану Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в ФГУ Сибирская государственная зональная машиноиспытательная станция (г.Омск), рекомендовано машины включить в базовую технологию.



Рисунок 3 – Валиковосстановитель В-3.0



Рисунок 4 – Выравниватель полунавесной ВП-4.0

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Липкович, Э. И. Экономические проблемы технического и технологического перевооружения сельского хозяйства России / Э. И. Липкович // АПК: Экономика, управление. – 2014. – № 5. – С. 12-20.
- [2] Власенко, А. Н. Совершенствование научных основ сибирского земледелия / А. Н. Власенко // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 10. – С. 27-35.
- [3] Князева, Е. Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 236 с.
- [4] Савостьянов, В. К. Использование земель сельскохозяйственного назначения в засушливых условиях юга Средней Сибири для ведения земледелия: рекомендации / В. К. Савостьянов // Российская академия сельскохозяйственных наук, Сибирское региональное отделение, ГНУ НИИ аграрных проблем Хакасии. – Абакан: Издательство Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, 2009. – 12 с.
- [5] Черняев, А. А. Проблемы сохранения и развития оросительной мелиорации в Поволжье / А. А. Черняев, В. А. Ярославский, А. П. Несмысленов // АПК: Экономика, управление. – 2014. – № 5. – С. 3-11.
- [6] Иванов, О. А. Совершенствование мелиоративных машин для реализации поверхностного полива по широким и длинным полосам / О. А. Иванов, В. Ф. Тютюкин, В. К. Савостьянов, Б. И. Агибалов, Т. Е. Иванова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 39-41.
- [7] Утенков, Г. Л. Стратегия формирования машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Сибири / Г. Л. Утенков // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 2. – С. 123-127.
- [8] Успенская, И. Н. Оценка производственного потенциала сельскохозяйственных организаций / И. Н. Успенская // Экономика сельского хозяйства России. – 2015. – № 2. – С. 67-73.