**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Отделение сельскохозяйственных наук РАН**

КОМИТЕТ АПК КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»**

ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии

ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ АДАПТИВНО- ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

**Международной научно-практической конференции,
посвященной 50-летию со дня основания
ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии
9-11 сентября 2020 года**

Курск – 2020

УДК 63:001.892

DOI 10.18411/isbn978-5-907167-83-4

Инновационно-технологические основы развития адаптивно-ландшафтного земледелия.
Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию со дня основания ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Курск, 9-11 сентября 2020 г. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2020. – 373 с.

Представленные в сборнике доклады посвящены проблемам инновационно-технологического развития адаптивно-ландшафтного земледелия, обеспечивающего переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству. Сборник включает 87 докладов из основных регионов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья: Азербайджана, Казахстана, Молдовы и Узбекистана. Особое внимание уделено вопросам перехода к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям в земледелии. Предложены инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Рассмотрены современные перспективные агротехнологии, их адаптация к различным условиям, ресурсосберегающие системы обработки почвы, продуктивность севооборотов, вопросы оптимизации и биологизации агроценозов, динамика и регулирование плодородия почвы, рациональное использование эрозионноопасных и эродированных почв в адаптивно-ландшафтном земледелии. Важное внимание уделено моделированию и прогнозу развития процессов эрозии почвы и их последствий. Обоснована система мероприятий по управлению эрозионно-гидрологическими процессами, предложены меры по защите почв от эрозии в агроландшафтах.

Сборник представляет интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов ВУЗов, ССУЗов сельскохозяйственного и биологического профиля, работников АПК и специалистов агрохозяйств всех форм собственности.

Редакционная коллегия:

А.В. Гостев, врио директора ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
кандидат сельскохозяйственных наук;

Д.В. Дубовик, первый заместитель директора ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук;

Н.П. Масютенко, заместитель директора ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
по научной работе, профессор, доктор сельскохозяйственных наук.

Ответственные за выпуск:

Г.П. Глазунов, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом,

М.Ю. Дегтева, учёный секретарь ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
кандидат биологических наук,

Н.В. Рязанцева, старший научный сотрудник,
кандидат сельскохозяйственных наук.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов**

Перевод **Л.Е. Тарасовой**.

ISBN – 978-5-907167-83-4

© ФГБНУ «Курский федеральный аграрный
научный центр», 2020 г.

**THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
THE RUSSIAN FEDERATION**

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences

Federal State Budgetary Scientific Institution

«KURSK FEDERAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER»

All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control

INNOVATIVE-TECHNOLOGICAL PRINCIPLES OF THE DEVELOPMENT OF ADAPTIVE LANDSCAPE AGRICULTURE

**Proceedings
of the International Scientific and Practical Conference,
devoted to the 50th anniversary of
All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control
September 9-11, 2020**

Kursk-2020

UDC 63:001.892

DOI 10.18411/isbn978-5-907167-83-4

Innovative-technological principles of the development of adaptive landscape agriculture.

Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, devoted to the 50th anniversary of All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, Kursk, September 9-11, 2020. – Kursk: FSBSI «Kursk Federal Agricultural Research Center», 2020. – 373 p.

The papers presented in the volume are devoted to the problems of innovative-technological development of adaptive landscape farming which ensures the transition to the highly productive and environmentally safe agriculture. The volume includes 87 papers from major regions of the Russian Federation and neighboring countries: Azerbaijan, Kazakhstan, Moldova and Uzbekistan. Special attention is paid to the issues of the transition to advanced digital, intellectual production technologies in agriculture. Innovative technologies of crop cultivation are proposed. Modern promising agricultural technologies, their adaptation to different conditions, resource saving tillage systems, crop rotation productivity, problems of optimization and biologization of agroecosystems, soil fertility dynamics and regulation, rational use of soils exposed to erosion and eroded soils in adaptive landscape agriculture are considered. Much attention is paid to modeling and predicting of the development of soil erosion processes and their consequences. The system of measures to control erosion and hydrological processes is substantiated, actions to control soil erosion in agrolandscapes are proposed.

The volume is of interest to researchers, teachers, postgraduates, students of universities, agricultural and biological colleges, agricultural workers and specialists of agricultural enterprises and farms of all forms of ownership.

Editorial Board:

A.V. Gostev, Acting Director, FSBSI «Kursk FARC»,

Candidate of Agricultural Sciences;

D.V. Dubovik, First Deputy Director of FSBSI «Kursk FARC»,

Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences;

N.P. Masyutenko, Deputy Director on Scientific Work of «Kursk FARC»,

Professor, Doctor of Agricultural Sciences.

Persons responsible for the volume release:

G.P. Glazunov, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Departmentt,

M.Yu. Degteva, Scientific Secretary of FSBSI «Kursk FARC»,

Candidate of Biological Sciences,

N.V. Riazantseva, Senior Researcher,

Candidate of Agricultural Sciences.

Computer layout: **G.P. Glazunov**

Translated by **L.E. Tarasova**.

ISBN – 978-5-907167-83-4

© FSBSI «Kursk Federal Agricultural
Research Center», 2020

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

50 ЛЕТ ВНИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гостев А.В., Масютенко Н.П., Дубовик Д.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ» – ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,
г. Курск, Россия,
www.kurskfarc.ru

Согласно приказа МСХ СССР от 27 марта 1970 г. № 76 и решения Государственного комитета по науке и технике СССР от 17 февраля 1970 г. в г. Курске был организован Всесоюзный НИИ защиты почв от эрозии. Первым директором института стал доктор сельскохозяйственных наук Шикла Николай Кондратьевич (1970-1974). В первые годы основными задачами института были изучение закономерностей проявления эрозионных процессов, разработка теоретических основ по борьбе с водной и ветровой эрозией, зональных противоэрозионных мероприятий и комплексов.

В дальнейшее развитие института и создание его материально-технической базы большой вклад внес следующий его директор, доктор сельскохозяйственных наук, Герой Социалистического труда Ванин Дмитрий Ефимович. К концу 1978 года был построен институтский комплекс. Сотрудники института принимали активное участие в разработке методики обоснования мероприятий по защите почв от водной эрозии по зонам страны для Генеральной схемы использования земельных ресурсов на длительную перспективу. Впервые по земельным зонам страны с учетом крутизны склонов были определены площади эродированных почв по основным видам сельскохозяйственных угодий (пашня, пастбища, сенокосы и т.д.), установлен ущерб от эрозии, причиняемый народному хозяйству и обоснованы перспективные противоэрозионные приемы. Также были рассчитаны потребности в технике и материалах, затраты средств на защиту почв от водной эрозии и агроэкономическая эффективность их вложения. Коллективом ученых института совместно со специалистами Курского филиала проектного института ЦЧО «Гипрозем» разработана Генеральная схема защиты почв от эрозии на территории Курской области.

Впервые в стране была разработана методика проведения крупномасштабного научно-производственного эксперимента по комплексному изучению влияния эрозионных процессов и систем земледелия на изменение плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур, интенсивность стока воды, смыл почвы и вынос удобрений и гербицидов, регулирование запасов влаги в почве и общее состояние природной среды. В результате многолетних исследований, обобщения и анализа экспериментальных данных подготовлена методика проектирования противоэрозионных комплексов на расчетной основе. Методика широко применялась проектными институтами системы «Гипрозем» при составлении проектов внутрихозяйственного землеустройства

колхозов и совхозов и разработке почвозащитных систем земледелия в различных зонах страны. Разработана методика учета оврагов, определения интенсивности их роста и нового оврагообразования с помощью аэрокосмических съемок.

В это время в институте работали известные ученые доктора наук Г.П. Сурмач, А.Г. Рожков, Е.Н. Гаршинев, А.Т. Барабанов, И.П. Здоровцов и др.

С целью осуществления противоэрозионных работ в хозяйствах Курской области приказом МСХ РСФСР от 18.08.1976 г. №916 были созданы две специализированные ММС – Октябрьская и Суджанская, которые за 1977-1983 гг. выполнили следующие объемы работ: построено 753 водозадерживающих и водоотводящих валов протяженностью 77,7 км; сооружено напашных валов-террас на площади 245 га; проведено коренное улучшение естественных кормовых угодий на заовраженных землях на площади 431 га; выположено 35 крупных оврагов; построено и отремонтировано 20 прудов. В 1983-1990 гг. ежегодный объем выполненных работ станциями составлял по 800,0-920,0 тысяч рублей.

В 1981 году институт был преобразован во Всесоюзный (в 1992 году – во Всероссийский) НИИ земледелия и защиты почв от эрозии. И уже в 1982 году была разработана и опубликована система земледелия Курской области. Под методическим руководством ВНИИЗиЗПЭ разработаны проекты внутрихозяйственного землеустройства для всех хозяйств Курской области, внедрялись почвозащитные системы земледелия. Так, при непосредственном участии сотрудников института внедрение почвозащитной системы земледелия в колхозе «Красный Октябрь» Обоянского района позволило повысить урожайность культур в 1,5-2,0 раза и обеспечить защиту почв от эрозии.

В конце 80-х годов при институте были организованы научно-производственные системы (НПС) в двух районах области, занимающиеся освоением почвозащитных систем земледелия. В Мантуровском районе в рамках НПС были созданы системы лесных полос, скорректированы структура посевных площадей и севообороты, осваивались эффективные системы и способы обработки почвы, удобрений, защиты растений, мероприятия по улучшению природных кормовых угодий. После освоения почвозащитной системы земледелия в колхозе «Рассвет» Мантуровского района урожайность зерновых и зернобобовых возросла на 0,73 т/га.

С 1988 по 1997 годы институт возглавлял академик РАСХН, доктор биологических наук, профессор Щербаков Андрей Павлович. Под его руководством коллективом сотрудников института разработаны, опубликованы и апробированы «Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствования систем земледелия на ландшафтной основе», «Методические рекомендации по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском хозяйстве» и «Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе». На основе «Методики» институтом подготовлен проект землеустройства и система земледелия АОЗТ «Россия» Курской области, проекты землеустройства сельскохозяйственных

предприятий на ландшафтной основе для 9 хозяйств в 9 регионах РФ.

ВНИИЗиЗПЭ стоял у истоков ландшафтного земледелия в России. На основе полученного опыта институт разработал «Методику разработки систем земледелия на ландшафтной основе», при использовании которой Курским землеустроительным предприятием ЦЧО НИИ Гипрозем по заданию администрации Курской области подготовлены проект землеустройства и система земледелия для крестьянского (фермерского) хозяйства «Ландшафт» Солнцевского района. В 1997 году по данной Методике ЦЧО НИИ Гипрозем составил аналогичные проекты для 10 хозяйств Воронежской области.

Сотрудниками института по зонам страны в рамках Государственной научно-технической программы «Перспективные процессы производства сельскохозяйственной продукции» были сформированы модели управления плодородием почв и нормативный материал к ним на примере эталонных хозяйств. Важный вклад в развитие земледельческой науки внесли член-корреспондент В.М. Володин, доктора сельскохозяйственных наук Г.А. Чуян и И.Г. Пыхтин, кандидат сельскохозяйственных наук Г.И. Бахирев.

С 1997 по 2000 год ВНИИЗиЗПЭ возглавлял член-корреспондент РАСХН Володин Виктор Митрофанович. Под его руководством были разработаны концепция и методика биоэнергетической оценки плодородия почв и эффективности систем земледелия. Она позволяет прогнозировать состояние агроэкосистем и моделировать их режимы на расчетно-экологической основе.

За многолетнюю работу по исследованию, разработке и освоению систем земледелия на ландшафтной основе 4 сотрудника института в составе авторского коллектива в 2000 году удостоены Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники.

С 2000 года до 2017 года учреждением руководил член-корреспондент РАН, Лауреат государственной премии РФ в области науки и техники Черкасов Григорий Николаевич. В 2001-2015 гг. институт являлся ведущим научно-методическим центром, осуществлявшим теоретические и прикладные разработки по совершенствованию систем земледелия для Российской Федерации, координатором научных исследований по земледелию 41 НИУ. Основными направлениями исследований были:

- разработка научных основ формирования систем земледелия нового поколения на ландшафтной основе, обеспечивающих высокую продуктивность земельных угодий и экологическую устойчивость (безопасность) территории;
- разработка систем управления плодородием почв и получения экологически безопасной продукции в различных почвенно-климатических зонах России;
- изучение причин, масштабов и последствий эрозии почвенного покрова Российской Федерации, изыскание новых эффективных средств борьбы с ней;
- разработка энергосберегающих почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и технических средств для их осуществления;
- разработка теоретических принципов и технологических основ биологизации земледелия;

- разработка и совершенствование методов ведения научных исследований по вопросам земледелия и защиты почв от эрозии.

Коллективом института выполнены важные исследования и получены новые знания в разработке принципов и методов формирования оптимальной структуры агроландшафтов и специализации земледелия, научных основ формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для основных природно-сельскохозяйственных зон России, нормативной базы для разработки ресурсосберегающих технологий.

Решен ряд вопросов приоритетно-прикладного характера: установлены закономерности функционирования агроландшафтных территориальных структур различных уровней хозяйственной значимости, определены параметры допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта, проведена оценка противоэрозионной эффективности контурно-мелиоративной организации территории.

Разработаны и апробированы важные в практическом отношении методические документы, программы, модели и технологии: методика агроэкологической типизации земель и оценки их ресурсного потенциала; типовая информационно-справочная система для поддержки принятия управляющих решений на уровне хозяйства; модели управления деградационными процессами, обеспечивающие создание экологически сбалансированных агроландшафтов; малоэнергоёмкие технологии возделывания озимых и яровых зерновых культур; эффективные способы залужения почв разной степени эродированности; технология использования растительных остатков в качестве органических удобрений; модели автоматизированного проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия (агроэкологической оценки земель, структуры посевных площадей, севооборотов, способов обработки почвы, технологий возделывания озимых культур, средств механизации технологического процесса). Разработаны адаптивно-ландшафтные системы земледелия опытного поля института.

С 1992 года в институте работал диссертационный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций по специальностям «общее земледелие» и «почвоведение», «технологии и средства механизации сельского хозяйства» по сельскохозяйственным наукам. За 2010-2015 гг. по тематике института защищено 25 кандидатских и 8 докторских диссертаций, в том числе сотрудниками института – 2 докторские и 10 кандидатских диссертаций. Всего по материалам исследований института защищено 40 докторских и 85 кандидатских диссертаций.

В 2001-2010 гг. коллективом института подготовлены методические материалы (пособия, методики, нормативы) для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия: проектирования противоэрозионной организации территории в адаптивно-ландшафтных системах земледелия; оптимизации севооборотов и структуры использования пашни; проектирования систем удобрений в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья; проектирования систем борьбы с вредителями, болезнями растений и

сорняками в адаптивно-ландшафтных системах земледелия; проектирования системы машин для комплексной механизации агротехнологий. Разработаны модели адаптивно-ландшафтных систем земледелия для основных природно-сельскохозяйственных регионов страны.

Важнейшим направлением разработки и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия является формирование экологически сбалансированных агроландшафтов с более углубленной адаптацией антропогенных воздействий.

Важный вклад в развитие земледельческой науки на данном этапе внесли член-корреспондент РАН Г.Н. Черкасов, доктора наук А.С. Акименко, И.И. Гуреев, И.П. Здоровцов, Н.П. Масютенко, И.Г. Пыхтин, Ю.П. Сухановский, кандидаты наук Р.Ф. Еремина, В.В. Ермаков.

В 2011-2020 гг. сотрудниками ВНИИЗиЗПЭ усовершенствованы теоретические основы формирования экологически сбалансированных агроландшафтов разработаны системы оценки ресурсного потенциала, показателей оценки экологической емкости, оценки устойчивости агроландшафтов, оценки и нормирования антропогенной нагрузки. Для информационно-технологического обеспечения земледелия разработаны автоматизированные системы принятия решений по формированию научно обоснованных систем земледелия как в целом, так и отдельных базовых элементов, цифровые экспертные системы поддержки по автоматизированному проектированию системы машин в адаптивно-ландшафтном земледелии (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011611304), по выбору оптимальной технологии возделывания зерновых культур для условий Центрального Черноземья (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20133550929), оценки экологической сбалансированности агроландшафта и степени соответствия используемой в нем системы земледелия (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017663549), по автоматизированному проектированию структуры посевных площадей и системы севооборотов в адаптивно-ландшафтном земледелии ЦЧР.

Помимо этого, за последние 10 лет была произведена агроэкологическая оценка земель и научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области, подготовлены и внедрены адаптивно-ландшафтная система земледелия КФХ «Рассвет» Коньшевского района Курской области и адаптивно-ландшафтная система земледелия СПК «Русь» Советского района Курской области.

Также коллективом института подготовлены, опубликованы и рекомендуются к внедрению следующие научные разработки:

1. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области.
2. Усовершенствованные теоретические и практические основы формирования пространственно-дифференцированных технологий точного земледелия.

3. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур.
4. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы.
5. Регистр технологий возделывания 18 основных культур для Центрального Черноземья.

С ноября 2018 года Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии (ВНИИЗиЗПЭ) является структурным подразделением ФГБНУ "Курский ФАНЦ".

В настоящее время коллектив института занимается разработкой методологических основ получения зерна высокого качества при минимизации использования агротехнических, химических и технических ресурсов и соблюдении требований экологической безопасности для условий Центрально-Чернозёмного региона, совершенствования севооборотов и формирования их систем в лесостепной и степной зонах Европейской части России, наукоемких инновационных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием ресурсосберегающих способов обработки почвы и их комбинаций для устойчивого производства растениеводческой продукции, системе поддержки принятия решений по рациональному использованию природно-ресурсного потенциала в агроландшафтах ЦЧР. Сотрудники института разрабатывают методологию проектирования противоэрозионной организации территории. Особое внимание уделяется изучению влияния агробиотехнологий на содержание и состав органического вещества, структурное и биологическое состояние черноземных почв, урожайность сельскохозяйственных культур.

На данном этапе в выполнение НИР большой вклад внесли доктора наук О.Г. Чуян, Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик и кандидаты наук А.В. Гостев, И.В. Подлесных и другие.

Базой для проведения полевых экспериментов и производственной проверки результатов исследований является опытное поле института (Медвенский район Курской области). Здесь заложен многолетний полевой стационарный опыт по контурно-мелиоративному земледелию. На вариантах стационара с контурно-параллельным размещением рубежей практически прекращены процессы водной эрозии, урожайность сельскохозяйственных культур повысилась на 10-15%.

Кроме того, совершенствованию теоретических и методических принципов построения систем земледелия служит многофакторный стационарный полевой опыт, где используется метод моделирования взаимодействия элементов систем земледелия с целью выбора наиболее приемлемых их сочетаний. Многолетние экспериментальные данные многофакторного опыта создают предпосылки перехода к автоматизированному построению систем земледелия на расчетной основе. Институт имеет большой патентный фонд (свыше 40 тыс. ед.) и научную библиотеку с 58 тыс. книг и брошюр.

Институт осуществляет сотрудничество с научными учреждениями ближнего зарубежья, США и Германии на двухсторонней основе и в рамках международных проектов. В настоящее время институт наиболее тесно сотрудничает

с НИУ Молдовы, Беларуси, Казахстана, Узбекистана.

Основой успешного выполнения задач, поставленных перед институтом, является кадровый состав. В настоящее время в институте работают 124 человека, в том числе 10 докторов наук (2/3 от докторов наук, работающих в Центре) и 19 кандидатов наук (54% от кандидатов наук, работающих в Центре).

На счету сотрудников ВНИИЗиЗПЭ около 280 изобретений, более 100 медалей и дипломов, большое количество научно-методической и научной продукции, широко освоенной в разных регионах России и за ее пределами.

Институт ежегодно проводит международные научно-практические конференции, симпозиумы, посвященные актуальным проблемам земледелия, агропочвоведения, защиты почв от эрозии.

В планах дальнейшей работы института его поступательное развитие. Будут продолжены на новом, более высоком научном и методическом уровне фундаментальные и прикладные исследования, разработки в области земледелия и защиты почв от эрозии для перехода к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, обеспечивающие устойчивое производство заданного количества и качества сельскохозяйственной продукции, рациональное природопользование. Совершенствуется материально-техническая база института, обновляется лабораторное оборудование, усиливается кадровый состав за счет привлечения молодых перспективных сотрудников. Среди основных целей и задач института – повышение уровня научных исследований до мирового, обеспечение лидерских позиций в области земледелия и защиты почв от эрозии.

УДК 63:54+631.8

КРУГОВОРОТ И БАЛАНС ОРГАНИЧЕСКОГО АЗОТА В АГРОФИТОЦЕНОЗЕ

Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я.

ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва

E-mail: zavalin.52@mail.ru

Резюме. С использованием стабильного изотопа ^{15}N оценены потоки в агрофитоценозе. Повышение доли и дозы азота горчицы и азота гороха снижает его иммобилизацию в почве и его использование растениями ячменя. Ячмень лучше потребляет азот горчицы и азот гороха, и его меньше закрепляется в почв. За счет лучшего потребления азота гороха и азота почвы ячмень формировал максимальный урожай зерна с высоким содержанием сырого белка.

Ключевые слова: ^{15}N , фитомассы горчицы, фитомассы гороха, минерализация, иммобилизация.

Summary. The flows in agrophytocenosis were estimated using the stable ^{15}N isotope. Increasing the proportion and dose of mustard nitrogen and pea nitrogen reduces its immobilization in the soil and its use by barley plants. Barley consumes better mustard nitrogen and pea nitrogen, and it is less fixed in the soil. Due to the better consumption of pea nitrogen and soil nitrogen, barley formed the maximum yield of grain with a high content of raw protein.

Keywords: ^{15}N , phytomass, mineralization, immobilization.

Круговорот органического азота и углерода в агрофитоценозе взаимосвязан и обусловлен системой процессов трансформации и миграции [1, 2]. Ведущим звеном в трансформации органического азота в почве являются микроорганизмы. Качество органического вещества (удобрения) определяет интенсивность процессов минерализации – иммобилизации и доступность азота возделываемым растениям. Минеральный азот ускоряет минерализацию органического вещества и повышает накопление подвижного азота в почве [1, 3]. Фитомасса (органическое вещество) смешанных посевов разлагается в 1.4-1.5 раза быстрее по сравнению с биомассой озимой пшеницы [4,5]. Однако остаются неизвестными: минерализация азотсодержащих веществ, степень подвижности азота и его иммобилизация.

Цель исследований – сравнить минерализационно-иммобилизационные процессы различных источников органического азота и изучить влияние их соотношения на интенсивность процессов минерализации и иммобилизации азота в почве.

Для проведения исследований предварительно выращивали горчицу белую и горох посевной, под которые вносили мочевины с высоким обогащением ^{15}N (свыше 95 ат.%). В результате получили надземную биомассу (в период массового цветения) с исходным обогащением 39.2 и 43.9 ат.% соответственно (табл. 1). Исследования проводили в микрополевым опыте (размер делянки 0.5×0.5 м), повторность 4-х кратная, с ^{15}N – двукратная на дерново-подзолистой почве: гумус – 2.1%; рНКСl – 5.7; Нг – 1.18 мг-экв/100 г почвы; содержание обменных катионов Ca_{2+} – 5.5 и Mg_{2+} – 2.0 мг-экв/100 г почвы; общий N – 0.08%; подвижные P_2O_5 – 137 мг/кг и K_2O – 138 мг/кг почвы.

Таблица 1 – Характеристика биомассы (источника азота) различных культур

Источник азота	Общий N, %	Углерод, %	Отношение C:N	Обогащение, ат.% ^{15}N
^{15}N -горчица	2.9	39.6	14:1	39.2
^{14}N -горчица	2.2	39.6	18:1	–
^{15}N -горох	3.8	42.1	11:1	43.9
^{14}N -горох	4.5	39.9	9:1	–
Мочевина	46.0	20.0	0.4:1	19.3

Удобрения вносили из расчета 60 кг/га действующего вещества. Схемой опыта предусмотрено следующее соотношение азота в биомассе горчицы и гороха, % от полной дозы (60 кг N/га): 1. ^{15}N -горчица: ^{14}N -горох = 100:0; 2. ^{15}N -горчица: ^{14}N -горох = 75:25; 3. ^{15}N -горчица: ^{14}N -горох = 50:50; 4. ^{15}N -горчица: ^{14}N -горох = 25:75; 5. ^{14}N -горчица: ^{15}N -горох = 0:100; 6. ^{14}N -горчица: ^{15}N -горох = 25:75; 7. ^{14}N -горчица: ^{15}N -горох = 50:50; 8. ^{14}N -горчица: ^{15}N -горох = 75:25. Общий углерод в растительных образцах, общий азот и изотопный состав азота в растительных и почвенных образцах определяли на масс-спектрометре Delta V.

В круговороте азота агрофитоценоза участвует значительное количество органического азота, многие стороны которого остаются неизвестными и малоизученными [1, 6]. При поступлении биомассы горчицы и гороха в почву их

азот сразу же вовлекается во внутрипочвенный минерализационно-иммобилизационный цикл азота. Высвобождающийся азот накапливается в почве, поскольку потребляется микроорганизмами и растениями, подвергается иммобилизации и теряется в процессе нитрификации и денитрификации.

Потребление азота растениями зависело от вида источника азота, доз и соотношений удобрений (рис. 1, табл. 2). Ячмень использовал большее количество азота биомассы гороха по сравнению с биомассой горчицы. С повышением их дозы использование азота горчицы и азота гороха ячменем (в% от применяемой дозы) снижалось. В то же время потребление их азота ячменем (в г/м²) постоянно возрастало. При совместном внесении биомассы горчицы и гороха потребление их азота ячменем усиливалось. С повышением доз гороха потребление ячменем азота почвы усиливалось, тогда как с увеличением доз горчицы – снижалось. При совместном их внесении усиливались процессы минерализации азотсодержащих веществ почвы. Ведущим процессом в минерализации органического азота выступает аммонификация [4, 5]. Кроме минерального азота (NH₄⁺, NO₃⁻) растения потребляют низкомолекулярные органические соединения (аминокислоты), повышая эффективность использования азота. Наибольшее количество почвенного азота ячмень потреблял при внесении биомассы гороха, а при совместном внесении – при соотношении 25% биомассы горчицы и 75% биомассы гороха.

При внесении полной дозы биомассы горчицы преобладали процессы иммобилизации над процессами минерализации почвенного азота. При внесении полной дозы биомассы гороха процессы минерализации азота почвы достигали наибольшей величины. Под действием биомассы гороха (с более узким соотношением углерод: азот) усиливается разложение фитомассы горчицы и ее минерализация.

Таблица 2 – Потребление азота удобрения и азота почвы ячменем

Вариант	N удобрения, г/м ²			N почвы		Экстра-N		Общий вынос N, г/м ²
	¹⁵ N-горчица	¹⁵ N-горох	Общий N	г/м ²	% от выноса	г/м ²	%	
P ₆₀ K ₆₀	—	—	—	5.30	100	—	—	5.30
¹⁵ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	—	—	2.70	6.30	70	1.00	11	9.00
¹⁵ N-горчица: ¹⁵ N-горох=100:0	1.80	—	1.80	4.10	70	—	—	5.90
75:25	1.53	0.70	2.23	5.97	73	0.67	8	8.21
50:50	1.17	1.32	2.45	6.55	73	1.25	14	9.30
25:75	0.63	1.84	2.47	6.83	74	1.53	16	9.30
0:100	—	2.22	2.22	7.28	77	1.98	21	9.50

При внесении органических удобрений усиливаются процессы иммобилизации органического азота (54-59% против 33% от применяемой дозы) (табл. 3). При широком соотношении C:N активизируются иммобилизационные процессы в почве [7, 8].

Таблица 3 – Иммобилизация и газообразные потери азота горчицы и азота гороха

Вариант	¹⁵ N-горчица		¹⁵ N-горох		¹⁵ N-горчица и ¹⁵ N-горох	
	г/м ²	% от дозы	г/м ²	% от дозы	г/м ²	% от дозы
Иммобилизация						
NPK	1.98	33	—	—	—	—
¹⁵ N-горчица: ¹⁵ N-горох = 100:0	3.54	59	—	—	3.54	59
75:25	2.52	56	0.68	45	3.20	53
50:50	1.53	51	1.41	47	2.94	49
25:75	0.73	49	2.25	50	2.98	50
0:100	—	—	3.24	54	3.24	54
Потери						
NPK	1.32	22	—	—	—	—
100:0	0.66	11	—	—	0.66	11
75:25	0.45	10	0.10	6	0.55	9
50:50	0.30	9	0.27	9	0.57	10
25:75	0.14	9	0.40	9	0.54	9
0:100	—	—	0.54	9	0.54	9

Так, в 60-летнем эксперименте с двумя типами почв иммобилизация меченого ¹⁵N минерального азота существенно возрастала при внесении в почву остатков риса по сравнению с остатками сорго и сои [8]. При внесении в дерново-подзолистую почву биомассы растений, меченой ¹⁵N, процессы иммобилизации активнее проходили при разложении биомассы горчицы по сравнению с горохом. С повышением доз биомассы растений горчицы и гороха иммобилизация их азота возрастала. При изменении соотношения их биомасс иммобилизация усиливалась (например, при соотношении ¹⁵N-горчицы и ¹⁵N-гороха как 75:25). При более высокой обеспеченности доступным углеродом микроорганизмы поглощают больше аммония и аминокислот, и в почве накапливается больше иммобилизованного азота [2, 3, 8]. Одновременно могут иммобилизоваться микроорганизмы и нитраты. Внесение дополнительного количества углерода с органическими удобрениями снижало в 2-2.4 раза образование газообразных азотсодержащих соединений.

Наименьшее количество азота гороха (6%) терялось при внесении биомассы горчицы и гороха в соотношении 75:25. В остальных вариантах терялось примерно одинаковое количество азота органических удобрений (9-11% от применяемой дозы). Снижение потерь азота, по-видимому, связано с внесением доступных форм азота и углерода микроорганизмам с включением их в биомассу [2, 9, 10].

Изменение соотношения углерода к азоту (в фитомассе горчицы 14-18:1, в фитомассе гороха 9-11:1) определяет характер минерализационно-иммобилизационной трансформации азота и его доступность растениям и микроорганизмам. Поступление органических удобрений с широким соотношением C:N (горчица) не снижает минерализацию азота, а усиливает иммобилизацию и реиммобилизацию азота, что ведет к падению содержания минерального азота в

почве и к снижению урожая ячменя на 23%, по сравнению с полным минеральным удобрением (табл. 4).

Таблица 4 – Урожай зерна ячменя и его качество

Вариант	Урожай зерна, г/м ²	Прибавка		Сырой белок, %	
		г/м ²	%	содержание	прибавка
P ₆₀ K ₆₀	104	—	—	12.8	-
¹⁵ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	298	194	186	13.8	1.0
¹⁵ N-горчица: ¹⁵ N-горох = 100:0	229	125	120	12.5	-0.3
75:25	306	202	194	12.9	0.1
50:50	326	222	213	13.2	0.4
25:75	336	232	223	13.9	1.1
0:100	347	243	233	14.7	1.9
P, %	4.4				
HCP ₀₅	27				

Повышение доли и дозы биомассы гороха увеличивало урожай ячменя (на 16%) и содержание сырого белка в зерне (на 1.9%) по сравнению с NPK. Наибольший урожай зерна ячмень формировал при внесении полной дозы биомассы гороха. При этом в зерне накапливалось наибольшее количество сырого белка, тогда как при внесении полной дозы горчицы урожай зерна ячменя снижался на 23% по сравнению с той же дозой мочевины.

Таким образом, азот горчицы и гороха после внесения биомассы в почву сразу вовлекается во внутрипочвенный минерализационно-иммобилизационный цикл азота, интенсивность которого определяется дозами и соотношениями биомассы. С повышением доз использование их азота снижается у горчицы с 42 до 30%, у гороха с 47 до 37%. С повышением доли и дозы азота гороха в вносимой биомассе потребление азота почвы растениями ячменя возрастает. Иммобилизация азота биомассы горчицы и гороха снижается по мере повышения их доз с 54-59 до 45-49%. Минимальное количество азота удобрения (6% от дозы) теряется при соотношении ¹⁵N-горчица:¹⁵N-горох 75:25.

Библиографический список

1. Завалин А.А., Соколов О.А. Поток азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. М., ВНИИА, 2016, 591 с.
2. Semenov A.M., Khvatov I.L., Olenin A.V. Determination of the Number of Ammonification Bacteria and Activity of the Ammonification Process in Soils and their Relevance for the Development of the of Soil Health Parameter. Current Investigations in Agriculture and Current Research. 2019, v. 6 (2), p. 715-722.
3. Семенов В.М., Когут Б.М., Зинякова Н.Б., Масютенко Н.П., Малюкова Л.С., Лебедева Т.Н., Тулина А.С. Биологически активное органическое вещество в почвах европейской части России. Почвоведение, 2018, №4, с. 457-472.
4. Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота. Агрохимия, 2016, №6, с. 3-8.
5. Дедов А.В., Несмеянова М.А., Хрюкин Н.Н. Влияние приемов биологизации на скорость разложения растительных остатков и продуктивность севооборотов. Плодородие, 2017, №4, с. 52-54.
6. Denk T.R.A., Butterbach-Bahl K., Kiese R., Wolf B., Harris E., Decock C., Lewicka-

Szczebak D. The nitrogen cycle: a review of isotope effects and isotope modeling approaches. Soil Biology and Biochemistry, 2017, vol. 105, p.121-137.

7. Smith C.I., Chalk P.M. The residual value of fertilizers N in crop sequences: An appraisal of 60 years of research using ^{15}N tracer. Field Crops Research. 2018, vol. 2017, p. 66-74.

8. Pollet C.S., Silva L.S., Chaves B., Neto L.R., Dossin M.F., Giacomini S.J., Filho A.C. Influence of summer crop residues on ^{15}N present in organic matter fractions under two lowland soils. Soil Science, 2019, vol. 49:04, e. 20180747.

9. Семенов В.М., Лебедева Т.Н. Проблема углерода в устойчивом земледелии: агрохимические аспекты. Агрохимия, 2015, №11, с. 3-12.

10. Braun J., Mooshammer M., Wanek W., Prommer J., Walker T.W.N., Rütting T., Richter A. Full ^{15}N tracer accounting to revisit major assumptions of ^{15}N isotope pool dilution approaches for gross nitrogen mineralization. Soil Biol. Biochem., 2018, vol. 117, p. 16-26.

УДК 633.5

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ В СИСТЕМЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Милащенко Н.З., Трушкин С.В.

ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова», г. Москва

E-mail: agroexpertiza@mail.ru.

Резюме. Увеличение производства продовольственной пшеницы в стране связано прежде всего с созданием сортов с соответствующим потенциалом продуктивных показателей, разработку и внедрение интенсивных технологий, способных реализовать этот потенциал в системе ландшафтного земледелия. **Summary.** The increase in food wheat production in the country is primarily due to the creation of varieties with the corresponding potential for productive indicators, the development and implementation of intensive technologies that can realize this potential in the system of landscape agriculture.

В соответствии с Долгосрочной стратегией развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года по оптимистическому сценарию развития предусматривается значительный рост валового производства зерна [1]. Важным средством достижения этой цели является увеличение урожайности пшеницы для обеспечения продовольственной безопасности страны и роста экспорта зерна и продуктов его переработки. При этом особое значение будет иметь повышение качества продовольственного зерна, которое в последние годы имеет тенденцию к снижению. В опубликованном в 2018 г. научном издании «Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы» подведены итоги исследований по данному вопросу и определены основные пути дальнейшего развития производства качественной пшеницы в РФ [2].

Важной проблемой при решении этой задачи является недостаточное обеспечение производства сортами, способными формировать зерно планируемого качества. В настоящее время среди районированных сортов озимой пшеницы способны формировать качественное продовольственное зерно 68%, среди сортов яровой пшеницы – 62% [3]. В то же время у российских селекционеров имеются образцы новых сортов, способных обеспечивать урожайность зерна пшеницы до 120-130 центнеров с гектара, процент белка 14,7-14,8 [4]. К

сожалению, имеются недостатки, которые сдерживают внедрение новых сортов. Это относится прежде всего к организации семеноводства.

Очевидно, что селекционный процесс должен стать более ориентированным на качество зерна, а семеноводство новых сортов должно обеспечивать ускоренное внедрение их в производство.

Важным условием успешного решения проблемы увеличения производства зерна пшеницы является наличие зональных интенсивных технологий возделывания культуры, обеспечивающих реализацию генетического потенциала новых сортов за счет более эффективного использования местных почвенно-климатических ресурсов и средств интенсификации земледелия (удобрений, мелиорантов, биопрепаратов и средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков) при гарантированной экологической безопасности. Этого можно достичь при использовании технологий, в которых все элементы исполняются с оптимальными показателями, рекомендованными наукой. Такие технологии следует считать базовыми для зоны [2]. В условиях производства при исполнении элементов технологии имеют место отклонения от оптимальных показателей. Это приводит к значительным потерям урожая.

В специальных исследованиях Географической сети научных учреждений в 11 субъектах Российской Федерации (Ставропольский край, Республика Адыгея, Ростовская, Белгородская, Курская, Воронежская, Тамбовская область, Рязанская, Омская и Новосибирская области) дана оценка этих потерь, которая составляет до 60% по видам технологических операций [5].

Серьезной причиной, сдерживающей реализацию генетического потенциала сортов, является несбалансированное питание. Несоответствие норм внесения различных видов удобрений с реальной потребностью возделываемых культур отрицательно сказывается на уровне урожая и качестве зерна.

В России в среднем применяется 45-47 кг/га минеральных удобрений по д. в., тогда как аналогичный показатель в странах с развитым сельским хозяйством в Европе – 160-250 кг/га [6]. При этом окупаемость удобрений зерном в настоящее время составляет около 4 кг зерна на 1 кг д. в. внесенных в почву удобрений. В зарубежных странах, где широко используются технологии с оптимальным насыщением их средствами интенсификации, этот показатель составляет около 9 кг зерна на 1 кг д. в. удобрений [6].

При таком положении программа по повышению плодородия почв в России фактически не функционирует. Согласно оптимистическому сценарию развития АПК, предполагается интенсивное воспроизводство плодородия почв для того, чтобы эффективно применять современные технологии возделывания пшеницы. Такие технологии позволяют уже сегодня иметь среднюю урожайность озимой пшеницы в условиях Краснодарского края 8 т/га. В Черноземной зоне – 5-6 т/га, в Нечерноземье 6 т/га, а в областях Среднего Поволжья 4,5 т/г. В условиях юга Западной Сибири по чистому пару можно получать, в среднем, 3,5 т/га высококачественного зерна яровой пшеницы.

При этом экологическую безопасность можно гарантировать за счет оп-

тимизации доз органических и минеральных удобрений, биоудобрений, максимального для природной зоны насыщения севооборота зернобобовыми и многолетними бобовыми травами, способными повышать урожай за счет улучшения обеспеченности культур в севообороте азотом.

Особенно высоки требования к организации комплекса работ при производстве зерна пшеницы высокого качества. В этом случае технология возделывания дополняется контролем за оптимизацией питания растений путем растительной диагностики в период вегетации культуры и проведением работ по подкормке растений азотом и другими элементами питания для формирования зерна планируемого качества. Успехов в интенсификации технологий производства зерна пшеницы возможно достичь только при комплексном взаимодействии сельскохозяйственных товаропроизводителей с наукой при поддержке органов управления сельским хозяйством. При этом особая роль и ответственность ложится на агрохимслужбу.

Решение этого вопроса возможно только при привязке базовых агротехнологий к условиям каждого хозяйства с учетом его почвенно-климатических условий и экономических возможностей. В этой работе должны принимать участие, кроме руководителей и специалистов хозяйства, сотрудники агрохимслужбы и ученые-эксперты. В результате в хозяйстве должно появиться описание технологии производства зерна. Этот документ должен обеспечивать доступ к льготным целевым кредитам с государственной поддержкой на освоение интенсивных технологий, а также стать предметом технологического контроля. При этом появляется возможность для решения проблемы обеспечения технологии удобрениями и другими средствами интенсификации – затраты на их использование могут включаться в состав льготного целевого кредита, что обеспечивает их своевременную поставку и применение в хозяйстве. Увеличение объемов поставки удобрений для нужд сельского хозяйства потребует возрождения инфраструктуры для перевозки, хранения и технических средств для их внесения.

Система увеличения производства качественного зерна пшеницы эффективно может работать только при наличии соответствующего экономического механизма повышения заинтересованности участников аграрного бизнеса.

Высокая зависимость урожайности пшеницы от природно-климатических факторов требует освоения надежной системы страховой защиты урожая и качества зерна от гидрометеорологических рисков.

Чтобы повысить эффективность этой системы необходимо разработать нормативную базу для оценки технологических рисков, что позволит оперативно подразделять причины снижения урожая на гидрометеорологические и технологические. Опыт разработки такой базы имеется [5].

Таким образом, увеличение производства высококачественного зерна пшеницы в стране возможно только при соответствующем комплексном научном обеспечении. Этому благоприятствует создание региональных научных и научно-учебных центров.

Система научного обеспечения производства зерна пшеницы может

успешно функционировать только при наличии ее финансирования.

Библиографический список

1. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса России до 2035 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 10.08.2019. № 1796-р. Официальный портал Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/> (дата обращения: 15.10.2019).
2. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 396 с.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 516 с.
4. Губарев В. Академик Баграт Исменович Сандухадзе: вкус зимнего хлеба (беседу вел Владимир Губарев) // Идеи и новации. 2019. – Т. 7. – № 1. – С. 91-103.
5. Технологические риски снижения урожая зерновых культур при страховой защите с государственной поддержкой / под. ред. Н.З. Милащенко, В. В. Щербакова. М.: ООО Группа Компаний Агрия, 2016. – 348 С.
6. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. Москва: РАН, 2019. – 325 с.

УДК 631.51: 633.358 (470.32)

МИНИМАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА ГОРОХ – ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧР

Турусов В.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А.

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева,

п/о Институт им. Докучаева, Таловский р-н, Воронежская обл.,

397463, Российская Федерация

E-mail: niish1c@mail.ru

Резюме. В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР при снижении интенсивности и глубины обработки почвы, при мелкой безотвальной, поверхностной и нулевой обработках выявлена тенденция ухудшения нитратного режима, что привело к снижению урожайности гороха. Озимая пшеница в силу своих биологических особенностей мало реагирует на приемы обработки почвы. На варианте прямого сева во все годы исследований было отмечено существенное снижение урожайности обеих культур. В среднем за три года оно составило при выращивании гороха – 0,64 т/га (30,6%), на фоне с применением удобрений – 1,0 т/га (42,2%), при выращивании озимой пшеницы на не удобренном фоне – 0,81 т/га (19,2%), на удобренном – 1,09 (22,1%). Наилучшие условия для формирования качественного зерна гороха и озимой пшеницы складывались при системе отвальной обработки почвы в севообороте и непосредственно под озимую пшеницу дискатором на глубину 6-8 см и прямым посеве, но при прямом посеве со значительным снижением урожайности культур.

Summary. In the soil-climatic conditions of South-East CChR in reducing the intensity and depth of tillage, with shallow subsurface, surface, and zero treatments revealed the trend of deterioration of the nitrate regime, which led to lower yields of peas. Winter wheat, due to its biological characteristics, does not react much to the methods of tillage. In the direct sowing variant, a significant decrease in the yield of both crops was observed in all the years of research. On average for three years, it was 0.64 t/ha (30.6%) when growing peas, 1.0 t/ha (42.2%) when growing winter wheat on a non – fertilized background – 0.81 t/ha (19.2%), on a fertilized background – 1.09 (22.1%).

The best conditions for the formation of high-quality grain of peas and winter wheat were formed when the system of dump tillage in the crop rotation and directly under the winter wheat discator to a depth of 6-8 cm, and direct seeding, but with direct seeding with a significant decrease in crop yield.

Ключевые слова: горох, озимая пшеница, обработка почвы, прямой сев, чернозем, пищевой режим, урожайность, качество зерна.

Keywords: peas, winter wheat, tillage, direct sowing, chernozem, food regime, yield, grain quality.

В последние годы одним из направлений в земледелии региона в теории и практике обработки почвы является минимализация. Эффективность минимализации обработки почвы подтверждается результатами исследований, проведенных в разных зонах страны [1,2,3]. Однако, несмотря на многочисленные исследования по обработке почвы, проводимые в регионе, проблемы сохранения плодородия почв, ресурсосбережения и адаптивности различных систем обработки почвы к конкретным условиям остаются недостаточно изученными и дискуссионными [4,5,6].

Результаты исследований и практика показывают, что, как высокая интенсивность, так и чрезмерная минимализация обработки почвы в севообороте приводят к ухудшению агрофизических свойств почвы, влагообеспеченности посевов, снижают уровень минерального питания и в целом плодородия почвы и продуктивности культур [4,7,8,9,10].

Исследования проводили с целью разработки менее затратных приемов обработки почвы, обеспечивающих стабильно высокую урожайность культур с высоким качеством продукции и сохранение почвенного плодородия.

Условия, материалы и методы. Объектом исследований был чернозем обыкновенный среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый, с благоприятными физико-химическими и агрохимическими показателями.

Схема стационарного опыта по обработке почвы включала следующие варианты: отвальная обработка на глубину 20-22 см (вспашка на 20-22 см под горох, дисковая на 6-8 см под озимую пшеницу) – контроль; глубокая отвальная (вспашка на 25-27 см под горох и дисковая на 6-8 см под озимую пшеницу); мелкая отвальная (вспашка на 14-16 см под горох и дисковая на 6-8 см под озимую пшеницу); мелкая безотвальная (безотвальная обработка на 14-16 см под горох и КПЭ-3,8 на 6-8 см под озимую пшеницу); комбинированная отвально-безотвальная в севообороте (вспашка на 20-22 см под горох и КПЭ-3,8 на 6-8 см под озимую пшеницу) – отвальная разноглубинная система обработки почвы в севообороте (вспашка на 20-22 см под горох и дисковая на 6-8 см под озимую пшеницу); безотвальная разноглубинная система обработки почвы в севообороте (безотвальная на 20-22 см под горох и КПЭ-3,8 на 6-8 см под озимую пшеницу); минимальная система обработки почвы в севообороте (безотвальная на 6-8 см КПЭ-3,8 под обе культуры); нулевая обработка почвы по технологии No-till (под обе культуры); залежь.

Системы обработки почвы изучали на удобренном и неудобренном фонах. Норма внесения удобрений NPK по 60 кг/га под все культуры севооборота.

Гербициды применяли фоном на всех культурах севооборота. В системы обработки почвы во всех вариантах кроме прямого посева (без обработки), наряду с основной обработкой входили приемы допосевной и послепосевной обработок, рекомендованные в зоне. В вариантах с нулевой обработкой после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР с нормой внесения 2,5 л/га.

Приемы и системы обработки почвы изучали в зернопропашном севообороте с чередованием культур: горох – озимая пшеница (позднорослый посев горчицы) – кукуруза на зерно – ячмень – однолетние травы – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень. Стационар заложен тремя полями севооборота. В опыте высевали горох Дударь (норма 1,2 млн всхожих зерен на 1 га), озимую пшеницу Черноземка 115 (5,0 млн всхожих зерен на 1 га). Наблюдения, анализы и учет проводили согласно действующим методикам, принятым в полевых и лабораторных исследованиях по земледелию [11,12,13]. Исследования по каждой культуре осуществляли в течение 3 лет.

В статье проанализированы результаты исследований, выполненных в звене севооборота горох – озимая пшеница.

Агрометеорологические условия в годы исследований были контрастными в течение вегетации, а в среднем за вегетационный период в основном близкими к типичным для юго-востока ЦЧЗ. В 2014 г. на фоне хороших весенних запасов влаги ГТК в мае составил – 0,99, в июне – 2,48, в июле – 0,06, в августе – 0,74. Вегетационный период 2015 г. был влажным и теплым (ГТК в мае – 1,1, в июне – 2,6, в июле – 1,2), в 2016 г. – засушливым во второй половине вегетации (ГТК за май – 1,2, за июнь – 1,4, в июле – 0,3), что негативно сказалось на наливе зерна. Весьма благоприятным по температурному режиму и влагообеспеченности для озимой пшеницы был 2017 г. (ГТК в мае – 1,5, в июне – 1,1, в июле – 0,9), что положительно отразилось на урожайности культуры.

Исследованиями по изучению питательного режима чернозема обыкновенного при различных способах обработки почвы под горох установлено, что наибольшая концентрация нитратного азота в почве достигается при вспашке на глубину 20-22 см. В этом варианте его содержание в течение вегетационного периода в слое 0-40 см находилось в пределах от 15,8 мг/кг абс. сухой почвы в начале вегетационного периода до 12,2 мг/кг абс. сухой почвы в конце вегетации, при средневегетационном содержании – 11,0 мг/кг абс. сухой почвы (табл. 1).

Увеличение глубины отвальной обработки почвы до 25-27 см, так же, как и уменьшение до 14-16 см, снижало средневегетационное содержание нитратного азота в почве примерно на 1,0 мг/кг абс. сухой почвы, или на 9,1 и 8,2% соответственно.

Мелкая безотвальная, поверхностная и нулевая обработки также вызывали сокращение средневегетационного содержания нитратного азота в 0-40 см слое почвы на 10,0, 11,8 и 2,7%, что обусловлено сосредоточением основной массы свежего органического вещества растительных остатков в этих

вариантах в верхнем слое почвы, часто с дефицитом влаги для благоприятного развития микробиологических процессов и отсутствием поступления их в более глубокие и лучше увлажненные слои.

Таблица 1 – Содержание элементов минерального питания в слое почвы 0-40 см под горохом при различных способах основной обработки почвы в среднем за вегетационный период (2014-2016 гг.)

Показа- тель	Обработка почвы и глубина					
	отвальная			безотваль- ная на 14-16 см	поверх- ностная на 6-8 см	нулевая
	на 20-22 см	на 25-27 см	на 14-16 см			
без применения удобрений						
NO ₃ *	11,0	10,0	10,1	9,9	9,7	10,7
P ₂ O ₅ **	11,3	12,0	10,8	12,2	11,2	11,9
K ₂ O**	8,1	7,3	7,3	7,1	6,9	7,9
на фоне N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀						
NO ₃	12,9	12,6	13,0	11,5	11,7	10,3
P ₂ O ₅	13,0	11,8	12,1	12,3	13,4	11,8
K ₂ O	9,4	8,2	8,8	9,0	9,4	8,3

* мг/кг абсолютно сухой почвы, **мг/100 г абсолютно сухой почвы

Минимальные различия в средневегетационном содержании нитратного азота в слое почвы 0-40 см при нулевой обработке и вспашке связаны с незначительной густотой растений гороха в варианте с нулевой обработкой.

Применение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ увеличивало содержание нитратного азота в слое 0-40 см независимо от обработки на 1,8 мг/кг абс. сухой почвы. При этом максимальная в опыте величина этого показателя на фоне с применением удобрений отмечена при вспашке на глубину 14-16 см и 20-22 см, когда вносимые гранулы удобрений смешиваются с обрабатываемым слоем и равномерно распределяются в нем – 13,0 и 12,9 мг/кг абс. сухой почвы соответственно.

Наименьшее (на 1,2-0,5 мг/кг абс. сухой почвы) снижение обеспеченности чернозема обыкновенного нитратным азотом по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см как по срокам определения, так и в среднем за вегетационный период (0,9 мг/кг абс. сухой почвы) отмечено при мелкой отвальной обработке на глубину 14-16 см.

Мелкая безотвальная, поверхностная и нулевая обработки вызывали проявление устойчивой тенденции снижения содержания нитратного азота.

Определение обеспеченности подвижным фосфором и калием в течение вегетационного периода при краткосрочном применении различных приемов основной обработки почвы показало отсутствие существенных и закономерных различий, как по срокам определения, так и в среднем за вегетационный период.

Различные системы обработки почвы в севообороте не оказывали существенного влияния на средневегетационное содержание нитратного азота в

почве под озимой пшеницей (табл. 2). В слое 0-20 см при отвальной и безотвальной системах на естественном фоне плодородия оно составляло 6,4 мг/кг, при улучшении условий минерального питания – 7,0 мг/кг почвы. Использование поверхностной и нулевой систем обработки приводило к снижению обеспеченности почвы нитратными формами азота без внесения удобрений на 1,0 и 0,1 мг/кг почвы, или на 15,6 и 1,6% соответственно при их использовании – на 0,8 и 0,4 мг/кг почвы, или на 11,4 и 5,7%, по сравнению с контрольным вариантом.

Средневегетационное содержание подвижного фосфора в слое 0-20 см на фоне естественного плодородия почвы было несколько выше при поверхностной и нулевой обработках почвы на 1,5 и 2,8 мг/100 г абс. сухой почвы, или на 11,3% и 26,3% и составляло 14,8 и 16,1 мг/100 г сухой почвы соответственно, при величине этого показателя в контроле – 13,3 мг/100 г почвы. Аналогичная закономерность прослеживалась и при использовании удобрений.

Таблица 2 – Пищевой режим в слое 0-20 см под посевами озимой пшеницы при различных приемах основной обработки почвы в среднем за вегетационный период (среднее за 2015-2017 гг.)

Фон удобренности	Отвальная (под пшеницу дисковая на 6-8 см, контроль)	Безотвальная (под пшеницу КПЭ-3,8 на 6-8 см)	Поверхностная (под пшеницу КПЭ-3,8 на 6-8 см)	Нулевая
NO₃, мг/кг почвы				
Без удобрений	6,4	6,4	5,4	6,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,0	7,0	6,2	6,6
P₂O₅, мг/100 г почвы				
Без удобрений	13,3	14,4	14,8	16,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	15,9	16,7	16,0	17,9
K₂O, мг/100 г почвы				
Без удобрений	8,5	8,8	7,9	8,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,1	9,9	7,9	8,3

Содержание подвижного калия в почве также имело тенденцию к снижению при минимализации обработки почвы, наименьшая величина этого показателя отмечена на фоне естественного плодородия при поверхностной системе обработки. При использовании удобрений максимальное в опыте содержание K₂O наблюдали при отвальной системе обработки почвы – 11,1 мг/100 г почвы. Поверхностная и нулевая обработки приводили к снижению содержания обменного калия в черноземе обыкновенном под озимой пшеницей на 3,2 и 2,8 мг/100 г почвы, или на 28,8 и 25,2%, по сравнению с контролем.

В среднем за 3 года исследований наибольшая урожайность гороха, независимо от фона удобренности (главный эффект), отмечена по отвальной обработке почвы (вспашка на глубину 14-16 – 25-27 см) и составила 2,17-2,26 т/га (табл. 3). Мелкая безотвальная и поверхностная обработка почвы под горох приводит к снижению сбора семян культуры на 0,24-0,33 т/га (НСР₀₅=0,22). Минимальная в опыте урожайность гороха установлена по нулевой обработке почвы – 1,41 т/га независимо от фона удобренности.

Таблица 3 – Урожайность и качество зерна гороха (2014-2016 гг.) и озимой пшеницы (2015-2017 гг.) при различных приемах и системах основной обработки почвы в севообороте

Система обработки и глубина (фактор А)		Фон*	Горох		Озимая пшеница	
			урожай- ность, т/га	бе- лок, %	урожай- ность, т/га	бе- лок, %
Отвальная на 20-22 см, под озимую дисковая на 6-8 см (контроль)		а	2,09	22,4	4,21	13,5
		б	2,37	22,5	4,92	14,7
Отвальная на 25-27 см, под озимую дисковая на 6-8 см		а	2,15	21,7	4,48	13,3
		б	2,37	22,3	5,09	14,6
Отвальная на 14-16 см, под озимую дисковая на 6-8 см		а	2,12	21,9	4,34	13,2
		б	2,22	22,9	4,90	14,5
Безотвальная на 14-16 см, под озимую КПЭ-3,8 на 6-8 см		а	1,88	21,8	4,26	12,8
		б	2,10	22,0	5,34	13,6
Комбинированная в севообороте, под озимую КПЭ-3,8 на 6-8 см		а	1,99	22,1	4,47	13,6
		б	2,25	22,3	5,06	14,2
Отвальная разноглубинная в севообо- роте, под озимую дисковая на 6-8 см		а	2,12	22,2	4,48	12,6
		б	2,29	22,1	5,06	13,8
Безотвальная разноглубинная, под ози- мую КПЭ-3,8 на 6-8 см		а	1,87	22,2	4,34	12,8
		б	1,94	22,5	5,10	13,6
Поверхностная на 6-8 см, под озимую КПЭ-3,8 на 6-8 см.		а	1,88	22,4	4,36	13,0
		б	2,02	22,9	5,32	14,7
Нулевая		а	1,45	22,0	3,40	13,5
		б	1,37	22,8	3,83	15,6
НСР ₀₅ Обработка	частный эффект		0,31	1,0	0,40	1,0
	главный эффект		0,22	0,7	0,28	0,7
НСР ₀₅ Удобрение	частный эффект		0,21	1,4	0,78	0,9
	главный эффект		0,07	0,5	0,26	0,3

*а – без удобрений; б – N₆₀P₆₀K₆₀

Уменьшение глубины обработки почвы в отвальной системе (вспашка на глубину 14-16 см) приводило к наименьшему снижению урожайности гороха – на 0,06 т/га независимо от фона удобренности по сравнению с контролем.

Наибольшая прибавка от применения минеральных удобрений под горох отмечена по вспашке на глубину 20-22 см – 0,28 т/га. Безотвальная, поверхностная и нулевая обработки почвы приводили к снижению эффективности использования минеральных удобрений: увеличение урожайности гороха, по сравнению с неудобренным фоном составило 0,08-0,22 т/га.

Углубление пахотного слоя до 25-27 см, как и уменьшение глубины обработки до 14-16 см, также несколько снижало эффективность применения минеральных удобрений. Прибавка урожайности гороха в этих вариантах составила 0,22 и 0,10 т/га.

Качественные показатели зерна гороха мало различались по изучаемым обработкам почвы. Содержание белка в зерне гороха на неудобренном фоне находилось в пределах – 22,4-21,7% на фоне с применением удобрений – 22,9-

22,0%. Наибольшее содержание белка в зерне гороха на неудобренном фоне отмечено при вспашке на глубину 20-22 см и поверхностной обработке – 22,4%. На удобренном фоне при мелкой отвальной обработке на глубину 14-16 см и поверхностной обработке на 6-8 см – 22,9%. Наименьшее – при глубокой вспашке и безотвальной мелкой обработке почвы – 21,7 и 21,8% на фоне без удобрений.

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ наибольшая урожайность гороха и эффективность применяемых удобрений отмечена при вспашке на глубину от 14-16 см до 25-27 см. Когда при основной обработке гранулы минеральных удобрений заделываются в почву и равномерно распределяются в толще обрабатываемого слоя.

Безотвальные приемы, поверхностная и нулевая обработки почвы, обеспечивающие поверхностное сосредоточение используемых минеральных удобрений, снижают эффективность их применения.

Во влажные годы эффективность минеральных удобрений мало изменяется в зависимости от способа обработки почвы.

Различные приемы поверхностной обработки в разных системах обработки почвы в севообороте значительного влияния не оказали на урожайность озимой пшеницы, но повлияли на качество зерна. Сбор зерна культуры на фоне без удобрений находился в пределах 4,21-4,48 т/га при $НСР_{05} = 0,40$ т/га, на фоне с применением удобрений под основную обработку – 4,90-5,34 т/га при $НСР_{05} = 0,78$ т/га (табл. 3). Только использование нулевой обработки почвы привело к существенному снижению урожайности пшеницы, где урожайность пшеницы составила на неудобренном фоне – 3,40, на фоне с применением удобрений – 3,83 т/га по сравнению с контрольным вариантом – дисковой обработкой на глубину 6-8 см в системе отвальной обработки на глубину 20-22 см при урожайности 4,21 и 4,92 соответственно.

Наибольшее содержание белка и клейковины установлено в зерне, выращенном при отвальной системе и нулевой обработке почвы, в последнем случае при существенном снижении урожайности пшеницы. Кроме того, в этих же вариантах отмечены хорошие показатели индекса деформации клейковины.

При безотвальной и поверхностной системах обработки почвы в севообороте, а непосредственно под озимую пшеницу КПЭ-3,8 на глубину 6-8 см, содержание белка и клейковины в зерне было ниже, чем в контрольном варианте (13,5 и 26,3% соответственно): белка – на 0,7 и 0,5%, клейковины – на 2,5 и 1,4%.

Статистической обработкой установлена прямая тесная корреляционная связь между урожайностью озимой пшеницы и содержанием нитратного азота в слое почвы 0-10 см в период кущения $r = +0,92$, что указывает на важность весенней подкормки, обратная связь между содержанием нитратного азота в слое 0-40 см ($r = -0,76$) в период колошения, в слоях 0-20 см ($r = -0,55$) и 0-10 см ($r = -0,85$) в период созревания.

Содержание белка в зерне озимой пшеницы имело прямую связь с содержанием нитратного азота в слое почвы 0-10 см в период созревания и обратную

корреляционную зависимость с содержанием нитратного азота в слое 0-20 см в период колошения $r = -0,46$, что свидетельствует о важности поддержания нитратного режима почвы для получения качественного зерна.

Применение удобрений несколько уменьшало различия в урожайности, содержании белка и клейковины в зерне пшеницы, выращенном при разных приемах обработки почвы, но установленная закономерность по качеству зерна на фоне без удобрений сохранялась.

Озимая пшеница в силу своих биологических особенностей мало реагирует на приемы обработки почвы. В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ лучшие результаты при выращивании озимой пшеницы по непаровым предшественникам в звене зернопропашного севооборота «горох – озимая пшеница» обеспечивает отвальная система обработки почвы в севообороте с применением непосредственно под культуру дисковой обработки на глубину 6-8 см. На фоне применения удобрений приемы обработки почвы оказывают меньшее влияние на продуктивность озимой пшеницы.

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ в полевых севооборотах обработка почвы должна быть дифференцированной и строиться с учетом ландшафтных условий и агроэкологических требований культур, под которые она проводится. В звене севооборота «горох – озимая пшеница» под горох вспашка на глубину 20-22 см или 14-16 см, под озимую пшеницу после гороха дисковая обработка на глубину 6-8 см.

Библиографический список

1. Колпаков П.П. Минимальная обработка почвы. – М.: Колос, 1981. – 240 с.
2. Исайкин И.И. Опыт освоения адаптивной системы обработки почвы в Мордовии // Земледелие. – 2003. – № 7. – С. 10-11.
3. Воронцов В.А. Концепция технологии основной обработки черноземных почв на основе энерго- и ресурсосберегающих приемов в северо-восточном регионе Центрального Черноземья; ФАНО, ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» – Тамбов: Принт-Сервис, 2018. – 74 с.
4. Боронтов О.К. Эффективность основной обработки почвы под сахарную свеклу в ЦЧЗ / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, М.Н. Елфимов и др. // Земледелие. – 2013. – №4. – С. 20-23.
5. Трофимова Т.А. Обработка черноземов: анализ и перспективы развития. / Т.А. Трофимова. – Германия: LAPLAMBERT, 2014. – 311 с.
6. Котлярова Е.Г., Лубенцов С.М. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания гороха на зерно // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 34-35.
7. Гармашов В.М. Эффективность средств интенсификации при различных способах основной обработки почвы / В.М. Гармашов // Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты. Сборник трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 31 мая 2014 года Часть 9. Тамбов. – 2014. – С. 27-29.
8. Loss and Recovery of Soil Organic Carbon and Nitrogen in a Semiarid Agroecosystem / J.B. Notron, J. Eusebleus, M. Notron, U. Notron // Soil Organic Society of America Journal. – 2012. – № 76 (2). – P 505-514.
9. Витер А.Ф., Турусов В.И., Гармашов В.М., Гаврилова С.А. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия. – Воронеж: Истоки. – 2011. – 208 с.
10. Черкасов Г.Н., Дубовик Е.В., Дубовик Д.В., Казанцев С.И. Плодородие чернозема типичного при минимализации основной обработки // Земледелие. – 2012. – 4. – С.23-25.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Изд. 5-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

12. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию / Изд. 2-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
13. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

УДК 631.6.02

ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ МОЛДОВЫ И ИХ МЕНЕДЖМЕНТ

Попов Л.Г.

НИИ Почвоведения, Агрохимии и Охраны Почв «Николае Димо», Кишинёв
E-mail: leonidpopov944@gmail.com

Резюме. Эрозия почв в Республике Молдова - одна из главных причин деградации земельных ресурсов. Рельеф, климат и другие природные факторы благоприятно влияют на эрозионные процессы.

Summary. Soil erosion in the Republic of Moldova is one of the main causes of soil degradation. Relief, climate and other natural factors favorably affect erosion processes.

Мониторинг почвенных ресурсов в настоящее время приобретает большую актуальность, чем когда-либо. Этой тенденции способствует необходимость удвоить производство зерна в мире до 2030 года. Однако, это вызывает сомнение из-за снижения площади возделываемой земли на душу населения и уменьшения запасов пресной воды; увеличения риска деградации почвы и окружающей среды; влияние угрозы прогнозируемого изменения климата на уменьшение эффективности использования сельскохозяйственных ресурсов.

Проблема эффективной борьбы с постоянно растущим риском деградации земельных ресурсов требует постоянного и пристального внимания государственных руководителей, земледельцев и всего общества в целом. Многочисленные выступления ведущих ученых – почвоведов и эрозиоведов Молдовы: М.Н. Заславского, И.А. Крупенникова, И.С. Константинова, В.Г. Унгуряну, А.Ф. Урсу и других о серьезнейшей угрозе развития эрозии почв и необходимости принятия мер по ее предупреждению, не нашли должного осознания в обществе, и в первую очередь государственными учреждениями управления, от которых зависит принятие и реализация соответствующих решений. Об этом говорит тот факт, что сокращается бюджет финансирования научных исследований, который, в свою очередь, приводит к закрытию тематик по исследованию проблем, связанных с эрозией почв.

Начиная с 1987 года, и, в особенности после 1992-го (начало приватизации земель в Республике Молдова), все работы по созданию препятствий для эрозии почв были прекращены и более того – созданы самые благоприятные условия для ее развития.

Причин такого положения дел много. Но мы укажем на две, на наш взгляд самые важные. Первая, очевидная – это отсутствие элементарных знаний о правилах экологически безопасного и рационального землепользования, вторая – менее очевидная – незаметность, неощутимость процесса эрозии, особенно плоскостной.

На 1 января 2010 года эрозия почв достигла такого размаха, что уже 37,4%

площади всех земель сельскохозяйственного назначения эродированы в разной степени.

Состояние эродированности почвенного покрова Республики Молдова по природно-климатическим зонам относительно площади всех земель сельскохозяйственного назначения можно оценить по таблице 1.

Таблица 1 – Эродированность земель сельскохозяйственного назначения по зонам РМ по состоянию на 1.01.2010г.

Зоны	Всего пло- щадь, <i>га</i>	В том числе эродированных:									
		всего		слабо-		средне-		сильно-		средне-+ сильно-	
		<i>га</i>	%	<i>га</i>	%	<i>га</i>	%	<i>га</i>	%	<i>га</i>	%
Северная	875176	296685	34,0	194340	22,2	73515	8,4	28881	3,4	102396	11,8
Центральная	696345	314748	45,2	165730	23,8	102363	14,7	46655	6,7	149018	21,4
Южная	732411	285640	39,0	157468	21,5	91551	12,5	36621	5,0	128172	17,5
Юго-Восто- чная	234753	51880	22,1	36152	15,4	12442	5,3	3287	1,4	15729	6,7
Всего	2538685	949468	37,4	553433	21,8	279255	11,0	116780	4,6	396035	15,6
<i>Справочно:</i>											
Правобережье	2274453	889481	39,1	511238	22,5	265486	11,7	112756	5,0	378242	16,7
Левобережье	264232	59987	22,7	42195	16,0	13769	5,2	4024	1,5	17793	6,7

Наличие и густота растительного покрова прямым образом определяют саму возможность смыва почв. Наименьший смыв, компенсируемый воспроизводящей способностью почвенной биоты, происходит на целинных землях, не затронутых деятельностью человека. На распаханых, в особенности используемых под пропашные культуры, смыв и размыв почв происходит наиболее интенсивно.

Следовательно, наибольшее внимание необходимо уделить развитию эрозии почв на пашне, расположенной на склонах. А у нас 79,8% площади пахотных земель расположены на склонах, крутизной более 3 градусов.

Как видим из таблицы, зависимость степени смытости почв от крутизны склонов – прямая. В целом по республике все 87,3 тыс. га пашни на склонах крутизной более 8 градусов сильно смыты, на 100%. На склонах 5-8 градусов – на 66,5%, а в Южной и Юго-Восточной зонах на 80,3 и 92,7% соответственно. Только на склонах крутизной 2-5 градусов эродированность почв предоставляет «слабую» степень смытости на площади 306,8 т.га. Всего смытых почв пашни 679,7 тыс.га, что составляет 46,3% от всей пашни на склонах. А теперь представим себе, что означают эти цифры в сравнении с определением степени смытости. Напомним только, что вместе с почвой смывается основная часть гумуса и с ней большинство почвенной биоты, обитающей в верхних горизонтах и создающей, воспроизводящей гумус и все остальные элементы почвенного плодородия.

Определено, что общее снижение плодородия почв пахотных земель за счет только эродированности в целом по республике на площади 1466,5 тыс.

га составило 44,8%, в том числе в Северной зоне – 34,2%, в Центральной – 56,7%, Южной – 49,3% и в Юго-Восточной – 38,3%.

Общая по республике площадь эродированных более чем 50% земель – 626,5 тыс.га, до 60% – 440,0 тыс. га, до 70% – 136,6 тыс. га и более 70% – 46,4 тыс. га.

Таблица.2 – Состояние эродированных сельскохозяйственных земель левого и правого берегов Днестра (по состоянию на 01.01.2015 г.)

Название территории	Всего сельскохозяйственных земель, га	Бонитет (баллы)	Эродированные почвы, га			
			Всего	Слабо-	Средне-	Сильно-
Правый берег Днестра (Молдова)	2.2550235.0	56	824335 36.6%	466842 20.8	246893 10.9%	110600 4.9%
Левый берег Днестра	2.64231,8	68	53939 20.4%	37935 14.4%	12439 4.7%	3565 1.3%
Всего			57.0%	35.2%	15.6%	6.2%

В 173 населённых пунктах, земли которых подвергаются столь сильной деградации вследствие эрозии, проживают десятки тысяч наших сограждан. Вот откуда проистекает крайняя бедность и нищета сельского населения Молдовы. Посетив эти села, вы очень редко встретите людей трудоспособного возраста. В основном здесь проживают люди предпенсионного и пенсионного возраста, дети и инвалиды.

Каковы основные причины ускорения и распространения эрозии почв за последние десятилетия? К ранее существовавшим факторам: предельная хозяйственная освоенность территории, распашка крутых склонов, неумеренное отравление почвенной биоты ядохимикатами, минеральными удобрениями, ненормированный выпас скота, добавились факторы обусловленные современными условиями жизни: практически полное прекращение внесения органических удобрений, распашка полей вдоль склонов, чрезмерное дробление земель на приватизированные участки, что объективно исключает саму возможность применения севооборотов, вывоз с полей всей надземной массы растений (на корм скоту, на топливо), рост площадей под пропашные культуры (в основном под подсолнечник и кукурузу на зерно), сокращение площадей под садами и виноградниками и перевод их в пашню, массовая вырубка лесополос, бессменное выращивание монокультуры на одних и тех же полях в течение многих лет и т.д, исключение даже элементарных мер по предотвращению или торможению развития эрозии.

В период процесса приватизации часть сильноэродированных земель была передана в лесной и резервные фонды, отведена под водоохранные зоны, часть – под пастбища. Часть земель (около 70 тыс. га) передана в государственный резерв, как утратившие свое хозяйственное значение.

Хотя экологические проблемы и продовольственная безопасность явля-

ются самыми важными, мы остановимся на хозяйственных и социально-экономических, так как, решая проблему эрозии почв на землях сельскохозяйственного назначения, мы в большей мере решим проблемы экологические и продовольственные, тем самым способствуя уменьшению производственных затрат.

1. Значительное снижение урожайности сельскохозяйственных культур, вследствие чего резко упал валовой объем производства сельскохозяйственной продукции и возникла проблема импорта продовольствия (до 50% продовольствия импортируется) и обеспечения продовольственной безопасности страны.

2. Снижение качества сельскохозяйственной продукции из-за падения содержания гумуса и других элементов питания в эродированных почвах.

3. Снижение рентабельности производства сельскохозяйственной продукции на слабоэродированных землях (на среднеэродированных оно практически нерентабельно, а на сильноэродированных и вовсе убыточно).

4. Резкое снижение состава, численности и активности почвенной биоты, синтезирующей гумус и другие элементы питания растений.

5. Рост численности и активности фитофагов (бактерий, питающихся живыми растениями), следствием чего является рост заболеваемости растений, снижение количества и качества урожая.

6. Ухудшение гидрологического режима почв и деградация гидрографической сети.

7. Ухудшение качества подземных вод.

8. Рост и ускоренное распространение оползневых процессов, что ведет к дезинтеграции почвенного покрова и утрате их всякого хозяйственного значения.

9. Возникновение очагов опустынивания.

10. Дальнейшее ухудшение социально-экономического положения сельского населения и др.

Перечисленные последствия, на наш взгляд, главные.

Непринятие мер по минимализации эрозии почв приведет к ускорению и углублению развития перечисленных негативных последствий. Учитывая, что площадь земель на равнинных участках и на склонах крутизной до 1 градуса составляет всего лишь 20,2% от общей площади земель сельскохозяйственного назначения, а остальные земли подвергаются ускоренной и широко распространяющейся эрозии, то уже лет через 60-80 в Молдове останутся только оазисы вдоль крупных рек и на равнинах. На неплодородных землях люди жить не могут. Зброшенне полупустынне земли будут представлять собой унылый вид и привлекать удивленное внимание людей к недавней истории цветущей, богатой и прекрасной Молдовы.

Выводы

1. В целях детального и всестороннего изучения проблемы, полного осознания сложившейся ситуации безотлагательное создание надведомственной службы охраны почв и вод (одно без другого бессмысленно) с участием высших должностных лиц государства, ученых и специалистов Института Почвоведения, Агрохимии и Охраны почв «Н. Димо».

2. Разработка и выполнение стратегии, обеспечивающей комплексный подход к мониторингу качества земельных ресурсов, внедрение технологий и правильное управления земельными ресурсами с уменьшением потерь и затрат становится в ряд первостепенных задач.

3. Разработать и принять Закон не просто о почвах, а именно об охране почв и вод, который, учитывая право частной собственности на землю, четко и в полной мере определит обязанности и ответственность собственников земли за ее грамотное, экологически безопасное использование, становится задачей государственного значения.

4. Разработать меры по организации и широкому распространению знаний в доступной, популярной форме по экологически безопасному использованию земель и природных ресурсов, имея ввиду максимальное привлечение населения, с полным осознанием ситуации. Эти меры должны финансово поддерживаться с участием государственного бюджета независимо от возникающих проблем с бюджетом. Таким образом достигается сопряжение сил сельхозпроизводителей и государства в вопросах об охране и предотвращении деградации почв и вод и эффективного решения обозначенных проблем.

Библиографический список

Земельный Кадастр Республики Молдова на состояние 1 января 2015.

УДК 631/636; 502/504; 911

ИННОВАЦИОННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПЕРЕХОД К ВЫСОКОПРОДУКТИВНОМУ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОМУ АГРОХОЗЯЙСТВУ

Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П.

ФГБНУ Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
имени В.Р. Вильямса, г. Лобня, Московская обл.

E-mail: viktrofi@mail.ru

Резюме. *Повышение продуктивности, качества и устойчивости сельскохозяйственных культур является важнейшей задачей агропромышленного комплекса, научного обеспечения сохранения плодородия почв и продуктивного долголетия наших земель. В решении этих задач важнейшую роль играет кормопроизводство.*

Summary. *Increasing productivity, quality and sustainability of crops is the most important task of the agro-industrial complex, scientific provision of soil fertility, preservation and productive longevity of our lands. Fodder production plays a crucial role in addressing these challenges.*

Повышение продуктивности, качества и устойчивости сельскохозяйственных культур необходимо для обеспечения продовольственной и экологической безопасности России. Устойчивое обеспечение населения страны качественными продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем отечественного производства в достаточном объеме было и остается важнейшей задачей агропромышленного комплекса.

Миссия ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» – научное обеспечение развития кормопроизводства, агроэкологии и рационального природопользования в

сельском хозяйстве, обеспечение продовольственной и экологической безопасности страны, осуществление связей между фундаментальной наукой, образованием и практикой, создание новых сортов кормовых культур с полезными свойствами, разработка прогрессивных технологических систем и приёмов кормопроизводства, заготовки и использования кормов, обеспечивающих экономическую эффективность и экологическую безопасность их применения, повышение качества животноводческой продукции, а также ускорение распространения достижений аграрной науки в процессе подготовки научных кадров [1, 2].

Основа системы продовольственной и экологической безопасности России лежит в сбалансированном развитии сельского хозяйства и природы, отечественного растениеводства, животноводства, земледелия, структуры посевных площадей, севооборотов и агроландшафтов. Научное обеспечение продовольственной и экологической безопасности должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, географических, биологических и экологических факторов [3-10].

В настоящее время большинство факторов интенсификации растениеводства (чрезмерное преобладание экономически привлекательных культур в структуре посевных площадей и севооборотах, сокращение биоразнообразия, пестициды, азотные удобрения, орошение и др.), благоприятствуя развитию сорняков и вредных организмов, снижают устойчивость растений к стрессорам [2, 11].

В то время как в странах ЕС планомерно реализуются меры по сокращению использования пестицидов, в России масштабы применения пестицидов в защите растений возрастают [12].

Важнейшее значение в сельском хозяйстве, рациональном природопользовании и экологии имеет кормопроизводство – самая масштабная, многофункциональная и системообразующая отрасль сельского хозяйства, соединяющая и связывающая его в единое целое. Оно 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.

Кормовые агроэкосистемы (природные и сеяные пастбища и сенокосы, многолетние травы и однолетние кормовые культуры на пашне играют продукционную, а также не менее значимую почвоулучшающую, средообразующую роль. Они обеспечивают следующие экосистемные и производственные услуги: 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 кис-

лотность, предотвращают эрозию почв; нормализуют водный, пищевой и воздушный режимы агроэкосистем; улучшают фитосанитарную обстановку, оздоравливают окружающую среду; играют эстетическую и экологическую роли [13-20].

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, до 2018г – Всероссийский (Всесоюзный) научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса является главным, консолидирующим, координирующим научно-методическим и исследовательским учреждением по кормопроизводству и агроэкологии в России. Наша главная цель – разработка теоретических и методологических основ кормопроизводства, концепций, программ, методологий, методик, сортов, технологий, стандартов.

Кормопроизводство играет важнейшую, решающую роль в управлении сельскохозяйственными землями России, в обеспечении их продуктивности, устойчивости и рентабельности. От уровня научно-технического прогресса кормопроизводства зависит многое в дальнейшем развитии сельского хозяйства, продовольственной и экологической безопасности страны.

Кормопроизводство – важнейший инструмент, позволяющий сбалансировать сельскохозяйственное производство с природой, осуществлять управление агроландшафтами, конструирование агроландшафтов, устойчивых к воздействиям климата, неблагоприятных погодных условий и негативных процессов.

Кормопроизводство – это необходимое средство развития сбалансированного, устойчивого и эффективного сельского хозяйства.

Травяные экосистемы (луга и культура многолетних трав на пашне) фактически «кормят», обеспечивают возобновляемой солнечной энергией сельскохозяйственные земли, агроландшафты, зерновые и другие культуры, животных и человека. Они обеспечивают устойчивость сельскохозяйственных земель, сохранение и воспроизводство плодородия почв.

Значение и функции природных кормовых угодий в биосфере, агроландшафтах, сельском хозяйстве очень велики. Луга и многолетние травы обеспечивают аккумуляцию и накопление биомассы в биосфере и агроландшафтах, накопление углерода и накопление гумуса, многообразие и биоразнообразие. Они обладают большой устойчивостью к внешней среде, изменению климата и погоды. Они соединяют в себе экономику, экологию и эстетику сельского хозяйства.

Все эти особенности кормопроизводства являются также необходимыми составляющими рационального природопользования.

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 – сельскохозяйственным землям, агроландшафтам.

Библиографический список

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. Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Олигер М.А., Орленкова Е.К. Продуктивность долготлетних сенокосов при разных системах ведения // Кормопроизводство. 2000. – № 5. – С. 11-15.
9. Трофимова Л.С., Кулаков В.А. Современное экспериментальное обоснование развития дернового процесса на лугах // Кормопроизводство. – 2003. – № 11. – С. 11-14.
10. Кутузова А.А., Трофимова Л.С., Проворная Е.Е. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах (3-е издание, переработанное и дополненное). М.: Угрешская типография, 2015. – 32 с.
11. Жученко А.А. Основы адаптивно-интегрированной системы защиты агроценозов, агроэкосистем и агроландшафтов от вредных видов // Роль мобилизации генетических ресурсов цветковых растений. Саратов, 2012. – С. 180-195.
12. Артохин К.С., Игнатова П.К. О некоторых тенденциях в развитии защиты растений // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Краснодар, 2015. – С. 14-17.
13. 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. – № 54. – С. 305-309.
14. Рекомендации по созданию продуктивных и устойчивых агроландшафтов / Шпаков А.С., Трофимов И.А., Кутузова А.А., Зотов А.А., Харьков Г.Д., Прологова Т.В., Тебердиев Д.М., Трофимова Л.С., Лебедева Т.М., Яковлева Е.П., Благовещенский Г.В., Штырхунов В.Д. М.: Россельхозакадемия, 2003. – 44 с.
15. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Бычков Г.Н., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология // Кормопроизводство. 2016. – № 8. – С. 3-8.
16. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса. М.: РАН, 2018. – 132 с.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В БЕЛГОРОДСКОМ ФАНЦ РАН КАК ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Тютюнов С.И.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», г. Белгород

E-mail: zemledel2006@yandex.ru

Резюме. Плодородие почв изменяется в результате воздействия основных факторов земледелия: севооборотов, способов обработки почв и удобрённости культур. На удобренных вариантах увеличивается содержание гумуса, элементов питания, улучшаются агрофизические свойства почвы, что в целом положительно сказывается на урожайности культур.
Summary. Soil fertility changes as a result of exposure to major agriculture: crop rotation, tillage methods and crop fertilization. Fertilized variants increases the humus content, nutrients, improving soil agro-physical properties, which generally has a positive effect on crop yields.

Разрабатываемые системы земледелия всегда опирались на опытные многолетние данные научно-исследовательских центров и основывались на почвенно-климатических условиях, ресурсном обеспечении регионов и были направлены на экономически обоснованное производство сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем, все существующие системы земледелия не были лишены недостатков, основанных на стереотипах прошлого и приобретаемых заново. Старые стереотипы утверждали, что для получения стабильного урожая необходима обработка почвы, пожнивные остатки необходимо заделывать в почву при обработке, а в борьбе с вредителями и болезнями основное средство – это химия.

В настоящее время старые стереотипы уходят под натиском новых, которые формулируют, что для возделывания сельскохозяйственных культур обработка не является обязательной, а пожнивные остатки – это ценный продукт, который должен оставаться на поверхности почвы в качестве мульчи. На этих принципах была разработана биологическая или органическая система земледелия.

Недостатком биологической системы земледелия следует считать, прежде всего, снижение урожайности по сравнению с традиционными системами земледелия. При биологической системе земледелия с использованием только органических удобрений отмечается снижение в почве количества подвижных форм фосфора и калия, потому что отказ от внесения минеральных удобрений не обеспечивает полного возвращения извлеченных с урожаем полезных веществ.

При использовании биологической системы в Германии в среднем за пять лет урожайность сельскохозяйственных культур уменьшилась на 9-36%, а затраты труда увеличились на 20-30% в сравнении с традиционной системой. В хозяйствах Австрии, которые используют биологическую систему земледелия, снижение урожайности составило 20-50%. Тем не менее, биологическая система земледелия имеет и отрицательные, и положительные стороны [1].

Многие ученые в разных странах пришли к выводу, что частично устранить отрицательные последствия можно путем объединения биологической системы земледелия с традиционной, то есть использовать их интегрированно, учитывая недостатки и преимущества обеих систем. При этом необходимо внедрение в севооборот бобовых трав с обязательным использованием биопрепаратов и сидератов, увеличение доз органических удобрений, которые обеспечивают бездефицитный баланс гумуса и позволяют на 30-50%, в сравнении с рекомендованными нормами для интенсивных технологий, уменьшить дозы внесения минеральных удобрений, и в первую очередь, азотных.

Белгородский аграрный научный центр на протяжении более 40 лет проводит изучение влияния агротехнических приемов на изменение свойств почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. За этот период изучено три способа основной обработки почвы – вспашка, безотвальная и минимальная обработки, три системы удобрения – органическая, минеральная и органоминеральная с тремя уровнями удобренности в трех различных севооборотах – зернотравянопропашном, зернопропашном и зернопаропропашном.

Наши исследования показали, что за четыре ротации зернотравянопропашного севооборота, где многолетние травы занимают 40% площади, независимо от удобрений и способов обработки почвы наблюдается положительный баланс гумуса. В пропашных севооборотах содержание гумуса снизилось как на вариантах без удобрений, так и с внесением одних минеральных удобрений. Наибольшее снижение произошло в зернопаропропашном севообороте по вспашке.

Лишь внесение органических или совместное внесение органических и минеральных удобрений стабилизирует и повышает содержание гумуса в почве. При внесении 8 т навоза на гектар севооборотной площади происходит увеличение содержания гумуса до 0,2%. Наибольшие величины отмечены при безотвальной и минимальной обработках почвы.

В составе гумуса в севообороте с использованием многолетних трав при внесении органических и органо-минеральных удобрений в верхнем слое почвы возрастает доля группы гуминовых кислот, а в пропашных севооборотах – содержание группы фульвокислот, что приводит к подкислению почвенного раствора. Поэтому расширение посевов многолетних трав является главным рычагом в стабилизации органического вещества почвы и биологизации в целом земледелия [2].

Результаты опытов свидетельствуют, что в почве зернотравяного севооборота происходит снижение гидролитической кислотности, хотя способов улучшения плодородия почв с кислой реакцией среды довольно много, многие из них разработаны и в ЦЧР.

Значительно в большей степени снизилась кислотность под влиянием навоза. В почве, занятой культурами пропашных севооборотов, без удобрений наблюдается увеличение гидролитической кислотности. Она увеличивается еще больше при внесении удобрений.

Глубокая заделка минеральных удобрений при вспашке подкисляет пахотный слой почвы меньше, чем поверхностная, минимальная и безотвальная

обработки. В пропашных севооборотах с отсутствием многолетних бобовых трав выявлена закономерность увеличения кислотности почвы, независимо от того, вносятся удобрения или нет. Следовательно, особенно заметно повышают кислотность такие приемы, как внесение минеральных удобрений, насыщение севооборотов пропашными культурами и мелкая обработка почвы. Можно прогнозировать, что через 20-30 лет чернозем типичный будет представлять собой среду, малопригодную для многих возделываемых культур.

Для снижения повышенной кислотности почвы необходимо применять известкование – внесение кальцийсодержащих мелиорантов. В результате в почвенном растворе повышается содержание кальция, который внедряется в почвенно-поглощающий комплекс и вытесняет ионы водорода, что приводит к нейтрализации кислотности. В почве увеличивается степень насыщенности оснований, что также свидетельствует о снижении кислотности.

Заметное влияние на величину кислотности оказали виды севооборотов и удобрения, в меньшей степени способы обработки почвы.

Зернотравянопропашной севооборот способствовал снижению кислотности. В то же время минеральные удобрения в этом севообороте замедлили процесс снижения кислотности. Органические удобрения в наибольшей степени способствовали снижению кислотности почвы, под влиянием которых она уменьшилась на 25-30%. Наибольшее снижение кислотности отмечено при минимальной обработке почвы.

Нитратного азота накапливается во всём метровом слое почвы в зернотравяном севообороте на 25-35% больше, чем в зернопаропропашном севообороте. Это объясняется тем, что содержание нитратного азота во многом определяется потенциальной возможностью предшественника озимой пшеницы. Так, в зернотравяном севообороте после многолетних бобовых трав в почве накапливается значительное количество симбиотического азота, входящего в состав корневых и пожнивных остатков.

За годы исследований на абсолютном контроле содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-30 см уменьшилось на 5-10%. От внесения органических удобрений (навоза) содержание подвижного фосфора увеличилось на 40-60%. Более высокие показатели содержания элементов питания получены в верхних слоях пахотного горизонта в пропашных севооборотах при безотвальной и минимальной обработках почвы.

Содержание обменного калия на контроле в слое 0-30 см по отношению к исходным показателям уменьшилось на 8-15%. При этом наибольшее снижение произошло в пропашных севооборотах и по вспашке. При внесении навоза содержание его в пахотном слое повысилось на 9-17%. Однако наибольшее увеличение содержание обменного калия в почве произошло при совместном внесении органических и минеральных удобрений (на 52-63%).

Зернотравянопропашные севообороты и особенно при минимальной обработке в сравнении с пропашными севооборотами больше способствовали росту плодородия почвы.

Почва лучше оструктурируется при внесении органических и органо-минеральных удобрений [3] в зернотравянопропашном севообороте и меньше в пропашных севооборотах. Исследования показали, что коэффициент структурности в зернотравяном севообороте в верхнем слое почвы заметно выше, чем в пропашных севооборотах, с большими показателями при минимальной обработке почвы. В подпахотном слое почвы (30-40 см), где не было воздействия обработок, содержится больше агрегатов комковато-зернистой структуры.

На вариантах без удобрений произошло уплотнение верхнего слоя почвы на $0,11 \text{ г/см}^3$. Оно особенно заметно в зернотравяном севообороте при минимальной обработке почвы, причём не в обрабатываемом слое, а на глубине 20-30 см. Величина плотности здесь достигла $1,36 \text{ г/см}^3$. В пропашных севооборотах плотность почвы увеличилась меньше.

При внесении удобрений, особенно органических и органо-минеральных, происходит разуплотнение пахотного горизонта. Безотвальная обработка также снижает плотность, но только на фоне внесения навоза.

Основное действующее вещество известковых удобрений – кальций – вызывает коагуляцию почвенных коллоидов. Как следствие – улучшается структура почвы и повышается её водопрочность. Кроме того, возрастает водопроницаемость и аэрация почвы, уменьшается образование почвенной корки и значительно облегчается обработка почв. Повышается жизнедеятельность свободноживущих и клубеньковых азотфиксирующих бактерий, развивающихся в основном в ризосфере многолетних бобовых трав. Происходит обогащение почвы биологическим азотом за счёт азота воздуха. Создаются условия для жизнедеятельности бактерий, минерализующих органические фосфаты. Усиливается мобилизация фосфатов почвы и улучшается питание растений фосфором.

Пропашные севообороты, по сравнению с зернотравяным севооборотом, имели большую продуктивность на $0,7-0,9 \text{ т/га}$ зерновых единиц, что соответствует 16-18%, однако коэффициент биоэнергетической эффективности в зернотравянопропашном севообороте, по сравнению с пропашными, был выше и составлял 5-6 ед., то есть содержание продукции с 1 га площади в 5-6 раз больше затрат на её производство.

Внесение органических удобрений повышало продуктивность севооборотов на 14-21%. Наибольшая продуктивность севооборотов получена при совместном внесении минеральных и органических удобрений. По сравнению с контролем она увеличилась на 56-88%.

Таким образом, для расширенного воспроизводства плодородия чернозёмов (положительного баланса гумуса, элементов питания, снижения кислотности, оптимизации агрофизических свойств почвы и др.) в структуре посевных площадей специализированных севооборотов необходимо иметь многолетние бобовые травы. В пропашных севооборотах вносить органические удобрения не менее 16 т/га , в зависимости от особенностей культуры и типа почв.

Современная система земледелия, а для Белгородской области – это адаптивно-ландшафтная биологическая система, должна включать в качестве составляющих элементов научно-обоснованные севообороты, комбинированные

способы обработки почв, внесение органических и минеральных удобрений, защиту растений от сорняков, болезней и вредителей. В многолетних стационарных полевых опытах центра получены данные, свидетельствующие о предпочтении для зерновых, зернобобовых культур и трав минимальной обработки почвы, а для пропашных культур – вспашки и безотвальной обработки.

Необходимо максимально вносить органические удобрения и обязательно минеральные, рассчитанные на получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур и сохранение экологии окружающей среды.

В Центре разработаны, в зависимости от уровня интенсификации земледелия в хозяйстве, различные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур с урожайностью 55-80 ц/га зерна озимой пшеницы, ячменя и около 50,0-65,0 т/га сахарной свеклы.

Только комплексное научно-обоснованное применение всех элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия сохраняет и повышает плодородие почв, способствует росту продуктивности сельскохозяйственных культур, охране окружающей среды и улучшает условия жизнедеятельности человека.

Библиографический список

1. Оленин О.А. Отрицательные экосистемные изменения в агробиоценозе яровой пшеницы при биологизации технологии ее возделывания/Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 4(38), 2015. – С. 84-90.
2. Чекмарев П.А. Мониторинг содержания органического вещества в пахотных почвах Центрально-Чернозёмного района/П.А. Чекмарев, С.В. Лукин, Ю.И. Сискевич // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 23-25.
3. Лазарев В.И. Динамика физико – химических свойств чернозёма типичного в различных агроценозах при его длительном сельскохозяйственном использовании/В.И. Лазарев, А.Я. Айдиев, И.А. Золотарева и др. – Курск: Курская ГСХА, 2014. – 121 с.

УДК 631.459(478)

ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МОЛДОВЕ И ИХ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ

Кухарук Е.С.

Институт Почвоведения, Агрохимии и Охраны Почв «Николае Димо»,
Кишинёв

E-mail: ecostrategii@yahoo.com

Резюме. Эрозионные процессы почвенного покрова в Республике Молдова относятся к главной причине деградации. Рассмотрены вопросы по исследованию эрозии в НИИ и других организациях, которые занимаются сохранением и восстановлением плодородия почв в настоящее время. Приведён экологический и экономический ущерб от эрозии почв по республике. Показан положительный опыт разработок противоэрозионных мероприятий в отдельных районах.

Summary. Soil erosion processes in the Republic of Moldova are the main cause of degradation. The issues of the study of erosion in research institutes and other organizations that are engaged at present in the conservation and restoration of soil fertility are reviewed. Ecological and economic damage from soil erosion in the republic is demonstrated. The positive experience of developed anti-erosion measures in certain regions is shown.

Мониторинг почвенных ресурсов в настоящее время приобретает большую актуальность, чем когда-либо. Реализация земельной реформы внесла большие изменения в размерах и конфигурации землепользований в связи с проводимой в республике массовой приватизации земель. Земельная реформа сильно осложнила проведение землеустройства, организацию ведения и соблюдения севооборотов, проектирование и осуществление всех противоэрозионных мероприятий. Возросло количество землепользователей в республике, которые должны достаточно много знать о процессах эрозии почв, их механизмах, эффективных способах её устранения или ограничения до экологически допустимых пределов.

Реформа научных институтов, которые занимаются вопросами эрозии почв, также сказалась отрицательно на исследованиях этого вопроса: сокращение научных кадров, недостаточное бюджетное финансирование, переход на самофинансирование. Всё это сказывается на развитии эрозионных процессов, которые наносят необратимый вред такой прекрасной стране, как Молдова.

Без правильного и осознанного применения мер защиты почв от эрозии надо знать её причины: природные и антропогенные, закономерности проявления и развития, территориальный размах, разделение на виды и степени. Без понимания этого пользователи земли не почувствуют всей меры своей ответственности за состояние почв и охрану их от эрозии. Увеличившееся количество эродированных почв в республике стало главной темой исследования по улучшению их плодородия, финансируемой Европейским Союзом и осуществляемой Программой Развития ООН. Эти исследования были также направлены на необходимую адаптацию Молдовы к целям Повестки устойчивого развития до 2030 года [1], принятых большинством стран мира на 2016-2030 годы. Целью исследования было сделать анализ качественных и количественных изменений почвенного покрова общей территории левого и правого берега Днестра и установления взаимосвязи с другими целями и задачами устойчивого развития. Данное исследование напрямую коррелирует с рядом целей и задач устойчивого развития (ЦУР), и в первую очередь, с целью 15 [2] и задачей 15.3 [3], направленную на борьбу с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель. Важность этой темы подчеркнута как на глобальном уровне, так и на местном.

Необходимость удвоить производство зерна в мире до 2030 года еще больше обескураживает из-за снижения площади возделываемой земли на душу населения и уменьшения запасов пресной воды, угрозы уменьшения эффективности использования сельскохозяйственных ресурсов из-за прогнозируемого изменения климата. Таким образом, необходимость определения процессов, методов и политик, обеспечивающих устойчивое управление почвенными ресурсами, приобрела сейчас еще большую актуальность, чем когда-либо.

Целью Устойчивого Развития является уменьшение риска, связанного с деградацией почвы, путём увеличения ее устойчивости и улучшения работы такого хрупкого и истощаемого ресурса, как почва.

Почвенный покров нельзя рассматривать как самостоятельный объект,

так как существует прямая и, иногда, обратная взаимосвязь с другими природными объектами, такими как климат, рельеф, флора и фауна, материнская порода и деятельность человека.

Состояние почв является краеугольным камнем цели 15 «Сохранение экосистем суши». Без почвенного покрова (задача 15.3), а это главный компонент суши, экосистема не может существовать.

Также, необходимо рассматривать и другие взаимосвязанные цели, которые зависят от Цели 15 или влияют на неё. Такими являются: Цели: 1 – «Ликвидация нищеты», 2 – «Ликвидация голода», 3 – «Хорошее здоровье и благополучие», 4 – «Качественное образование», 6 – «Чистая вода и санитария», 11 – «Устойчивые города и населённые пункты», 12 – «Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства», 13 – «Борьба с изменением климата», 17 – «Партнёрство в интересах устойчивого развития».

На рисунке 1 мы показали взаимосвязь целей в области устойчивого развития с почвенным покровом (15.3), который является главным звеном экосистемы суши (ЦУР 15).

Рисунок 1 – Почвы и цели в области устойчивого развития

Ущерб от эрозии выражается через потери плодородной почвы, смываемой со склонов. Ежегодно с 1 га смытых почв теряется 26 млн. тонн плодородной почвы со всей территории, включая левобережье Днестра (840 тыс. га) [4].

По некоторым оценкам, отрицательное влияние деградация почв в национальной экономике (прямые и косвенные годовые убытки) возрастает до 4,801 млрд. лей, из которых 2,073 млрд. леев – из-за потерь в сельскохозяйственном производстве; 1,850 млрд. лей – составляют необратимые потери почв от эрозии склонов и 878,3 млн. – из-за убытков от оползней и строительных работ; потери из-за снижения плодородия почв за последние 30 лет составляют около 3,319 миллиардов долларов США [5].

Приведенные экономические и экологические цифры ущерба от эрозии почв не учитывают материальные и моральные затраты землевладельцев. «Почва – человек – сельскохозяйственная продукция» – это сейчас самый важный критерий существования населения страны. От последнего звена – «сельскохозяйственная продукция» – зависит благосостояние жителей, а это означает, что главную роль для нормального существования человека играет почва как средство сельскохозяйственного производства. Чем плодороднее почва, тем выше урожай, а это – достаток сельскохозяйственного производителя и сокращение бедности.

Эрозионная ситуация в республике достаточно быстро меняется, к сожалению, в худшую сторону. Поэтому должен быть обеспечен систематический контроль всех групп деградационных почвенных процессов, который поможет их количественному учёту на локальном уровне и принятию решений по ликвидации негативных последствий, приводящих к эрозии почв. Для достижения этой цели необходимо вести специальный мониторинг.

Радикальная минимализация почвенной эрозии и близких к ней экзогенных процессов в Молдове экономически и даже социально неизбежна, экологически целесообразна, а точнее, тоже неизбежна, технически осуществима. Эти проблемы должны быть глубоко осознаны всеми уровнями центральной и местной власти республики, землевладельцами и земледельцами, специалистами в области охраны природных ресурсов и всеми жителями нашей страны.

Библиографический список

1. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/>
2. ЦУР 15 «Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия».
3. Задача 15.3, «К 2030 году вести борьбу с опустыниванием, восстановить деградировавшие земли и почвы, включая земли, затронутые опустыниванием, засухами и наводнениями...».
4. Программа освоения деградированных земель и повышения плодородия почв. Часть 1 / Отв. редактор С.В. Андриеш. Chişinău, Pontos, 2005. – с. 63.
5. 2009-2010 Raportul Național de Dezvoltare Umană în Moldova. – С. 92, расчеты согласно инструкции по оценке ущерба, причиненного почвенным ресурсам, №. 381 из 16 Август 2004 года. Закон Министерства экологии и природных ресурсов Республики Молдова. <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=310719>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОТОКОВ МАЛОЙ ГЛУБИНЫ

(на примере чернозема типичного разной степени смытости)

Демидов В.В.¹, Плотникова О.О.^{1,2}

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва;

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва.

E-mail: demidov951@yandex.ru

Резюме. Исследования проводились с целью оценки применимости уравнения транспортирующей способности мелководных потоков для прогнозирования количества смываемой почвы при формировании склоновой ручейковой эрозии. По результатам экспериментов были рассчитаны значения критических скоростей потока для влекомых агрегатов (V_k , м/с) и мутности потока ($\beta_{\text{эксп}}$, кг/м³).

Summary. The research was performed to assess the applicability of the equation of the transporting capacity of shallow water flows for predicting the amount of soil washed away during the formation of stream erosion. According to the results of the experiments, the values of the critical flow velocities for the portable aggregates (V_k , m/s) and the turbidity of the flow (β_{exp} , kg/m³) were calculated.

Черноземы являются одними из самых плодородных естественных почв на планете, а водная эрозия – одним из самых масштабных деградационных процессов, снижающих их плодородие. Все это определяет необходимость изучения закономерностей и особенностей изменения плодородного слоя черноземов под влиянием водной эрозии, а также исследований в области разработки методов прогнозирования интенсивности и объема выноса почвенного материала с территорий, занятых сельскохозяйственными угодьями.

Отрыв почвенных частиц водными потоками, их перенос или отложение являются основными процессами в период формирования на склонах поверхностного стока и смыва почвы. В то же время, оценивая величины эрозионных потерь почвы, необходимо учитывать не только скорости потоков (среднюю, размывающую или донную), но и их транспортирующую способность. Под транспортирующей способностью потока понимается наибольший возможный при данном гидравлическом режиме потока расход наносов [10]. То есть транспортирующая способность численно равна расходу наносов, который поток в состоянии переносить при заданных гидравлических условиях [1].

Применяемая в гидрологии теория транспорта наносов основана на динамической теории турбулентности, называемой иногда полуэмпирической теорией, поскольку основной параметр – коэффициент турбулентной вязкости – оценивается в этой теории на основе опытных данных или эмпирических формул [7]. Проблеме транспорта наносов посвящено много работ, существуют разработки по одновременному применению гидравлических и статистических методов оценки транспорта наносов [6, 17, 19, 21, 22]. Следует отметить, что до 2000-х гг. изучение транспорта наносов проводилось в основном применительно к речным системам или потокам в каналах. Одновременно с этим при-

близительно с 1980-х гг. начались активные попытки применения к мелководным потокам зависимостей, полученных для крупных. В настоящее время основные работы в России и мире ведутся в направлении верификации разработанных ранее моделей и формул. Если первоначально их проверяли в лабораторных условиях на песках и модельных смесях, то в последние десятилетия большое внимание исследователей привлекает верификация формул применительно уже к натурным объектам – почвам, как в виде насыпных образцов, так и в полевых условиях. Это связано еще и с тем, что отрыв и перемещение почвенного материала на склоновых землях является одним из важных компонентов ручейковой эрозии почв. На долю почвенного материала, транспортируемого в ручейках, может приходиться 54-80% от общей эрозии почвы [18, 20].

Цель настоящей работы состояла в количественной оценке применимости разработанного на кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ уравнения транспортирующей способности склоновых потоков малой глубины на примере черноземов типичных разной степени смытости.

Для проведения экспериментальных исследований был выбран чернозем типичный на лёссовидных суглинках глубокопахотный разной степени смытости. Для отбора образцов почвы на Опытном поле ВНИИЗиЗПЭ на склоне южной экспозиции нами были заложены два почвенно-эрозионных профиля. Крутизна склона варьировала от 0,5° до 5,1°. Определение степени смытости и выделение границ чернозема типичного различной степени смытости проводилось путем заложения и описания почвенных разрезов и прикопок в различных элементах рельефа [8, 13]. Для проведения экспериментов отбирали образцы поверхностных горизонтов несмытого, слабосмытого и среднесмытого чернозема типичного. В качестве контрольного варианта были отобраны образцы чернозема типичного с участка косимой степи в Центрально-черноземном заповеднике им. В.В. Алехина (ЦЧЗ).

Определение агрегатного состава почвы и содержание в ней органического углерода проводилось по общепринятым методикам [2, 4, 14].

Определение транспортирующей способности водных потоков проводилось на большом эрозионном лотке (БЭЛ). БЭЛ представляет собой устройство для проведения модельных экспериментов в лабораторных условиях с целью изучения и прогнозирования различных процессов водной эрозии почв. В наших экспериментах в ложе лотка было создано искусственное русло (длина – 5 м, ширина – 0,1 м), в которое подавалась вода с разной интенсивностью. С помощью дозатора в поток подавалась почва. Дно лотка имело искусственную шероховатость, с высотой выступов $0,7d=0,35$ мм.

Определение параметров, необходимых для расчета транспортирующей способности, проводили по уравнению, разработанному сотрудниками кафедры эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ [3]:

$$\beta = \frac{C}{(gH)^{1/\gamma}} (V^2 - V_k^2)^{1/\gamma}, \quad (1)$$

где β – транспортирующая способность потока, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – глубина потока, м; V – средняя скорость потока, м/с; V_k – критическая скорость потока, м/с; C – эмпирический коэффициент, кг/м³; $1/\gamma$ – эмпирический показатель степени.

Определение агрегатного состава и структурности исследуемых почв, показало, что наибольший средневзвешенный диаметр агрегатов ($\bar{d}$) имел среднесмытый чернозем (4,9 мм), средние значения – слабосмытый и несмытый чернозем (3,7-4,1 мм). Наименьшим средневзвешенным диаметром агрегатов характеризовался поверхностный горизонт контрольного варианта – косимой степи (табл.). По данным мокрого просеивания сухой почвы $\bar{d}$ водопрочных агрегатов чернозема типичного косимой степи составил 2,3 мм, для всех остальных почв это значение приблизительно было одинаково и составляло 0,3-0,4 мм. По результатам мокрого просеивания капиллярно-увлажненной почвы наибольший $\bar{d}$ соответствовал чернозему косимой степи (3,0 мм), наименьший – несмытому чернозему (1,4 мм). При этом $\bar{d}$ агрегатов после мокрого просеивания капиллярно-увлажненных образцов слабо- и среднесмытого черноземов больше, чем для несмытого. Значения показателя агрегатного состава (по данным сухого просеивания) оказались по сравнению с контролем такими же или выше (табл.).

Таблица – Показатели структуры, водопрочности, содержание гумуса в черноземах типичных разной степени смытости.

Почва	Средневзвешенный диаметр агрегатов ($\bar{d}$) в зависимости от вида фракционирования, мм			Коэффициент структурности, К	Среднее содержание гумуса в слое 0-30 см, %
	Сухое	Мокрое			
	сухой почвы	сухой почвы	капиллярно-увлажненной почвы		
Косимая степь	3,3	2,3	3,0	11,1	7,18* ¹
Несмытый	4,1	0,3	1,4	2,6	5,00
Слабосмытый	3,7	0,4	3,0	2,9	4,72
Среднесмытый	4,9	0,4	2,6	1,9	4,36

Примечание – здесь и далее значения $\bar{d}$ приводятся в мм для удобства их сравнения между собой.

Тот факт, что наибольший $\bar{d}$ агрегатов по сухому просеиванию оказался присущ среднесмытому чернозему, можно объяснить следующим: во-первых, повышением доли глыбистых агрегатов в агрегатном составе до 27%; во-вторых, повышением содержания карбоната кальция в поверхностном горизонте за счет припахивания карбонатно-аккумулятивного горизонта [5].

С увеличением степени смытости содержание гумуса в слое почвы 0-30

¹ Данные о содержании гумуса в гумусовом слое чернозема типичного косимой степи предоставлены отделом химии и физико-химии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева.

см уменьшалось с 5,00% в несмытой до 4,36% в среднесмытой почве. В контрольном варианте содержание гумуса составило 7,18% (табл.). Эти данные показывают, что на содержание гумуса в поверхностном слое пахотных почв оказывают влияние как интенсивное сельскохозяйственное использование [9, 11], так и интенсивность проявления эрозионных процессов [12, 15].

Модельные эксперименты на БЭЛ с насыпными образцами исследуемых почв проводились в диапазонах скоростей: 0,31-0,58 м/с (косимая степь); 0,26-0,64 м/с (несмытый); 0,26-0,65 м/с (слабо- и среднесмытый чернозем).

Проведенный анализ изменения диаметра влекомых потоком агрегатов, поступающих в русло в воздушно-сухом состоянии, показал следующую закономерность. С увеличением скорости водного потока диаметр транспортируемых агрегатов возрастает очень слабо. В то же время при поступлении в русло почвы в капиллярно-увлажненном состоянии средневзвешенный диаметр влекомых агрегатов заметно увеличивается с возрастанием скорости водного потока от минимальной к максимальной (в некоторых случаях на порядок).

По результатам модельных экспериментов на БЭЛ были рассчитаны значения критической скорости потока (V_k , м/с) и мутности потока ($\beta_{\text{эксп}}$, кг/м³) и проведен графический зависимости $\ln \beta_{\text{эксп}}$ от $\ln ((V^2 - V_k^2)/gH)$ для находили эмпирический коэффициент C как антилогарифма свободного члена в уравнении линии тренда и эмпирический показатель степени $1/\gamma$ как показатель тангенса угла наклона линии тренда.

Полученные значения C и $1/\gamma$, использовались для расчёта транспортирующей способности потока β (кг/м³) по формуле (1). Сравнение рассчитанных значения β и имеющихся данных по экспериментально определенной мутности потока $\beta_{\text{эксп}}$ (кг/м³) показало, что относительная ошибка этих расчетов варьирует от 12,8% до 28,4%, среднее её значение – 22,0%. Коэффициенты линейной регрессии R изменялись от 0,50 и 0,92.

Таким образом, на примере пахотных черноземов типичных разной степени смытости нами было показано, что для расчета транспортирующей способности потоков малой глубины, действующих на эти почвы, успешно можно применять уравнение транспортирующей способности, разработанное на кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения МГУ с применением гидравлического подхода. В дальнейшем это уравнение может применяться для расчетов в таких широко используемых эрозионных моделях, как WEPP [16] и WaTEM/SEDEM [23].

Библиографический список

1. Алексеевский Н.И., Чалов Р.С. Движение наносов и русловые процессы. М.: МГУ, 1997. – 170 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Гендугов В.М., Кузнецов М.С., Абдулханова Д.Р., Ларионов Г.А. Модель транспорта наносов склоновыми потоками // Вестн. Моск. Ун-та. Сер.1. Почвоведение, 2007. – №1. – С. 35-40.
4. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.

5. Дубовик Е.В. Взаимосвязь гумусного и структурного состояния в эродированных черноземах склоновых агроландшафтах ЦЧР: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М. 2017. – 48 с.
6. Карасев И.Ф. Руслловые процессы при переброске стока. Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 288 с.
7. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. Л.: Гидрометеизда, 1977. – 272 с.
8. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. – 224 с.
9. Когут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А. Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании // Почвоведение. – 2012. – № 5. – С. 555-561.
10. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: Юрайт, 2019. – 387 с.
11. Мамонтов В.Г., Когут Б.М., Родионова Л.П., Рыжков О.В. Влияние сельскохозяйственного использования чернозема типичного на его структурное состояние и содержание органического углерода в агрегатах разного размера. Известия ТСХА, выпуск 6. М., 2016. – С. 22-31.
12. Масютенко Н.П., Глазунов Г.П., Санжаров А.И. и др. Влияние степени эродированности на показатели экологического состояния черноземных почв // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 8. – С. 19-23.
13. Полевой определитель почв России / Под ред. К.Т. Остриковой. М.: Изд-во Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 2008. – 182 с.
14. Практикум по агрохимии. Учеб. пособие, – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
15. Тишкина Э.В., Иванова Н.Н. Почвенный покров распаханых и целинных прибалочных склонов (Курская область) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 2010. – № 6. – С. 73-79.
16. Flanagan D.C., Ascough II. J.C., Nearing M.A., Laflen J.M. The Water Erosion Prediction Project (WEPP) Model // In: Harmon, R.S., Doe, W.W., III (Eds.), Landscape Erosion and Evolution Modeling (Chapter 7). Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 2001. – Pp. 145-199.
17. Ghoshal K., Pal D. Grain-size distribution in suspension over a sand-gravel bed in open channel flow // Int. J. Sediment Res, 2014. – V. 29. – № 2. – 184-194.
18. Govers, G. and Poesen, J. Assessment of the inter rill and rill contributions to total soil loss from an upland field plot. // Geomorphology, 1. 1988. – P. 343-354.
19. Haimann M., Liedermann M., Lalk P., Habersack H. An integrated suspended sediment transport monitoring and analysis concept // Int. J. Sediment Res. 2014. – V. 29. – № 2. – 135-148.
20. Matija Zorn. Rill Erosion. Edited by: Barney Warf. Subject: General Geography, Earth & Environmental Science. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. – 2010. – P. 2465-2466.
21. Pu J.H., Hussain K., Shao S.-d., Huang Y.-f. Shallow sediment transport flow computation using time-varying sediment adaptation length // Int. J. Sediment Res. – 2014. – V. 29. – № 2. – P. 171-183.
22. Tsai C.W., Man C., Oh J. Stochastic particle based models for suspended particle movement in surface flows // Int. J. Sediment Res. – 2014. – V. 29. – № 2. – P. 195-207.
23. Van Oost K., Govers G., Desmet P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage // Landscape Ecology. – 2000. – Vol. 15. – Iss. 6. – P. 577-589.

ИННОВАЦИОННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМЫХ СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ УЗБЕКИСТАНА

Ташкузиев М.М., Бердиев Т.Т., Шадиева Н.И.,
Очилов С.К., Каримов Х.Х.

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, Ташкент
E-mail: maruf41@rambler.ru

Резюме. В статье освещены вопросы состояния плодородия почв сероземной зоны, изменения его при орошении и длительном использовании в сельскохозяйственном производстве. Приводится сущность агротехнологии, разработанной для улучшения свойств почв применением агротехнологии, направленной на обогащение почвы органическим веществом применительно различным почвенно-климатическим зонам республики. Даны отдельные полученные результаты при ее применении в отношении ведения органического земледелия в условиях возделывания культур хлопкового комплекса.

Summary. The article deals with the issues of soil fertility in the gray earth zone, its changes during irrigation and long-term use in agricultural production. The essence of agrotechnology developed to improve the properties of soils using agrotechnology aimed at enriching the soil with organic matter for various soil and climatic zones of the republic is given. Separate results are obtained when applied to organic farming in the cultivation of cotton complex crops.

Введение. В республике в последние годы наблюдается снижение плодородия орошаемых почв, что связано значительным уменьшением содержания органического вещества, основных питательных веществ, развитием засоления, эрозионных процессов и других негативных явлений. Причиной этому является существовавшая долгое время монокультура хлопчатника [1].

На основе проведенных в период 2003-2008 годов исследований, нами разработана агротехнология для незасоленных почв сероземной зоны, направленная на обогащение почвы органическим веществом, повышение ее плодородия и урожайности возделываемых культур [2,3].

В последующие 2010-2018 годы эти исследования проводились применительно слабозасоленным почвам пустынной зоны- Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей, а также подверженных засолению почвам Сырдарьинской области и Республики Каракалпакистан [1,4,5].

Данная агротехнологии в звене выращивания основных культур «хлопчатник- озимая пшеница» включает последовательное их чередование с посевами повторных и промежуточных культур. При этом обязательно внесение высоких норм органических удобрений-навоза разного происхождения, органоминеральных удобрений, компостов из местных сырьевых ресурсов на основе навоза.

В этих исследованиях применяли различные виды органических удобрений, при снижении нормы минеральных удобрений в 1,5-2 раза и были получены результаты, где за вегетации растений в почве содержалось большее количество органического вещества (углерода гумуса), элементов питания в сравнении с минеральными удобрениями и получены прибавки на 2-4 ц/га от хлопчатника и 8-12 ц/га -озимой пшеницы. С учетом того, что в этих опытах

высокие нормы органических удобрений компенсируют минеральные в отношении снабжения растений питательными элементами, нами в последние годы проводятся исследования по биологизации земледелия внесением различных видов только органических удобрений. Результаты этих исследований с хлопчатником на первый год приведены в сообщении [4]. Основываясь на результатах этих исследований, в последние 2018-2020 годы, в рамках грантовых проектов, применяли данные агротехнологии ведения органического земледелия для сохранения, повышения плодородия почвы, получения экологически чистых почвенных условий и экологически чистой продукции при последовательном возделывании основных культур – хлопчатника, озимой пшеницы с посевами повторных (маш) и промежуточных (ячмень) культур [6].

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на староорошаемом типичном сероземе на территории экспериментального опытного участка Аккавак НИИССАВК (бывший УзНИИХ) Ташкентской области с применением различных органических удобрений и посевами основных (хлопчатник, озимая пшеница), повторных и промежуточных культур. На первый год из основных культур выращивали хлопчатник, и с осени возделывается пшеница.

Опыты проводились по методике СоюзНИХИ (1981). Анализы почв выполнены по общепринятым методикам, описанным в руководствах СоюзНИХИ (1977) и Е.В. Аринушкиной (1970).

Опыты ставились в 5 вариантах, повторность 3-х кратная, размер делянки 96 м², общая площадь – 1440 м². Опыты для всех культур состоят из следующих вариантов:

1. N₁₆₀ P₁₁₀ K₈₀ – контроль, с минеральными удобрениями. 2. Биогумус, 10 т/га. 3. ВМГ – отход производства биогазовой технологии, 10 т/га. 4. Полуперепревший навоз, 30 т/га. 5. Полуперепревший навоз, 40 т/га. Для хлопчатника и озимой пшеницы и повторных культур в контрольном варианте минеральные удобрения вносятся согласно рекомендации по указанной выше норме, а органические удобрения вносятся один раз для основных, повторных и промежуточных культур, без применения минеральных удобрений.

В настоящей статье остановимся на отдельных результатах исследований в проводимых работах в отношении изменения содержания гумуса, питательных элементов при выращивании хлопчатника и показатели урожайности, а также озимой пшеницы и ее продуктивности.

Результаты и их обсуждение: В исходном состоянии, перед началом опыта, по предлагаемой агротехнологии, до посева хлопчатника (14.04.2018), на делянках всех вариантов опыта, в 0-30 и 30-50 см слоях почвы гумуса содержалось 0,874-1,060% и 0,720-0,924% соответственно (табл 1)

Таблица 1 – Содержание гумуса и подвижных питательных элементов в опытах с хлопчатником, мг/кг

Содержание питательных веществ в почве												
Вар. №	Глубина, см	Гумус, %	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %	NH ₄ +NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
		14.04.2018				03.07.2018			07.09.2018			
1	10-30	1,060	15,14	19	128	17,25	47	229	0,995	8,90	33	208
	30-50	0,905	13,69	16	115	10,44	29	125	0,864	3,61	25	184
2	0-30	0,943	14,36	29	176	31,78	59	214	1,009	15,07	47	247
	30-50	0,924	12,46	22	136	21,38	40	138	0,941	8,01	33	215
3	0-30	0,874	16,14	31	176	38,61	90	229	0,938	11,39	49	214
	30-50	0,720	14,36	27	136	25,62	80	151	0,754	3,61	33	215
4	0-30	0,960	20,70	31	174	23,63	57	214	1,013	12,51	52	265
	30-50	0,886	16,38	27	136	16,36	34	144	0,910	4,61	26	207
5	0-30	1,051	17,32	38	216	45,35	60	207	1,107	11,11	60	266
	30-50	0,893	12,85	30	136	30,65	35	165	0,931	3,91	33	224

В конце вегетации хлопчатника на варианте-1, где применялись только минеральные удобрения, в 0-30 и 30-50 см. слоях его количество несколько снизилось и составило 0,995 и 0,864% соответственно, что равно 0,065 и 0,041%, или на 2,60 и 1,64 т/га.

На варианте-2, где вносили только биогумус в норме 10 т/га, в сравнении с исходными содержанием, в этих слоях почвы отмечено увеличение гумуса на 0,066 и 0,017%, или на 2,64 и 0,68 т/га, а в 0-50 см слое – на 3,32 т/га. На других вариантах с органическими удобрениями также отмечается увеличение его количества.

Так, на варианте-3, где вносили в норме 10 т/га органического удобрения BMG, отмечено увеличение количества гумуса в этих слоях на 0,064 и 0,034%, или на 2,56 и 1,36 т/га, а в 0-50 см слое – на 3,92 т/га. А на вариантах 4 и 5, где вносили только органические удобрения в виде навоза из расчета 30 и 40 т/га, в этих слоях отмечено увеличение гумуса, соответственно, на 0,053 и 0,24% (или 2,12 и 0,96 т/га, в 0-50 см. слое – на 3,08 т/га) и 0,056 и 0,038% (или 2,24 и 1,52 т/га, в слое 0-50 см на 3,76 т/га).

В опыте с хлопчатником, наряду с увеличением в почве содержания гумуса, за период его вегетации по всем основным фазам развития на вариантах 2-5 с органическими удобрениями, отмечено заметное увеличение количества питательных элементов в почве в сравнении с контрольным вариантом-1, где применяли только минеральные удобрения. Эти изменения были отмечены в нашем предыдущем сообщении [4].

Из выше приведенных данных следует отметить, что на посевах культур хлопкового севооборота, применение в количестве 10 т/га биогумуса, органической части производства биогазовой технологии – BMG, а также 30 и 40 т/га органического удобрения – навоза без минеральных удобрений, в сравнении с исходным содержанием, позволяет за вегетацию хлопчатника увеличить содержание гумуса (органического вещества) в 0-50 см слое почвы на 0,077-0,098%, или 3,08-3,92 т/га. А в контрольном варианте с применением только минеральных удобрений отмечено снижение в 0-50 см слое почвы гумуса на 0,106%, или 4,24%.

В отношении динамики доступных растениям форм питательных элементов, по отдельным фазам развития хлопчатника, также получены данные увеличения в 0-50 см слое почвы на вариантах с органическими удобрениями содержания минерального азота в 1,5-2,7 раз в фазе плодообразования и в 1,2-1,8 раз в созревании по сравнению с контрольным вариантом. В отношении подвижного фосфора отмечено увеличение его количества в этих фазах в 1,2-2,2 и 1,3-1,6 раз, а обменного калия – в 1,1-1,25 раз в созревании хлопчатника.

Урожайность хлопчатника, средняя из трех сборов и трех повторностей, составила 32,4 ц/га. Получена прибавка в урожае хлопка-сырца на вариантах с ВМГ и биогумусом в норме 10 т/га в количестве 1,0 и 1,7 ц/га соответственно, а на вариантах с органическими удобрениями в количестве 30 и 40 т/га навоза урожайность была меньше на 1,4 и 1,1 ц/га, соответственно.

По предлагаемой агротехнологии, после хлопчатника, на этих делянках всех вариантов вносили минеральные и органические удобрения, в соответствии со схемой опыта, возделывали озимую пшеницы, при соблюдении агротехники этой культуры.

Ниже остановимся на результатах опыта с озимой пшеницей, где также рассматривалось влияние различных органических удобрений на динамику содержания подвижных элементов питания в основных фазах ее развития и содержания гумуса в конце вегетации растения (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика содержания гумуса и подвижных элементов питания за период вегетации озимой пшеницы, мг/кг

№	Глубина, см	14.04	13.02.2019			11.04.2019			15.07.2019			
		Гумус %	NH ₄ ⁺ NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₄ ⁺ NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус %	NH ₄ ⁺ NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0-30	1,060	16,3	15,0	168	24,5	24,0	180	0,989	18,0	20,0	231
	30-50	0,905	7,9	13,0	132	20,6	19,0	144	0,774	15,0	15,0	177
2	0-30	0,943	24,5	16,0	178	20,5	30,0	181	1,192	25,2	35,0	278
	30-50	0,924	7,0	19,0	142	18,3	17,0	144	1,112	14,3	26,0	211
3	0-30	0,874	16,0	39,0	304	31,4	43,0	192	1,030	15,1	39,0	273
	30-50	0,720	11,6	26,0	160	18,3	23,0	144	0,765	10,5	29,0	211
4	0-30	0,960	15,0	38,0	259	33,0	48,0	241	1,124	15,9	40,0	273
	30-50	0,886	13,0	29,0	168	19,6	22,0	192	0,936	6,3	30,0	208
5	0-30	1,051	19,3	37,0	286	30,5	49,0	294	1,132	17,8	45,0	285
	30-50	0,893	12,0	32,0	181	20,2	23,0	215	1,122	6,3	33,0	203

По данным этой таблицы выявляется, в сравнении с вариантом, где вносили только минеральные удобрения, на вариантах с различными органическими удобрениями без минеральных, по основным фазам вегетации озимой пшеницы не наблюдается уменьшения в почве содержания подвижных элементов питания и отмечается заметное увеличение количества доступного растениям фосфора и калия, при равном или несколько большем содержании минерального азота.

Так, в фазе кущения пшеницы (13.02.2019) в 0-50 см слое почвы самые высокие показатели по содержанию минерального азота отмечены на вариантах 5 и 4, равное 31,3 и 28,0 мг/кг, что превышает контрольный вариант -1 на

7,1 и 3,8 мг/кг, соответственно. Также в этих вариантах самые высокие показатели в 0-50 см слое почвы получены по содержанию подвижного фосфора и обменного калия, равные 69-67 мг/кг и 467-427 мг/кг соответственно, что превышает контрольный вариант на 41-39 мг/кг и 167-127 мг/кг, соответственно.

В фазе трубкования пшеницы (11.04.2019) самые высокие показатели в 0-50 см слое почвы по содержанию минерального азота также получены на вариантах 4 и 5, где отмечено 50,7 и 52,6 мг/кг, что превышает контрольный вариант-1 на 5,6 и 7,5 мг/кг. В вариантах с внесением по 10 т/га биогумуса и ВМГ в 0-50 см слое почвы содержалось 47,0 и 66,0 мг/кг подвижного фосфора, что превышает контрольный вариант на 4,0-23 мг/кг. Наибольшее количество подвижного фосфора приходится на варианты 4 и 5 с высокими нормами навоза, равное в 0-50 см слое на 70,0 и 72,0 мг/кг, что превышает контрольный вариант-1 на 27 и 29 мг/кг соответственно. При близком содержании в этом слое почвы с контрольным вариантом на вариантах с биогумусом и ВМГ по количеству обменного калия, отмечено заметное увеличение его содержания на вариантах с навозом 4 и 5, где оно превышает на 109 и 185 мг/кг.

В фазе созревания пшеницы, во всех вариантах опыта отмечено заметное уменьшение количества минерального азота, а также фосфора в сравнении с предыдущей фазой – трубкования при увеличении содержания обменного калия. В этой фазе в вариантах с органическими удобрениями, отмечено близкое количество минерального азота в 0-50 см слое почвы, при заметном увеличении содержания доступного фосфора и калия на фоне органических удобрений в сравнении с контрольным вариантом. Так, на вариантах 4 и 5 в слое 0-50 см почвы по фосфору отмечено увеличение в сравнении с контрольным на 35 и 43 мг/кг, по калию – на 73 и 80 мг/кг.

Результаты анализа по содержанию гумуса в конце вегетации озимой пшеницы (15.07.2019) повторяют ту же закономерность, что было отмечено по хлопчатнику. Так, на варианте-1, где применяли только минеральные удобрения, в сравнении с исходным содержанием (14.04.2018) в 0-30 и 30-50 см слоях почвы отмечено снижение содержания гумуса на 0,071 и 0,131%, что равно 2,84 и 5,24 т/га, а для слоя 0-50 см составляет 8,08 т/га.

На варианте-2, где вносили 10 т/га биогумуса, в 0-30 и 30-50 см слоях почвы отмечено увеличение содержания гумуса на 0,249-0,188%, или 9,96-7,52 т/га (для слоя 0-50 см равное 17,48 т/га) и варианте-3 с внесением ВМГ – на 0,156-0,045%, или на 6,24-1,80 т/га (в слое 0-50 см равное 8,04 т/га). На вариантах 4 и 5 также отмечено заметное увеличение количества гумуса в сравнении с исходным его содержанием. Так, на варианте-4 эти показатели в 0-30 см и 30-50 см слоях составили 1,164 и 0,05%, или 6,56-2,00 т/га (для 0-50 см слоя равное 8,56 т/га), а на варианте-5 с высокой нормой 40 т/га навоза – 0,081 и 0,229%, или 3,24-9,16 т/га (для слоя 0-50 см равное 12,40 т/га).

Следовательно, по полученным данным, за истекший период в контрольном варианте только с минеральными удобрениями в 0-30 и 30-50 см слое отмечено уменьшение гумуса на 0,071 и 0,131%, что в пересчете на 0-50 см слой почвы составляет 8,08 т/га. На вариантах с органическими удобрениями в этих

слоях отмечено увеличение гумуса соответственно: 0,249-0,188%; 0,156-0,045%; 1,164-0,05% и 0,081-0,229%, что равно для слоя 0-50 см в т/га: 17,48; 8,04; 8,56 и 12,40.

Эти положительные результаты в отношении улучшения питательного режима почвы и обогащения ее органическим веществом сказались на росте, развитии и урожайности озимой пшеницы.

По показателям растения в 1 м² в фазе созревания пшеницы в контрольном варианте количество продуктивных ветвей составило 400 штук, на вариантах 2-5 отмечено увеличение на 109-201 штук. Общий вес одного растения в контроле составил 1056,3 г, а на вариантах с органическими удобрениями этот показатель составил соответственно, в граммах: 1387,2; 1312,0; 1269,0 и 1297,7, что выше на 212,7-330,9 г. Вес 1000 зерен в контрольном варианте составил 43,6 г, а на вариантах 2-5 отмечено увеличение от 2,9 до 9,2 г. Урожайность пшеницы на контрольном варианте составила 51,6 ц/га, а на вариантах с органическими удобрениями получена прибавка от 3,8 до 10,6 ц/га.

Выводы

1. Последовательное выращивание хлопчатника и озимой пшеницы по предлагаемой агротехнологии, направленной на биологизацию земледелия, за вегетацию растений показало значительное увеличения в почве содержания подвижных элементов питания на вариантах с органическими удобрениями по сравнению с внесением одних минеральных удобрений.

2. Применение органических удобрений, наряду с улучшением питательного режима почвы, способствовало за вегетацию хлопчатника и озимой пшеницы увеличению в почве общего гумуса в 0-50 см слое почвы от 8,04 до 17,48 т/га в сравнении с вариантом, где применяли только минеральные удобрения. В результате этого получена прибавка в урожае озимой пшеницы 3,8-10,6 ц/га при урожайности 51,6 ц/га в контрольном варианте.

Библиографический список

1. Ташкузиев М.М., Шербеков А.А. Органическое вещество некоторых почв сероземного пояса и агротехнологии направленные на повышения их плодородия «Аграрная наука – сельскому хозяйству» III Международная научно – практическая конференция. Сборник статей. – Барнаул, 2008.
2. Ташкузиев М.М. Методические указания по использованию содержания в почве общего гумуса и подвижных гумусовых веществ в качестве показателей ее плодородия. Ташкент, 2006. – 47 с.
3. Ташкузиев М.М., Зиямухамедов И.А. Концепция научных основ оптимизации химического состава почвы, повышения ее плодородия и предложения производству. –Ташкент, 2004. – 40 с.
4. Ташкузиев М.М., Очилов С.К., Бердиев Т.Т. Агротехнология повышения плодородия почв сероземного пояса в системе культур хлопкового севооборота // «Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов». Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Курск, 2019. – С. 32-36.
5. Ташкузиев М.М., Каримбердиева А.А., Бердиев Т.Т., Очилов С.К. Агротехнологии повышения плодородия почвы пустынной зоны Приаралья при возделывании хлопчатника // «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия». Сборник докладов Международной научно-практической конф. г. Курск, 24-25 апреля 2019 г. – С. 356-359.
6. Ташкузиев М.М., Шадиева Н.И., Очилов С.К., Бердиев Т.Т. Повышение плодородия

почвы, урожайности возделываемых культур биологизацией земледелия // «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия». Сборник докладов Международной научно-практической конф. г. Курск, 24-25 апреля 2019 г., – С. 352-356.

УДК 631.58:631.61

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

Немцев С.Н., Сабитов М.М., Науметов Р.В., Кузина Е.В., Шарипова Р.Б.,

Власов В.Г., Захарова Л.Г., Никифорова С.А., Кильянова Т.В.

Ульяновский НИИСХ-филиал СамНЦ РАН, г. Ульяновск

E-mail: uniish73@mail.ru

Резюме. В статье представлены результаты научных исследований Ульяновского НИИСХ-филиала СамНЦ РАН по основным направлениям в адаптивно-ландшафтном земледелии Ульяновской области. Приводятся агрофизические, агрохимические и биологические показатели изучаемых факторов, влияние климатических условий на плодородие почвы, урожайность и качество продукции новых и нетрадиционных сортов, а также рациональное применение отвальных, безотвальных и минимальных обработок почвы залежных почв в поле-вом севообороте для возврата в сельскохозяйственный оборот подобных категорий земель.

Summary. The article presents the results of scientific research of the Ulyanovsk research Institute-branch of the Samnc RAS in the main directions in adaptive landscape agriculture of the Ulyanovsk region. Are agrophysical, agrochemical and biological parameters of the studied factors, the influence of climatic conditions on soil fertility, yield and product quality of new and unconventional varieties and rational use of dump, subsurface and minimum processing of the soil fallow soil in field crop rotation to return to agricultural use of such land categories.

Россия относится к числу стран, сельское хозяйство которой в значительной степени зависит от колебаний и изменений климатических условий.

За последние десятилетия достигнут существенный прогресс в отечественных исследованиях по этой проблеме с использованием методов статистического анализа и математического моделирования.

В Ульяновском НИИСХ проводятся исследования по установлению влияния климатических условий на продуктивность зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья.

Сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на климатические изменения в зависимости от видов и сортов, характеристик почв, уровня минерального питания, наличия вредителей и патогенных организмов, а также, температуры воздуха и условий увлажнения [1].

В работе представлены результаты изменения климатических ресурсов: средняя годовая температура воздуха за 1961-2018 гг. в Ульяновском регионе повысилась на 1,8 °С, наиболее значительное повышение температуры отмечено в последний тридцатилетний отрезок времени, в зимний период. При анализе временных значений динамики среднемесячных сумм осадков выявилось что: минимальное количество осадков выпадает в зимние месяцы, в июне – июле они максимальны.

Анализ динамики урожайности выявил, что почвенно-климатические

условия Ульяновской области позволяют получать урожайность зерновых культур на уровне 2,0-2,5 т/га, что свидетельствует об имеющихся резервах для повышения эффективности ведения земледелия в регионе.

Многолетняя средняя годовая температура воздуха по территории Ульяновской области, осредненная за период 1961-2018 гг., повсеместно положительная и колеблется от 4,3° до 5,1 °С.

По данным последнего десятилетия (2011-2018 гг.) является самым теплым – средняя годовая температура составляет 5,5 °С. На рисунке 1 приведены среднемесячные значения температуры воздуха по месяцам, за год и за весь пятидесятилетний период (1961-2018 гг.). Эти данные интересны в том отношении, что они позволяют удовлетворить запросы о так называемых средне-многолетних данных.

Рисунок 1 – Годовой ход температуры воздуха за 1961 – 2018 гг.

Как видно из рисунка 1, четко прослеживается годовой ход температуры воздуха.

В январе в самом холодном месяце года – средняя многолетняя температура воздуха колеблется по территории области в пределах от –10,7° до –11,4°С. Она начинает возрастать с марта до июня в связи с увеличением продолжительности дня и приходящей солнечной радиации. Так, с марта по апрель многолетние средние месячные температуры возрастают на 10°С и более. Самым теплым месяцем года является июль. Распределение многолетней среднеиюльской температуры по территории области достаточно однородное и колеблется от 18,2° до 20,4 °С. Далее в годовом ходе температура воздуха понижается. В ноябре ее многолетние среднемесячные значения уже отрицательны.

Определенный интерес в результате изменения климата представляют так же исследования изменчивости количества осадков (рис.2).

Здесь максимальное значение показано 64 мм в июле, а минимальное – 25 мм в феврале.

Рисунок 2 – Внутригодовое распределение осадков на территории Ульяновской области.

В работе обобщен многолетний опыт использования ГТК при оценке влагообеспеченности территории и исследования зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от агроклиматических условий в период вегетации, предложена следующая шкала классификации уровней влагообеспеченности по значениям ГТК (табл. 1).

Таблица 1 – Повторяемость ГТК по области в период 1961 – 2018 гг. согласно классификации Е.К. Зоидзе и Т.В. Хомяковой

ГТК	Характер влагообеспеченности	Кол-во лет	%
>1,5	Избыточная	3	5
1,5-1,41	Повышенная	1	2
1,41-1,10	Достаточная (оптимальная)	12	21
1,10-0,76	Недостаточная	23	40
0,75-0,61	Низкая (слабая засуха)	13	22
0,60-0,40	Очень низкая (средняя засуха)	3	5
0,40-0,21	Исключительно низкая (сильная засуха)	3	5
<0,20	Катастрофически низкая (очень сильная засуха)	—	—

Согласно данным таблицы 1, достаточная влагообеспеченность из всего 58 – летнего периода наблюдалась лишь 12 раз (21%), неблагоприятные условия по влагообеспеченности наблюдались в большем числе лет. Засушливые условия формировались 19 раз (32%).

ГТК более тесно связан с осадками, чем с температурой воздуха. Так, для первой части вегетационного периода (апрель – июнь) коэффициент корреляции между ГТК и температурой воздуха составил – 0,36 (отрицательная связь), а с осадками 0,69.

Недостаточное количество влагообеспеченности наблюдалось в течение 19 лет (32%), погода с низкой влагообеспеченностью составляла 22% – 13 лет. Годы с повышенной и избыточной влагообеспеченностью составляют 4 года (7%). В течение 6 лет (10%) по Ульяновской области наблюдалась средняя и сильная засуха. Необходимо также отметить, что в основной период вегетации на всех пунктах области наблюдается снижение повторяемости умеренно засушливых типов погоды с ГТК=0,6-0,7 и одновременно увеличивается повторяемость влажных (ГТК>0,8) и сильно засушливых периодов с ГТК<0,5.

Для иллюстрации приведем соответствующие данные по Ульяновской области по выявлению тенденции изменения урожайности за 58 лет.

Как видно из рисунка 3 в динамике – урожайность зерновых увеличилась. Полученная прямая удовлетворительно характеризует изменение урожайности, резкие отклонения от этой линии вызваны значительной вариацией метеорологических условий.

Рисунок 3 – Динамика урожайности зерновых культур в Ульяновской области за 1961 – 2018 гг.

Определения эффекта изменения количества осадков, температуры обладающих близкими уровнями по признаку, объединены в группы с последующим сравнением средней урожайности.

Средняя годовая температура, максимальная урожайность наблюдается в средней группе за апрель-июнь, где значение температуры воздуха весенне-летнего периода наименьшая (табл. 2).

Таблица 2 – Средняя урожайность зерновых культур (ц/га) по Ульяновской области в зависимости от количества осадков (мм), температуры (°C) и ГТК

Пределы осадков, температуры и ГТК (интервалы группы)	Число лет	Среднее количество осадков (мм), температуры (°C) и ГТК	Урожайность зерновых, ц с 1 га
1	2	3	4
группы по количеству весенних (апрель – июнь) осадков			
37–100	17	80	10,7
101–150	26	131	16,0
151–206	15	174	17,5
группы по количеству зимних (ноябрь – март) осадков			
82–140	19	118	10,9
141–200	32	166	15,3
201–260	6	223	14,9
группы по значению средней годовой температуры.			
1,5 – 3,4	8	2,9	14,9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
3,5 – 5,0	26	4,3	15,3
5,1 – 6,6	24	5,6	14,8
группы средней температуры воздуха за период апрель – июнь.			
10,0 – 12,0	23	11,4	15,8
12,1 – 14,0	27	12,9	15,3
14,1 – 16,3	8	15,1	10,8
группы по значению ГТК			
0,23 – 0,50	4	0,27	9,0
0,51 – 1,0	38	0,80	14,6
1,1 – 1,55	16	1,25	17,5

Согласно таблице 2, температурно-влажностные показатели первой половины вегетационного периода заметно сказываются на урожайности сельскохозяйственных культур, что подтверждает концепцию И.П. Броунова о критических периодах в развитии растений.

Таким образом, с целью адаптации и повышения биопродуктивности растений в Ульяновской области рекомендуется возделывать менее зимостойкие культуры: озимый ячмень, озимая тритикале и озимый рапс, т.е производить замену яровых на более урожайные озимые. В Заволжской зоне, где наблюдается максимальный рост осадков, размещать влаголюбивые культуры и сорта, а в Южной зоне – наиболее засухоустойчивые.

В Ульяновском НИИСХ проводятся опыты по влиянию предшественников на влагообеспеченность, засоренность, урожайность яровых зерновых и зернобобовых культур в условиях лесостепи Поволжья.

Выбор предшественника в различных севооборотах имеет большое значение в современных агроландшафтных системах земледелия [2].

Проведенные исследования показали, что плотность почвы, в слое 0-30 см, во всех изучаемых вариантах находилась на уровне 0,87-1,03 г/см³ (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние различных предшественников на агрофизические свойства почвы

Предшественник	Показатели				
	плотность, г/см ³	продуктивная влага в мм, слой в см			
		фаза полных всходов		фаза полной спелости	
		0-30	0-100	0-30	0-100
Яровая пшеница					
Горох	1,03	35,1	146,4	41,6	184,2
Яровая пшеница	1,00	31,2	71,1	36,7	127,8
Картофель	1,02	31,8	142,3	39,4	144,0
Овес					
Яровая пшеница	0,87	36,5	114,8	42,1	153,5
Картофель	1,03	35,5	137,9	20,3	132,8
Горох					
Яровая пшеница	0,98	28,9	133,3	39,8	132,9
Картофель	1.01	28.1	87.2	28.2	94.6

Это свидетельствует о том, что при возделывании яровых зерновых культур на тяжелосуглинистых обыкновенных черноземах более рыхлое сложение пахотного слоя, что объясняется ее обработкой с оборотом пласта, большим содержанием органического вещества и гумуса.

Наибольшие запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы, в фазу полных всходов культур были отмечены на яровой пшенице по гороху – 35,1, на овсе по яровой пшенице и картофелю 36,5 и 35,5 мм соответственно. Наибольшая концентрация запасов продуктивной влаги в метровом слое была под посевами яровой пшеницы по гороху и картофелю – 146,4 и 142,3 мм соответственно. Несколько ниже на овсе по картофелю и горохе по яровой пшенице 137,9 и 133,3 мм.

Наилучшая сохранность влаги в фазу полной спелости культур, как в пахотном, так и метровом слое почвы отмечалась на яровой пшенице по гороху – 41,6 и 184,2 мм и овсе по яровой пшенице – 42,1 и 153,5 мм соответственно.

Засоренность посевов, на изучаемых культурах была более 15 шт/м², то есть выше экономического порога вредоносности. Наглядно это просматривалось на повторных посевах яровой пшеницы и по картофелю (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние различных предшественников на засоренность яровых зерновых и зернобобовых культур.

Яровая зерновая и зернобобовая культуры:			
Предшественник	Засоренность посевов		
	фаза полных всходов	фаза полной спелости	
	шт./м ²	г./м ²	
Яровая пшеница			
Горох	16,7	3,3	69,1
Яровая пшеница	20,0	18,0	100,8
Картофель	18,5	18,8	81,2
Овес			
Яровая пшеница	20,9	11,4	80,9
Картофель	18,2	10,0	57,5
Горох			
Яровая пшеница	17,0	22,1	190,0
Картофель	15,6	35,6	280,9

Высокая засоренность отмечалась на горохе и овсе по предшественнику яровая пшеница 20,9 и 17,0 шт./м² соответственно.

К фазе полной спелости культур конкурентная способность гороха на всех изучаемых вариантах опыта снижалась, что приводило практически к увеличению количества и массы сорной растительности.

Лучшая конкурентная способность отмечена по яровой пшенице по гороху, здесь зафиксировано наименьшее количество сорняков – 3,3 и овсу по яровой пшенице и картофелю 11,4 и 10,0 шт./м² соответственно.

Максимальная урожайность яровой пшеницы – 2,42 т/га, получена при возделывании ее по гороху. Урожайность по картофелю и повторному ее посеву была ниже на 0,38 и 0,46 т/га, или 15,7 и 30,0% соответственно (табл. 5).

Таблица 5 – Урожайность зерна яровой пшеницы, овса гороха в зависимости от предшественника, т/га

Предшественник	Культура		
	Яровая пшеница	Овес	Горох
Горох	2,42	–	–
Яровая пшеница	1,96	1,64	1,70
Картофель	2,04	2,03	1,35
НСР₀₅	0,109	0,057	0,138
P, %	1,30	0,51	1,49

Урожайность овса составила 1,64-2,03 т/га, где наибольшая была получена по картофелю.

Горох возделывался по предшественникам яровой пшеницы и картофеля, урожайность его варьировала от 1,35 до 1,70 т/га, где наибольшая была отмечена по яровой пшенице. На этом варианте урожайность гороха была на 0,35 т/га, или 25,9%.

Таким образом, возделывание яровой пшеницы по гороху, овса по картофелю, а гороха по яровой пшенице в условиях лесостепи Среднего Поволжья позволяет повысить урожайность этих культур на 15,7-30,0%.

В институте изучаются оптимальные способы основной обработки почвы, обеспечивающие рациональное использование биоклиматических ресурсов и повышение продуктивности озимой пшеницы, в условиях лесостепи Поволжья.

Одним из важнейших направлений в структурной перестройке методов ведения сельскохозяйственного производства в последние годы является совершенствование систем и способов обработки почвы, которое идет в основном в направлении их ресурсосбережения и природоохранной направленности [3].

Так, урожайность озимой пшеницы на различных вариантах опыта варьировала в пределах от 4,47 до 4,64 т/га (табл. 6).

Таблица 6 – Изменение урожайности озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы, и внесения удобрений, т/га

Обработка почвы	Удобрения				Среднее
	Без удобрений	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Фитотрикс	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + фитотрикс	
Вспашка на 20-22 см.	4,22	4,64	4,45	4,82	4,53
Вспашка на 25-27 см.	4,50	4,76	4,53	4,79	4,64
Вспашка на 20-22 см (весна)	4,22	4,58	4,37	4,74	4,47
Гребнекулисная до 35см	4,27	4,81	4,48	4,97	4,63
Дискование на 6-8 см.	4,13	4,73	4,53	4,86	4,56
Плоскорезная на 13-15 см.	4,35	4,69	4,67	4,88	4,64
<i>Среднее</i>	4,28	4,70	4,50	4,84	
НСР_{0,05} А-0,124 (обработки) В-0,236 (удобрения) АВ-0,473					

В среднем за годы исследований из отвальных обработок более эффективной по действию на продуктивность озимой пшеницы оказалась глубокая осенняя вспашка, где превысило обычную осеннюю и весеннюю вспашку на 0,11-

0,17т/га. Из безотвальных обработок наибольший урожай получен на вариантах с гребнекулисной и плоскорезной обработкой соответственно 4,63-4,64т/га, при этом все бесплужные обработки по величине урожая озимой пшеницы не уступали контролю (осенняя вспашка на 20-22см).

При применении минеральных удобрений урожайность озимой пшеницы повысилась на 0,42, а совместно с биологическим фунгицидом «Фитотрикс» была выше на 0,56 т/га, чем на фоне без удобрений. Использование биологического препарата в чистом виде, прибавка к неудобренному фону составила 0,22 т/га.

Затраты совокупной энергии при возделывании озимой пшеницы по вариантам опыта изменялись от 35320 до 38705 МДж/га, где наибольшие были отмечены по глубокой осенней вспашке (табл. 7).

Таблица 7 – Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от обработки почвы

Обработка почвы	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Накопление основной и побочной энергии, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
Вспашка на 20-22 см.	38600	150627	3,90
Вспашка на 25-27 см.	38705	154285	3,99
Вспашка на 20-22 см (весна)	38600	148632	3,85
Гребнекулисная до 35см	36495	153952	4,22
Дискование на 6-8 см.	35320	151625	4,29
Плоскорезная на 13-15 см.	36090	154285	4,27

Максимальное количество энергии было накоплено по плоскорезной обработке и глубокой вспашки 154285 МДж/га.

Коэффициент энергетической эффективности, возделывания озимой пшеницы с учетом затрат техногенной энергии по вариантам опыта изменялся от 3,85 до 4,29, где наибольшее значение было получено по дисковой обработке.

Таким образом, на выщелоченных черноземах лесостепи Среднего Поволжья в качестве основной обработки под озимую пшеницу рекомендуется наряду с традиционной вспашкой на 22 см, использование мелкой и поверхностной обработки. Это позволит без снижения продуктивности пашни экономить 10-12% производственных затрат, снизить в 2-3 раза расход топлива, повысить на 31-35% рентабельность производства зерна, обеспечить максимальный выход энергии с основной и побочной продукции.

В Ульяновском НИИСХ проводятся исследования по выбору оптимальных способов основной обработки залежных почв в полевом севообороте для возврата в сельскохозяйственный оборот подобных категорий земель.

Залежные земли в большинстве случаев относятся плодородным землям и способны давать хороший урожай сельскохозяйственных культур. С точки зрения академика РАСХН Г.А. Романенко оптимальное решение этой проблемы

состоит в возвращении наиболее продуктивной части залежных земель в сельскохозяйственное производство [4].

Изучались четыре различных способа основной обработки залежных земель: Вспашка ПЛН 5-35 на 23-25 см; Безотвальная обработка на 23-25 см; Гребнекулисная обработка орудием ОП 3С на 13-15 см; Мелкая обработка орудием БДМ – 3 на 10-12 см.

Исследованиями установлено, что исходная агрохимическая характеристика почвы на данном опытном участке в 2000 году содержание гумуса составило 7,50%, подвижного фосфора – 19,8 мг/100г, обменного калия – 13,0 мг/100г, степень кислотности – $pH_{\text{сол.}}$ 6,2 (табл. 8).

Таблица 8 – Сравнительная агрохимическая характеристика на залежных почвах

Период обсле- дова- ния почвы	Агрохимические показатели почвы			
	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/100г почвы	K ₂ O, мг/100г почвы	$pH_{\text{сол.}}$
2000 год	7,50 (повышенное)	19,8 (высокое)	13,0 (высокое)	6,2 (нейтральная)
2014 год	7,39 (повышенное) (–0,11)	18,5 (высокое) (–1,3)	7,10 (среднее) (–5,9)	6,4 (нейтральная)
2020 год	7,03 (повышенное) (–0,47)	13,5 (среднее) (–6,3)	3,9 (низкое) (–9,1)	7,3 (нейтральная)

Проведенное в дальнейшем агрохимическое исследование почвы на этом участке поля (залежь) в 2014 году позволило получить следующие результаты. Содержание гумуса составило 7,39%, что на 0,11% ниже показателя 2000 года (7,5%).

Существенное снижение отмечено по содержанию обменного калия в почве. В 2000 году с высокого уровня 13,0 мг/100г почвы – до среднего 7,10 мг/100г почвы в 2014 году, составив разницу 5,9 мг/100г почвы. Снижение подвижного фосфора отмечено с 19,8 до 18,5 мг/100г почвы, но его содержание осталось высоким.

По показателю степени кислотности почвы изменений за этот период не произошло: $pH_{\text{сол.}}$ почвы составила 6,4 т.е. осталась нейтральной.

Последующее изучение агрохимического состояния почв на залежи в 2020 году показало дальнейшее снижение плодородия на этих категориях земель. Так, снижение гумуса составило по отношению к 2000 году 0,47%, фосфора – 6,3, калия – 9,1 мг/100 г почвы.

Таким образом, на залежных землях плодородие почвы за счет естественной растительности и деятельности животного мира неспособно к самовосстановлению. По этой причине нужны комплексные мероприятия для качественного ввода этих категорий земель в сельскохозяйственный оборот.

Предложенные мероприятия, а именно: способы основной обработки почвы в севообороте с бобовыми многолетними травами с внесением соломы

и минеральных удобрений – дали положительные результаты по восстановлению плодородия почвы до уровня соответствия высокому плодородию выщелоченного чернозема.

В представленной таблице 9 показано положительное изменение агрохимического состояния на вновь освоенных залежных землях с периода 2014 года по 2020 год.

Таблица 9 – Агрохимическая характеристика почвы

Сроки отбора, год	Место отбора	Способы основной обработки почвы	Агрохимические показатели плодородия почвы					
			Гумус, %	+/-	P ₂ O ₅ , мг/100г почвы	+/-	K ₂ O, мг/100г почвы	+/-
2014	залежь	Без обработки	7,39	–	18,5	–	7,10	–
2020	залежь	Без обработки	7,03	–0,36	13,5	–5,0	7,03	–0,07
2020	Севооборот	Мелкая	7,46	+0,07	16,2	–2,3	7,30	+0,20
		Гребнекул.	7,43	+0,04	15,4	–3,1	7,40	+0,30
		Безотвальная	7,47	+0,08	15,4	–3,1	7,60	+0,50
		Отвальная	7,46	+0,07	15,4	–3,1	7,60	+0,50

Так, если на залежи с периода 2014 по 2020 года продолжалось значительное падение содержания гумуса с 7,39 до 7,03% (–0,36%), то по завершению ротации севооборота в посевах люцерны четвертого года жизни на различных вариантах с основной обработкой почвы этот показатель плодородия возрос на 0,04-0,08%. Так, на вариантах с минимальной обработкой содержание гумуса составило 7,46; гребнекулисной – 7,43; безотвальной – 7,47 и отвальной – 7,46%. Также повысилось содержание фосфора и калия в почве. Если на залежи 2020 года по отношению к 2014 разница по фосфору составляла 5,0 мг/100 г почвы, то на вариантах освоенной залежи она не превышала 3,1 мг/100 г почвы. Обеспеченность калием практически была на уровне исходной 2014 года.

Наибольшая продуктивность в звене севооборота была сформирована на вариантах чередования мелкой с гребнекулисной обработкой (3,56 т/га), ежегодной мелкой (3,54 т/га) и мелкой с отвальной вспашкой (3,53 т/га). На этих вариантах были получены относительно контроля (3,30 т/га) наибольшие прибавки урожайности зерна, соответственно 0,26; 0,24; 0,23 т/га (табл.10).

При этом средняя урожайность зерна, полученная по звену севооборота, составила от 3,50 до 3,51 т/га, что на 0,20-0,21 т/га выше показателя контрольного варианта. Это было достигнуто на вариантах при чередовании безотвальной с гребнекулисной обработкой, отвальной вспашки с гребнекулисной, ежегодной безотвальной, безотвальной с мелкой и отвальной вспашки с мелкой обработкой.

Применение ежегодной вспашки в звене севооборота в целом уступало по своему влиянию на продуктивность возделываемых культур по отношению к периодическому применению различных способов обработки почвы. Ежегодная мелкая, гребнекулисная и безотвальная обработки почвы также имели преимущество перед вспашкой по своему влиянию на урожайность возделываемых культур. В то же время проводимая ежегодно гребнекулисная обработка по

своей эффективности уступала безотвальной и мелкой обработкам.

Таблица 10 – Продуктивность звена севооборота, т/га

Способы основной обработки почвы под культуры звена севооборота			Урожайность, т/га	+/-
Оз.пшеница	Яр.пшеница	Ячмень		
Мелкая	Вспашка	Мелкая	3,53	+0,23
Гребнекулисная	Вспашка	Гребнекулисная	3,36	+0,06
Безотвальная	Вспашка	Безотвальная	3,47	+0,17
Вспашка	Вспашка	Вспашка	3,30	–
Мелкая	Безотвальная	Мелкая	3,43	+0,13
Гребнекулисная	Безотвальная	Гребнекулисная	3,31	+0,01
Безотвальная	Безотвальная	Безотвальная	3,51	+0,21
Вспашка	Безотвальная	Вспашка	3,44	+0,14
Мелкая	Гребнекулисная	Мелкая	3,56	+0,26
Гребнекулисная	Гребнекулисная	Гребнекулисная	3,36	+0,06
Безотвальная	Гребнекулисная	Безотвальная	3,50	+0,20
Вспашка	Гребнекулисная	Вспашка	3,51	+0,21
Мелкая	Мелкая	Мелкая	3,54	+0,24
Гребнекулисная	Мелкая	Гребнекулисная	3,37	+0,07
Безотвальная	Мелкая	Безотвальная	3,51	+0,21
Вспашка	Мелкая	Вспашка	3,51	+0,21

В Ульяновском НИИСХ проводятся экспериментальные исследования по разработке адаптивной технологии формирования высококачественного урожая нового сорта пшеницы мягкой яровой «Бурлак» для условий лесостепи Поволжья.

Уровень урожайности и качество зерна яровой пшеницы лимитирует недостаточная обеспеченность растений влагой и элементами питания. В связи с этим совершенствование технологии продовольственного зерна яровой пшеницы должно быть направлено на накопление, эффективное использование влаги и улучшение уровня питания [5].

При определении оптимального уровня минерального питания изучаемых сортов было установлено, что сорт Бурлак по фону без удобрений обеспечил максимальную прибавку урожайности (0,34 т/га) на вариантах 4 и 6, где была проведена некорневая обработка растений раствором мочевины в дозе N₂₅ в фазу кущения и в дозе N₂₅ (кущение) + N₃₀ (колошение), и раствором хелат цинка в фазу колошения, по отношению к контролю (табл. 11).

На остальных вариантах прибавка урожайности не достоверна. Отмечается, что в изучаемом засушливом 2019 году, на первом фоне с дозой внесения удобрений N₂₄P₆K₀ кг/га д.в. до посева по всем вариантам расчетная урожайность на 4,0 т/га не оправдана полученным урожаем.

На втором фоне, также по всем вариантам, расчетная урожайность на 5,0 т/га при внесении удобрений в дозе N₆₄P₁₈K₃₅ кг/га д.в. до посева оправдана полученным урожаем в среднем на 72%. Средняя урожайность по фону составила 3,60 т/га.

Таблица 11 – Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от уровней минерального питания, т/га

Вариант (обработка семян, подкормка) (фактор В)		Фон (фактор А)						
		О	+/-	1 (4,0 т/га)	+/-	2 (5,0 т/га)	+/-	среднее
St Ульяновская 105		3,37		3,17		3,61		3,38
Бурлак	1. О (контр.)	3,12		3,42		3,43		3,32
	2. N ₂₅ (кущ.)	3,32	0,20	3,34	-0,08	3,68	0,25	3,45
	3. N ₃₀ (кол.)	3,27	0,15	3,46	0,04	3,52	0,09	3,41
	4. N ₂₅ (кущ.) + N ₃₀ (кол.)	3,46	0,34	3,37	-0,05	3,74	0,31	3,53
	5. Zn (кущ.)	3,40	0,28	3,40	-0,02	3,55	0,12	3,45
	6. Zn (кол.)	3,46	0,34	3,35	-0,07	3,53	0,10	3,45
	7. Zn (кущ.) + Zn (кол.)	3,41	0,29	3,30	-0,12	3,63	0,20	3,45
	8.Ризоагрин (об. семян)	3,34	0,22	3,37	-0,05	3,66	0,23	3,46
	9. Ризоагрин (об. семян) + Zn (колошение)	3,34	0,22	3,29	-0,13	3,56	0,13	3,40
	10. Ризоагрин (об. семян) + Zn (кущ.) + N ₃₀ (кол.)	3,26	0,14	3,18	-0,24	3,67	0,24	3,37
Среднее		3,34		3,35		3,60		3,43
НСР ₀₅ : фактор А		0,093						
фактор В								
варианты		0,293						
НСР ₀₅ – Ульяновская 105		0,300						

* – Фон 0 – без удобрений; Фон 1 – N₂₄P₆K₀ кг/га д.в. до посева; Фон 2 – N₆₄P₁₈K₃₅ кг/га д.в. до посева

По данному фону, по отношению контрольному варианту, достоверная прибавка урожайности (+0,31 т/га) получена на 4 варианте, где была проведена внекорневая подкормка мочевиной в дозе N₂₅ в фазу кущения и в дозе N₃₀ в фазу колошения.

Существенные различия урожайности между вариантами получены в 4,7,8 вариантах.

Внекорневая подкормка в фазу колошения, являющаяся эффективным приемом повышения качества зерна, обеспечила прибавку в среднем по опыту лишь на 0,09 т/га по сравнению с контрольным вариантом, в то время как обработка раствором мочевины в фазу кущения и колошения обеспечила наибольшую прибавку в опыте – 0,23 т/га.

Сорт-контроль Ульяновская 105, который возделывался по всем трем фонам (0, 1, 2), но без подкормок, по сравнению с контрольным вариантом сорта Бурлак (вариант 1 – без подкормок), имел преимущество в урожайности на 0,06 т/га. Ульяновская 105 доказывает в засушливых условиях, что является сортом, отзывчивым на высокие дозы минеральных удобрений. Прибавка урожайности на фоне внесения удобрений в дозе N₆₄P₁₈K₃₅ кг/га д.в. до посева (фон 2) по отношению к безудобренному фону составила 0,24 т/га.

Таким образом, расчетная урожайность на 4,0 т/га и на 5,0 т/га не оправдана полученным урожаем. Сорт Бурлак по фону без удобрений обеспечил максимальную достоверную прибавку урожайности (0,34 т/га) на вариантах 4 и 6, по фону 2 достоверная прибавка урожайности (+0,31 т/га) получена на 4 варианте. Доля влияния на содержание белка и клейковины показателя фактора В (обработка семян, подкормка) существенна и составляла, соответственно 68,3% и 70,8%.

На базе Ульяновского НИИСХ в 2017-2019 гг. были проведены полевые опыты по определению влияния норм высева компонентов в сложных агроценозах на фитоценотические взаимоотношения видов, а также фитосанитарное состояние и продуктивность посевов люпина.

Смешанные посевы люпина со злаковыми культурами – одно из перспективных направлений биологической интенсификации растениеводства. Это особенно актуально в условиях экономического кризиса и ресурсного дефицита. Смешивание люпина со злаковой культурой в определенных соотношениях и их совместное выращивание становится мощным фактором, оказывающим комплексное взаимное влияние на компоненты растительного сообщества, связанного с изменением минерального питания, химического состава возделываемых культур, физико-химических свойств почвы, улучшение фитосанитарного состояния, лучшего использования других факторов внешней среды, что, в конечном итоге, приводит к повышению продуктивности агрофитоценозов [6].

Установлено, что продуктивность люпино-злаковых агрофитоценозов при уборке на зеленую массу значительно изменялась, прежде всего, в зависимости от условий вегетационного периода, а затем от соотношения компонентов в смесях (таб. 12).

Условия 2017 года позволили получить 18,2-23,8 т/га зеленой массы, в 2018 году лишь 6,7-9,7 т/га и в 2019 году 8,3-11,1 т/га.

Наибольшую вегетативную массу формировали чистые посевы люпина (13,1 т/га), а также смеси люпин-яровая пшеница и люпин-овес с соотношением компонентов 70:45 и 70:60 (14,04-15,14 т/га), наименьшую зеленую массу имели чистые посевы ячменя (11,03-11,46 т/га). По сбору сухого вещества преимущество также было за смесями люпина с яровой пшеницей и овсом с соотношением 70:45 и 70:60.

Немного уступали варианты с соотношением 50:50. На посевах люпина с ячменем наибольшее накопление зеленой массы и сухого вещества отмечено при соотношении 70:60. В данных кормосмесях выход кормовых единиц с урожаем также был наибольшим (2,9-3,2 т к.ед./га).

Таким образом, продуктивность смешанных посевов люпина с яровой пшеницей была на 0,11-0,63 т/га (5,3-30,4%), с овсом на 0,04-0,66 т/га (1,9-32%), с ячменем на 0,29-0,63 т/га (14-30,4%) выше по сравнению с чистыми одновидовыми посевами люпина по сравнению с чистым посевом люпина. Применение фунгицида не оказало влияния на накопление зеленой массы посевов.

Таблица 12

Урожайность зеленой массы и кормовая продуктивность чистых и смешанных люпино-злаковых посевов

Культура, смесь	Выход с 1 га, т										Переваримый протеин на 1 кг сухого вещества, г		Выход обменной энергии, ГДж/га	
	зеленой массы		сухого вещества		кормовых единиц		переваримого протеина							
									1*	2*	1	2	1	2
Люпин	13,13	12,39	2,07	1,93	2,53	2,26	0,27	0,25	132,6	130,7	22,4	20,5		
Яр. пшеница	13,44	12,57	2,71	2,53	2,29	2,18	0,22	0,22	80,7	85,9	21,6	20,9		
Овес	12,21	12,27	2,33	2,33	2,42	2,80	0,20	0,24	85,0	100,4	21,8	24,0		
Ячмень	11,03	11,46	2,38	2,52	2,65	2,91	0,18	0,22	75,7	86,0	24,0	25,6		
Люпин (50) + пшеница (50)	13,85	14,36	2,68	2,66	2,99	3,02	0,31	0,30	113,7	112,3	27,1	26,5		
Люпин (70) + пшеница (30)	12,71	13,92	2,28	2,50	2,57	2,69	0,28	0,32	123,8	126,7	23,4	24,6		
Люпин (70) + пшеница (45)	14,04	14,50	2,69	2,66	2,90	3,05	0,32	0,28	113,6	103,3	27,5	26,5		
Люпин (70) + пшеница (60)	14,73	14,58	2,70	2,73	3,23	3,07	0,31	0,28	105,9	101,8	29,7	27,2		
Люпин (50) + овес (50)	14,36	14,47	2,55	2,63	2,79	3,07	0,29	0,28	112,5	105,5	25,9	26,6		
Люпин (70) + овес (30)	12,85	13,21	2,11	2,35	2,38	2,69	0,25	0,28	117,3	117,8	21,9	23,8		
Люпин (70) + овес (45)	14,68	15,14	2,68	2,75	3,06	3,11	0,28	0,30	103,7	110,2	27,6	27,7		
Люпин (70) + овес (60)	14,93	14,57	2,73	2,70	3,01	3,05	0,30	0,30	110,1	110,9	27,8	27,1		
Люпин (50) + ячмень (50)	12,71	11,87	2,40	2,25	2,55	2,52	0,30	0,26	123,1	111,9	24,1	22,8		
Люпин (70) + ячмень (30)	12,30	12,41	2,37	2,29	2,55	2,48	0,30	0,27	125,7	120,0	24,2	22,3		
Люпин (70) + ячмень (45)	12,54	12,77	2,36	2,33	2,54	2,61	0,30	0,28	127,1	121,0	23,8	23,4		
Люпин (70) + ячмень (60)	14,08	13,37	2,70	2,60	2,91	2,90	0,33	0,29	121,2	110,5	27,1	25,9		
НСР 05		2017 г. варианты 0,38, фактор В 0,72,												
		2018 г. варианты 0,20, фактор В 0,14												
		2019 г. варианты 0,26, фактор В 0,18												

* примечание: 1 – фон А (без обработки посевов), 2 – фон В (Колосаль Про)

По сбору протеина с единицы урожая преимущество было за люпино-пшеничными и люпино-ячменными посевами, причем с наибольшим соотношением компонентов (70:45 и 70:60). Однако обеспеченность переваримым протеином на 1 кг сухого вещества наибольшей была в варианте 100% люпина (132,6 г/кг сухого вещества). Среди смесей по обеспеченности переваримым протеином выделились посевы с соотношением люпина 70% и злаковых 30%.

Таким образом, при слабой и средней степени засоренности в основном однолетними двудольными и злаковыми сорняками в целях экономии рекомендуется возделывать смешанные посевы люпин-яровая пшеница и люпин – овес на зернофураж с меньшими нормами высева (50:50 или 70:30 к норме высева в чистом виде), а при сильном засорении и наличии корневищных и корнеотпрысковых сорных растений, а также уборке на зеленый корм эффективны более плотные агроценозы (70:45 и 70:60).

Для улучшения фитосанитарного состояния чистых и смешанных люпино-злаковых посевов, особенно в увлажненные годы, рекомендуем проводить профилактическую обработку посевов в период вегетации или по мере появления первых признаков болезней фунгицидом Колосаль Про в дозе 0,4 л/га.

В Ульяновском НИИСХ изучаются вопросы по разработке основных агротехнических приемов возделывания сафлора красильного, обеспечивающих получение высококачественной пищевой продукции с наименьшими затратами материальных и энергетических ресурсов в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Интерес к этой культуре обусловлен тем, что в ней удачно сочетается сравнительно неплохая урожайность (до 17 ц/га) с высоким содержанием полувывсыхающего высококачественного растительного масла (33-38%), не уступающего по вкусовым качествам подсолнечному, а по содержанию незаменимых аминокислот и витаминов приравнивается к оливковому. По некоторым данным, в семенах сафлора может накапливаться до 60%, а в плодах до 37% растительных масел. В масле сафлора намного больше линолевой кислоты, чем в подсолнечном, и больше витамина Е, чем в других видах растительных масел [7].

Наибольшей урожайностью отмечены широкорядные и черезрядные посевы, в среднем 4,8 ц/га при НСР₀₅ 0,24 (табл. 13).

На формирование урожая оказали влияние большая площадь питания и освещенность растений при данном способе сева. Менее урожайные обычные рядовые посевы 4,5 ц/га.

По результатам обработок агрохимикатами самую большую урожайность сформировали варианты, обработанные бор молибденом в дозе 1,5 л/га. Они в среднем на 0,19 ц/га превышают необработанные варианты. Внесение препарата амицида в дозе 400 г/га обеспечивает прибавку над контролем всего на 0,05 ц/га, а вариант бор молибден+амицид на 0,06 ц/га.

Максимальная урожайность 5,3 ц/га отмечена на широкорядном способе сева с нормой высева семян 200 тыс./га с внесением бор молибдена.

Таблица 13 – Урожайность семян сафлора в зависимости от способа посева, нормы высева и обработки агрохимикатами

Способ посева и ширина междурядий	Обработка посевов агрохимикатами	Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га			
		400	500	600	700
Обычный рядовой посев-15см	Контроль	4,5	4,5	4,4	4,4
	Амицид	4,5	4,4	4,6	4,6
	Бор молибден	4,5	4,5	4,6	4,5
	Бор молибден+амицид	4,7	4,6	4,4	4,7
Черезрядный посев 30 см	Контроль	4,9	4,6	4,6	4,7
	Амицид	4,9	4,9	4,8	4,8
	Бор молибден	5,0	4,9	4,8	4,8
	Бор молибден+амицид	4,9	4,7	4,7	4,8
Ширококорядный посев-70 см		Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га			
		200	250	300	350
	Контроль	4,9	4,7	4,7	4,8
	Амицид	4,7	4,7	4,6	4,6
	Бор молибден	5,3	5,1	4,9	4,9
	Бор молибден+амицид	4,9	5,0	4,8	4,4
НСР ₀₅ по фактору А		0,061			
НСР ₀₅ по фактору В		0,070			
НСР ₀₅ по фактору С		0,070			
НСР ₀₅ по фактору АВС		0,244			

Такая же ситуация наблюдалась и на двух других способах посева, большей урожайностью отмечены варианты с меньшей нормой высева семян 400-500 тыс./га.

Данные исследования показали, что возделывание сафлора экономически оправдано, так как эта культура имеет невысокую норму высева и большой коэффициент семенного размножения, но при этом дает стабильные урожай даже в засушливых условиях. Выращивание сафлора рядовым способом обеспечивает уровень рентабельности в среднем 66,6%, а при черезрядном посеве рентабельность возросла в среднем до 76%. Обработка агрохимикатами в условиях засухи дала незначительную прибавку в урожайности в среднем от 2-4% в зависимости от применяемого агрохимиката. Самым экономически оправданным является ширококорядный способ сева, рентабельность этого способа в среднем на 3,5% выше черезрядного и на 12,9% рядового. Урожайность ширококорядных посевов с минимальной нормой высева на 11,7% превышает урожайность рядового способа сева. Самая высокая урожайность получена на вариантах ширококорядного способа сева с минимальными нормами высева и обработкой растений бормолибденом и бормолибден плюс амицид в фазу бутонизации.

Сроки прохождения фенологических фаз развития и межфазных периодов сафлора красильного сорта Ершовский-4 находятся в прямой зависимости от природно-климатических условий зоны. Вегетационный период сорта составил 117 дней, что говорит о возможности выращивания данной культуры в наших агроклиматических условиях. Наивысший показатель ЧПФ – 7,6 г/м²

получен при широкорядном способе посева с нормой высева 200-250 тыс всхожих семян, при обработке вегетирующих растений бормолибденом.

Таким образом, в Ульяновском НИИСХ решаются задачи по повышению устойчивости ландшафтного земледелия в условиях Ульяновской области, мы исходим из положения о максимальном использовании естественных восстановительных сил природы путём технологического переоснащения, проектирования новых систем земледелия, его биологизации, внедрения научно обоснованных технологий и засухоустойчивых, адаптивных сортов, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий на основе комплексного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Библиографический список

1. Николаев М. В. Нарастающие изменения климата и современные проблемы агроэкологических исследований и полевого экспериментирования / М.В. Николаев // Труды 3-го Международного коллоквиума IAMFE. Россия 99 «Полевые эксперименты для устойчивого землепользования». Санкт-Петербург, 12-17 сентября 1999, Т. I, С.12-18. Международная ассоциация по механизации полевых экспериментов. СПб.: Изд-во Агрофизического института. – 1999. – С.94-98.
2. Методика оптимизации севооборотов и структура использования пашни / Г.Н. Черкасов, А.С. Акименко, А.В. Захаров и др. – М.: Изд. Россельхозакадемии. – 2004. – 76 с.
3. Системы обработки почвы для различных групп и типов земель // Научные основы систем земледелия Владимирской области / под общ. ред. И.В. Бирюкова. – Владимир: Рост, 2009. – С. 95-116.
4. Романенко Г.А. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 64 с.
5. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Ульяновской области / Авторский коллектив. – Ульяновск, 2013. – С. 97.
6. Захарова М.В., Лукашевич М.И., Свириденко Т.В. Изменчивость и взаимосвязь элементов продуктивности у сортов люпина белого // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №2(10). – С. 81-84.
7. Иванов В. М., Толмачёв В.В. Сроки, нормы и способы посева сафлора в Волгоградском Заволжье // Аграрный вестник Урала – 2010. – №7. – С. 72-74.

УДК 631.452

РОЛЬ СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ В СОХРАНЕНИИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Буянкин Н.И., Краснопёров А.Г.

Калининградский НИИСХ – филиал ФГБНУ «Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса», г. Калининград

E-mail: kaliningradniish@yandex.ru

Резюме. Возделывание смешанных посевов летнего срока высева с целью получения зеленого корма в позднеосенний период используется как очень эффективный способ сохранения плодородия почвы в Калининградской области. Широкое внедрение летних посевов, насыщенных бобовыми культурами, которые благодаря хорошо развитой, глубоко проникающей корневой системе поднимают доступные питательные вещества в пахотный горизонт, структурируют почву и оставляют после заделки сидеральной массы биологический азот, усвоенный с помощью нитрифицирующих бактерий.

Ключевые слова: смешанные посевы, зеленый корм, плодородие почвы, безпестицидная

технология, сидерация почвы.

Summary. *The cultivation of mixed crops of the summer sowing season in order to obtain green feed in the late autumn period is used as a very effective way to preserve soil fertility in the Kaliningrad region. Widespread introduction of summer crops saturated with legumes, which, thanks to a well-developed, deeply penetrating root system, lift available nutrients into the arable horizon, structure the soil and leave biological nitrogen absorbed with nitrifying bacteria after filling the sideral mass.*

Key words: *mixed crops, green feed, soil fertility, pesticidal technology, soil sideration.*

Проблема сохранения плодородия почвы и обеспечения сельскохозяйственных животных зелеными кормами, сбалансированными по содержанию белка в позднеосенний период, на первый взгляд, не имеют ничего общего. Однако мы нашли новый подход и объединили эти две проблемы в одну, разрешив её с помощью оригинальной технологии.

Известны способы и приёмы ведения адаптивно-ландшафтного земледелия, по которым предусматривается использование сидеральных культур, поукосных и промежуточных посевов [1, 2]. В этих способах и приёмах нет чётко сформулированных задач и приёмов по агротехнологиям получения зелёной массы в летний и осенний периоды вегетации.

Имеется информация о приёмах и способах возделывания зернобобовых кормовых культур в собственных посевах и в смешанных агрофитоценозах, их влияние на воспроизводство плодородия почв [3, 4, 5].

Недостатком этих агротехнологий является то, что они включают традиционные системы возделывания культур без использования летних посевов.

Установлено, что для организации смешанных посевов подходят люпиново-зерновые и вико-зерновые смеси, поскольку люпин и вика зарекомендовали себя в качестве хороших кормовых и средоулучшающих культур. Их широкое внедрение в практику кормопроизводства требует оптимизации подбора сортов и соотношения компонентов смесей [6].

Целью работы является обоснование эффективности летних посевов смешанных злаково-бобовых кормовых культур, повышение питательной ценности корма и экономичности процесса его получения с одновременным сохранением плодородия почвы.

Нашими исследованиями установлено, что световые и температурные условия второй половины лета более благоприятны для вегетации растений, формирования у них более мощной ассимиляционной поверхности, которая по своим размерам превосходит общепринятые пределы. Для осеннего периода характерен возврат тепла. В такие моменты у зеленых растений нормализуются обычные жизненные процессы и продолжает увеличиваться надземная масса. По мере снижения среднесуточной температуры растения постепенно впадают в анабиоз, при этом питательные вещества (за исключением небольшого снижения каротина) оказываются как бы зафиксированными на уровне свежих растений. В этот период в большинстве регионов России в благоприятных световых и температурных режимах количество влаги, выпавшей в виде осадков, также находится на оптимальном уровне (рис. 1).

Рисунок 1 – Среднегодовые значения осадков по данным наблюдений метеопункта Калининградской с/х областной опытной станции, пос. Майское, Новосибирской метеостанции (Огурцово), Омской ГМС, Рязанской м/с; Холмогорской ГМС (Архангельск).

Именно благодаря этому, а также удлинению периода произрастания летних и позднелетних посевов, несмотря на сокращение притока в конце лета – начале осени активности радиации, обеспечивается получение высоких урожаев биомассы кормовых культур. В летних посевах кормовых культур наблюдается повышенное качество их зелёной массы со снижением содержания сырой клетчатки (таблица 1).

Таблица 1 – Качество зелёной массы овса в зависимости от сроков посева (средние значения)

Показатели (в переводе на абсолютно сухое вещество)	Весенний посев, 20 апреля	Летний посев, 1-20 июля
Протеин сухой, г/кг	109,7	138,1
Протеин переваримый, г/кг	61,5	96,8
Каротин, мг/кг	44,7	65,2
Кальций, г/кг	11,6	14,0
Фосфор, мг/кг	0,91	1,30
Сырая клетчатка, %	40,2	25,8

Расчёты показывают, что особенно высокая обеспеченность белком наблюдается у сурепицы при позднелетнем сроке посева, когда количество протеина в ней достигает 341,9 г на 1 к.е. (табл. 2).

Увеличение нормы высева семян кормовых культур в летних посевах не отражалось на темпах развития растений, но сопровождалось снижением интенсивности побегообразования, площади листьев на одном растении и чистой продуктивности фотосинтеза.

Возделывание зеленого корма без применения пестицидов в летний и позднелетний период одновременно используется как очень эффективный способ сохранения плодородия почвы в Калининградской области. В летний и позднелетний период в Калининградской области в ряде лет, по среднестати-

Таблица 2 – Сбор условных протеиновых единиц с урожаем зелёной массы однолетних кормовых культур

Срок посева	Урожай сухого вещества, т/га	Содержание сырого протеина г в 1 к.е. корма	Обеспеченность белком	Сбор условных КПЕ, т/га
овёс скороспелый				
Весенний	3,96	217,9	2,07	6,31
Летний	4,00	218,7	2,08	6,40
Позднелетний	4,70	260,1	2,47	8,93
сурепица				
Весенний	3,72	332,4	3,16	9,05
Летний	5,92	327,5	3,11	14,18
Позднелетний	5,0	341,9	3,25	12,51
редька масличная				
Весенний	6,0	239,5	2,28	10,53
Летний	7,2	244,5	2,33	12,91

стическим данным, имеет место переувлажнение почвы. Летние смешанные посевы из определенного набора культур и сортов могут способствовать регулированию влаги в почве из-за огромного поглощения влаги ассимилирующей поверхностью растений.

При этом способ поступления органики в почву достигается за счет осенней сидерации как более эффективной. Так, например, высеянный для этих целей летом однолетний люпин, без применения удобрений и пестицидов в условиях, благоприятных по увлажнению Калининградской области, позволяет получать осенью зеленую массу в размере от 50 до 70 т/га, а вместе с корневыми остатками – до 60-80 т/га.

Запаханная сидеральная зеленая масса способствует увеличению мобильной части свежего органического вещества в почве. На данную технологию получен патент на изобретение «Способ сохранения плодородия почвы путем выращивания зеленых кормов (№227301, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 10.04.2013, Бюлл. №10, МПК A23K1/00).

Таким образом, возделывание зеленого корма в позднеосенний период богатого белком, часть которого с определенным видовым составом может быть запахана как сидерат и использована для сохранения плодородия почвы.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий/ Методическое руководство. Под ред. ак. В.И. Кирюшина, ак. А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 – с.24-28.
2. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика – М.: МСХА, 2000. – 413 с.
3. Смешанные и уплотнённые посевы с зернобобовыми культурами. – Орёл: ВНИИЗБК, 1974. – 230 с.
4. Такунов И.П., Яговенко Л.Л. и др. Возделывание и использование кормового узколистного люпина. Практические рекомендации. – Брянск: ВНИИ люпина, 2001. – 56 с.
5. Такунов И.П., Яговенко Л.Л., Яговенко Г.Л. Значение люпина в биологическом земледелии // Земледелие. – 1998. – № 6. – С. 26-27.
6. Буянкин Н.И., Красноперов А.Г. Научные основы ресурсосберегающего производства кормов в смешанных посевах озимых и яровых бобово-злаковых культур // Кормопроизводство. – 2014. – №5. – с.

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ЦИФРОВИЗАЦИИ»

УДК 631.4

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ БАЗОЙ ДАННЫХ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Столбовой В.С.¹, Корчагин А.А.^{2,3}, Винокуров И.Ю.³,
Петросян Р.Д.³, Мазиров М.А.⁴, Шилов П.А.¹

¹ ФГБНУ Почвенный институт им В.В. Докучаева, г. Москва

² ФГБОУ ВО Владимирский государственный университет, г. Владимир

E-mail: korchaginaa60@mail.ru

³ ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль

⁴ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Резюме. Интегрированная база данных почв управляется ГИС MAP Info, которая позволяет извлекать, вычислять и визуализировать параметры. В рассматриваемой базе данных содержатся параметры оценки качества почв для проведения таксационных обследований, мониторинга деградации почв и др.

Ключевые слова: мониторинг земель, геоинформационные системы, интегральная цифровая база почвенных данных.

Summary. The integrated soil database is managed by GIS MAP Info, which allows for extraction, computation and visualization of the parameters. The database in question contains parameters for valuation of soil quality for taxation survey, soil degradation monitoring etc.

Keywords: land monitoring, geoformation systems, integrated digital soil database.

Цель исследований. Создание интегральной (многоцелевой), цифровой базы почвенных данных, которая призвана обеспечить решение задач по управлению земельными ресурсами региона.

Условия, материалы и методы. В числе требований к государственной почвенной информации выдвигается использование современных информационных технологий, геоинформационных систем (ГИС), конкретных параметров состояния плодородия почв, пространственной организации почвенных данных и ее агрегации на уровне Российской Федерации, ее субъектов, муниципальных образований (район/городской округ, сельское/городское поселение).

Семантическая часть интегральной цифровой базы почвенных данных разработана с использованием состава почвенных разностей Единого Государственного Реестра Почвенных Ресурсов России (ЕГРПР) [1] и списка почв ГОСКОМЗЕМ'а [2], данных природно-сельскохозяйственного районирования и карты административного деления (рис. 1). Геометрическая часть базы данных сформирована на основе пространственно-привязанных полигонов перечисленных карт (рис. 2).

Рисунок 1 – Структура интегральной почвенной базы данных
Владимирской области.

Семантическая часть включает: комбинацию объектов, в которой объекты «Почвы → Адм. Деление → Природно- с.х. районирование» имеют самостоятельное пространство. Объект «БД ГОСКОМЗЕМ» не имеет самостоятельного пространств; «стрелки» обозначают направление связи между объектами; запись 1: М показывает форму связи между объектами. Например, одна почва ЕГРПР может встречаться во многих территориально-оценочных единицах; другой пример записи 1: М означает, что один административный район может встречаться во многих простых территориально-оценочных единицах; наконец, запись 1:1 означает, что только одна агроклиматическая провинция может быть в одной территориально-оценочной единице. Геометрическая часть включает: полигоны, образованные пересечением контуров почвенной карты, а также карт административно-территориальных единиц и природно-сельскохозяйственных единиц.

Рисунок 2 – Геометрическая часть интегральной почвенной базы данных Владимирской области

Результаты и обсуждение. В соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием земельного фонда СССР, Владимирская область относится к южно-таежно-лесной зоне, среднерусской провинции, западной подпровинции, северо-западному дерново-подзолистому району [3]. Область относится к двум природно-сельскохозяйственным округам (табл. 2).

Таблица 2 – Природно-сельскохозяйственное районирование земель Владимирской области

Южно – таежная лесная зона. Среднерусская провинция. Западная подпровинция		
Округ	Район	Подрайон
1	2	3
Возвышенно-волнистый суглинистый дерново-подзолистый серо-лесной	1.Северо-западный дерново-подзолистый	1а. Дерново-подзолистый, суглинистый 1б. Дерново-подзолистый, переувлажненный
	2.Северо-западный серо-лесной	

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Плоскоравнинный дерново-подзолистый болотно-подзолистый	3.Северный дерново-подзолистый	3а. Дерново-подзолистый и подзолисто-болотный, песчаный 3б. Дерново-подзолистый песчано-супесчаный и подзолисто-болотный
	4.Северо-восточный болотно-подзолистый	
	5.Восточный дерново-подзолистый	5а. Дерново-подзолистый 5б. Дерново-подзолистый с пятнами серых лесных почв
	6.Юго-западный дерново-подзолистый	6а. Болотно-подзолистый и дерново-подзолистый, песчано-супесчаный 6б. Дерново-подзолистый песчано-супесчаный, болотно-подзолистый 6в. Болотно-подзолистый, песчаный 6г. Болотно-подзолистый 6д. Дерново-подзолистый песчаный, болотно-подзолистый

Разнообразие почв интегральной почвенной базы данных на уровне области представлено 63 наименованиями ЕГРПР.

Интегральная почвенная база данных управляется средствами ГИС MAP Info, которые позволяют извлекать параметр государственного мониторинга почв и представлять его в виде карты (рис. 3 а). Также возможно рассчитывать комплексные параметры, например, деградацию почв и представлять результаты в форме карты (рис. 3 б).

Рисунок 3 – Визуализация почвенных свойств интегральной почвенной базы данных

Распределение показателей качества почв сельскохозяйственных земель Владимирской области достаточно неоднородно (рис. 4). Лучшие почвы (зеленый цвет), с показателями качества в зерновом эквиваленте от 19 ц/га до 26 ц/га занимают северо-западную часть области. Здесь получили развитие гумусированные серые лесные почвы. Юго-восточная часть области более мозаична по распределению качества с преобладаем уровня зернового эквивалента 16 ц/га – 19 ц/га. В этой части получили развитие дерново-подзолистые почвы. Шкала качества определения зернового эквивалента непрерывна и может быть

разбита на группы качества с интервалом до 1 ц/га (точность вычисления). При автоматизированной классификации на заданные нами 5 групп отдельные почвы объединяются.

Рисунок 4 – Качество почв для целей кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения (зерновой эквивалент, ц/га).

Выводы. Использование цифровых технологий в области управления земельными ресурсами, предполагает создание интегральной базы почвенных данных. Последняя имеет многоцелевое назначение, включая выбор параметров мониторинга сельскохозяйственных земель, определение деградации почв, качества почв для кадастровой оценки и др.

Библиографический список

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, Россельхозакадемии, 2014. - 768 с. (Доступно на сайте: <http://egrpr.esoil.ru>)
2. Методические указания о проведении государственной кадастровой оценке. Приказ МЭР РФ № 226 от 12 мая 2017 года.
3. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. / [Е.И. Гайдака, Н.Н. Розов, Д.И. Шашко и др.]; Под. ред. А.Н. Каштанова. М.: Колос, 1983. – 336 с.

УДК 528.88

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ УГОДЬЯМИ

Бек А.Н.

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет (НИУ «БелГУ»), г. Белгород

E-mail: t_a_n1995@mail.ru

Резюме. Важным вопросом для ученых аграрного сектора является сохранение и повышение плодородия почв с целью их рационального использования и получения высоких показателей выращивания агрокультур, которое можно достичь с помощью систем наблюдения. Представлен краткий обзор применения материалов космической съемки, которые на сегодняшний день и в ближайшие годы могут быть востребованы различными организациями и специалистами в области сельского хозяйства.

В последние десятилетия спутниковые методы и технологии все чаще используются в задачах, связанных с получением объективной информации об использовании и состоянии сельскохозяйственных земель.

Дистанционные методы и средства применяются для оценки сельскохозяйственных земель с 30-х годов XX века, когда впервые были проведены опыты с использованием аэрофотоснимков при почвенных обследованиях на территории Ферганской долины [3]. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) позволяет сократить затраты средств и времени на полевые исследования, ускорить производство работ, а также повысить достоверность и полноту получаемой информации за счет оптимизации сроков и условий съемки. Особенность ДЗЗ заключается в том, что аэрокосмические съемки позволяют оценивать состояние сельскохозяйственных посевов на значительных площадях, что при наземных исследованиях практически невозможно. Наиболее широкое применение дистанционного зондирования в сельском хозяйстве связано с появлением точного земледелия [6].

Точное земледелие (precision agriculture) – современный подход сельскохозяйственного управления, основанный на использовании спутниковых систем навигации и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). [1]

Среди прочих современных технологий важное место в обеспечении информации занимают технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Такая информация является достоверной и отображает действительную картину состояния сельскохозяйственных земель и растительности.

Прорыв в развитии использования дистанционного зондирования в рамках точного земледелия связан с появлением в 2008 г. группировки из пяти спутников, разработанных RapidEye (Германия). Спутники RapidEye обеспечивают ежедневный охват любого местоположения на Земле и предоставляют данные с высоким пространственным разрешением в синем, зеленом, красном и ближнем инфракрасном диапазонах. В США был запущен коммерческий спутник GeoEye 1, также предназначенный для получения подобной информации. Одним из преимуществ использования снимков с GeoEye 1 является возможность получения через Интернет электронных карт, позволяющих визуализировать землепользование в любой части мира. В 2009 г. DigitalGlobe запустила спутник WorldView 2, который предоставляет изображения с разрешением 50 см и периодичностью один день в синем, зелёном, красном и ближнем инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра, а также в фиолетовом, жёлтом, в области красного края и втором ближнем инфракрасном диапазонах. Все большее применение в точном земледелии находят мультиспектральные и гиперспектральные снимки, при помощи которых осуществляются более точно выделение зон управления на поле без растительности, построение карт распространения сорняков, вредителей и болезней, выявление зон азотного голодания растений и т.д. [7, 8]

Материалы космической съемки могут использоваться как при решении комплексных задач управления сельскохозяйственными территориями, так и в узкоспециализированных направлениях. Наиболее распространенными задачами в данной области являются следующие:

- инвентаризация, учет и контроль сельскохозяйственных земель - спутниковая съемка позволяет не только создать наглядную карту земельных угодий, определить их фактическое использование, но и выявить неиспользуемые участки или участки нецелевого использования сельскохозяйственных угодий. С помощью космических снимков могут быть обнаружены очаги эрозии, переувлажнения, заболачивания и иных проявлений деградации земель. Такой анализ помогает на государственном уровне планировать сельскохозяйственные работы;

- контроль состояния посевов и прогнозирование урожайности – регулярная космическая съемка помогает делать качественную оценку всхожести и созревания урожая. По результатам обработки данных дистанционного зондирования могут быть составлены карты неоднородности состояния посевов, а также рекомендации для дифференцированного внесения минеральных и органических удобрений;

- контроль неблагоприятных процессов - отследить природные катаклизмы, такие как засухи, наводнения, нашествие вредителей помогают специальные сенсоры, установленные на спутнике. Они делают снимки в определенном спектральном канале, благодаря чему фиксируют движение воздушных масс, тепловые аномалии, прирост биомассы. По результатам анализа геоинформационная система предупреждает о вероятности тех или иных катаклизмов;

- выделение участков эрозии, заболачивания, засоленности и опустынивания, определение состава почв, контроль качества и своевременности проведения различных сельскохозяйственных мероприятий, мониторинг загрязнения окружающей среды, транспортное планирование, анализ зон водоразделов и многое другое.

Построение и использование систем точного земледелия требует большого количества регулярно обновляемых данных ДЗЗ. [6] Данные для использования в системах точного земледелия должны обладать высоким пространственным разрешением из-за небольшого размера исследуемых объектов, высоким временным разрешением для мониторинга состояния земель и иметь каналы в диапазонах пригодных для изучения состояния почвы и биомассы (напрямую или с помощью различных вегетационных индексов).

В настоящее время в области сельского хозяйства накоплено большое количество разнообразного картографического материала, включая схемы землеустройства, хозяйственного планирования, севооборотов и т.д. Однако использование указанных материалов, в основном представленных на бумажных носителях, является малоэффективным, т.к. оно не в состоянии обеспечить своевременное и оперативное получение постоянно обновляемых исходных дан-

ных. Современные данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), получаемые при помощи установленных на космических аппаратах систем, обладают техническими характеристиками, позволяющими решать целый комплекс задач в области сельскохозяйственного производства — от картографирования границ полей до анализа степени используемости земель и изменяющегося во времени состояния сельскохозяйственных культур на больших площадях.

Получение данных возможно с помощью коммерческих поставщиков или в открытых источниках научных миссий. В первом случае данные могут быть заказаны с большого числа гражданских спутников, с заданным уровнем обработки и в необходимой проекции. При самостоятельном сборе и подготовке данных увеличивается экономическая эффективность системы, что в некоторых случаях может иметь решающее значение.

Из сказанного следует, что первоочередными задачами, которые необходимо решить с помощью данных ДЗЗ в аграрном секторе экономики России, являются инвентаризация сельхозугодий и создание специальных тематических карт. Сельхозугодья, а также брошенные, засоренные, зарастающие (в том числе лесной растительностью) земли хорошо дешифрируются по текстуре изображения. Наличие большого массива архивных снимков также может оказать существенную помощь. Например, если сравнить снимки Landsat 1990-х годов с современными, то несложно выявить земли, пришедшие в негодность и требующие значительных финансовых вложений для возвращения в оборот.

Библиографический список:

1. Бычков И. В., Луковников Н. Г., Луковников А. Н., Нефедьев Л. В., Ружников Г. М. Внедрение навигационных систем GPS/ГЛОНАСС и геоинформационных технологий в задачах точного земледелия // ГИАБ, 2009. — № 12. — С. 135-140.
2. Блохина С. Ю. Применение дистанционного зондирования в точном земледелии // Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2018. — № 5.
3. Селяков Л. Я. Из опыта казахской съёмки // Геодезист. — 1932. — № 5. — С. 18-26
4. Савин И.Ю., Вернюк Ю.И., Фараслис И. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. — 2015. — №. 80
5. Савин И.Ю., Столбовой В.С., Иванов А.Л., Прудникова Е.Ю., Жоголев А.В., Воронин А.Я. Технологии составления и обновления почвенных карт // Москва, 2019.
6. Щербаков С. И. Основные этапы реализации системы точного земледелия в современном сельском хозяйстве // Вестник ФГОУ ВО МГАУ. — 2008. — № 4. — С. 56-59.
7. Thenkabail P. S., Lyon J. G., Huete A. (2010). Hyperspectral remote sensing of vegetation and agricultural crops: knowledge gain and knowledge gap after 40 years of research. Ch. 28. In P. S. Thenkabail, J. G. Lyon, & A. Huete (Eds.), Hyperspectral remote sensing of vegetation (pp. 705). Boca Raton, FL: CRC Press.
8. Yao H. L., Tang L., Tian L., Brown R. L., Bhatnagar D., Cleveland T. E. (2010). Using hyperspectral data in precision farming applications. Ch. 25. In P. S. Thenkabail, J. G. Lyon, A. Huete (Eds.), Hyperspectral remote sensing of vegetation (pp. 705). Boca Raton, FL: CRC Press.

ФОРМАТЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ В БАЗАХ ДАННЫХ

Зинчук Е.Г.

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,

Санкт-Петербург

zinchuk-e@yandex.ru

Резюме. Формирование и корректировка реляционных баз данных, основанных на СУБД MS Access, продолжает оставаться актуальной задачей в почвоведении. «База данных по структуре почвенного покрова ГНУ МОС АФИ» дополнена необходимой информацией через обновлённый тип данных.

The formation and adjustment of relational databases based on the MS Access DBMS continues to be an urgent task in soil science. "The database on the soil cover structure of the GNU MOS AFI" is supplemented with the necessary information through an updated data type.

Формирование реляционных баз данных, основанных на СУБД MS Access, продолжает оставаться актуальной задачей в почвоведении. Такая база позволяет не только хранить в удобном виде и анализировать информацию, но и осуществлять информационное обеспечение моделирования агроэкосистем, а также служить для обработки геоинформационными системами [1].

В Microsoft Access версий 2007 и выше существует возможность вставки рисунков в формы и отчеты не только как тип данных «объектов OLE», хранящихся в одном из полей таблицы Access, но и как тип данных «Вложение», поддерживающие более широкий спектр форматов изображений, в частности, формат JPEG, JPG, PNG.

Таким образом, в базу данных с расширением ACCDB возможно вставлять фотографии разрезов, графики и другие графические файлы без существенного увеличения размера файла базы данных.

Для внесения данных после открытия таблицы в режиме «Конструктор» необходимо внести поле с типом данных «Вложение» («Attachment»), в Общих свойствах поля (Caption) задать имя подписи для наименования столбца таблицы. Возможно внесение нескольких файлов в одно поле.

При картографических исследованиях структуры почвенного покрова Меньковской опытной станции Агрофизического института с дерново-подзолистой супесчаной почвой для накопления сведений о наблюдаемых объектах, их анализа и быстрого извлечения информации была разработана и заполнена экспериментальными данными реляционная база данных «База данных по структуре почвенного покрова ГНУ МОС АФИ» [2,3].

Корректируемая база данных Меньково дополнена фотографиями разрезов и изображениями колонок разрезов почвенных профилей по результатам гранулометрического состава почв тех разрезов, для которых они составлены.

Библиографический список

1. Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г. 2014. Крупномасштабная почвенная карта меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии. Агрофизика 3(15). – С. 8-17.
2. Зинчук Е.Г., Моисеев К.Г., Бойцова Л.В. 2013. Электронные базы данных: хранение и анализ агрофизической информации // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Научно-практическая конференция Курского отделения МОО. Курск, 21-25 декабря 2013. – С. 70-72.
3. Зинчук Е.Г. Базы данных для систематизации и хранения агрофизической информации. В сборнике: Разработка инновационных технологий возделывания сельскохозяйственных культур Материалы научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ». ФГБНУ «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 2015. – С. 126-132.

УДК 528.952:631.95

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Кузнецов В.К.

ФГБНУ ВНИИРАЭ, Обнинск.

E-mail: evg.krechet@yandex.ru

Резюме. В данной работе описываются построенные в геоинформационной системе 3d модели рельефа, уклона и экспозиции склонов и оценена возможность их применения при проектировании систем адаптивно-ландшафтного земледелия.

Для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходимо учитывать ряд характеристик агроландшафтов, имеющих пространственную привязку. Географические информационные системы являются наиболее эффективным средством обработки и визуализации этой информации. ГИС дает возможность осуществлять типизацию сельскохозяйственных земель в соответствии с задаваемыми критериями, что позволяет лицам, принимающим решения, получать информацию для выбора стратегий ведения сельскохозяйственного производства по конкретным территориям.

Одним из важнейших факторов развития природных процессов и диффе-

ренциации природной среды выступает рельеф территории, который во многом определяет локальные особенности распределения воды и солнечной радиации. Для представления таких параметров агроландшафтов как рельеф, уклон и экспозиция склонов нужен более сложный механизм отображения, поскольку они описывают конфигурацию местности. Для их визуализации целесообразно использовать цифровую модель рельефа (ЦМР). ЦМР представляет собой растр поверхности возвышения, или чистую землю, привязанную к общему вертикальному элементу. Модель контура чистой земли часто используется в планировании гидрологии и землепользования. Применение трехмерных моделей было опробовано при создании эколого-агрономической ГИС Тульского НИИСХ. Карты обрабатывались в среде ArcMap 10.5, входящей в состав пакета ArcGis. Для создания трехмерных моделей использовалась ArcScene 10.5.

Электронная 3d модель рельефа создана на основе оцифрованных изолиний высот и точек абсолютной высоты (рисунок 1). Условные обозначения представлены шкалой высот со значениями высоты в метрах над уровнем моря. Отмывка рельефа проводилась методом Кригинга, который позволяет строить предполагаемую поверхность из набора точек с z-значениями. В отличие от других методов интерполяции в среде ArcMap, инструмент Кригинг предполагает интерактивное исследование пространственного поведения явления, представленного z-значениями, до выбора оптимального метода оценки для построения результирующей поверхности. Он основывается на статистических моделях, включающих анализ автокорреляции (статистических отношений между измеренными точками) и включает поисковый статистический анализ данных, моделирование вариограммы, создание поверхности и (дополнительно) изучение поверхности дисперсии [1, 3].

Рисунок 1 – Фрагмент трехмерной модели электронной карты «Рельеф»

Электронная 3d модель крутизны склонов создана с использованием инструмента «Уклон» среды ArcGis, который для каждой ячейки вычисляет максимальную степень изменения в значении z между конкретной ячейкой и соседними с ней ячейками (рисунок 2). По сути, максимальная степень изменения в значениях высоты на единицу расстояния между ячейкой и восемью соседними с ней ячейками определяет самый крутой спуск вниз по склону из ячейки. Уклон поверхности представлен в градусах [2].

Рисунок 2 – Фрагмент трехмерной модели электронной карты «Уклон»

Слой «Экспозиция склонов» создан с помощью инструмента «Экспозиция», который устанавливает направление уклона по изменению значений ячеек (рисунок 3). Ее можно рассматривать как направление уклона по компасу [2].

Рисунок 3 – Фрагмент трехмерной модели электронной карты «Экспозиция»

Построение 3d моделей рельефа и их дальнейшая обработка в ГИС позволяет оптимизировать структуру сельскохозяйственного землепользования, учесть характер развития негативных природных процессов и потенциальную деградацию сельскохозяйственных угодий и необходимо для проектирования систем адаптивно-ландшафтного земледелия.

Библиографический список

1. Burrough, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. New York: Oxford University Press. 1986. – 34 pp.
2. Burrough, P. A., and McDonell, R. A., Principles of Geographical Information Systems (Oxford University Press, New York), 1998. – 190 pp.
3. Oliver, M. A. «Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems» International Journal of Geographic Information Systems 4: 1990. – 313-332 pp.

УДК 631.1:631.92

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ЛАНДШАФТАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Рыспеков Т.Р.

Казахский национальный аграрный университет,

г. Алматы, Республика Казахстан,

E-mail: rispekov_t@mail.ru

Резюме. В данной работе показаны поиски решения проблемы использования ландшафтов. Сложность условий возделывания культур привело к сокращению освоенных полей. Поисковые исследования в степной зоне Казахстана направлены на рациональное использование территорий.

Summary. This paper shows a search for a solution to the problem of using landscapes. The complexity of cultivation conditions has led to a reduction in developed fields. Exploratory research in the steppe zone of Kazakhstan is aimed at the rational use of territories.

Введение. Экологические аспекты развития исследований почвенно-растительных ресурсов на ландшафтах степной зоны Республики Казахстан тесно связаны с погодно-климатическими условиями. Потому что здесь часто употребляют понятие «засушливый», особенно когда это касается получения урожаев зерновых культур. В регионе различают увлажненный, типичный и засушливые годы, которые выделяются по фенологическим наблюдениям и средней урожайности яровой пшеницы.

Такие материалы довольно редки, по сравнению с анализом этих условий при возделывании культурных растений. Однако актуальность анализа погодно-климатических условий является значительной. Потому что, вследствие сложных многофакторных почвенно-, погодно-климатических взаимоотношений, нет конкретных закономерностей для определения возможного чередования увлажненных, типичных и засушливых сроков по годам.

Большие отличия в гидротермическом режиме различных почвенно-климатических зон и подзон степной зоны Казахстана вынуждают детализировать

вероятность возникновения засух. Искажение вызывают как частота изменчивости выпадения разного количества осадков за декаду, месяц, сезон, так и величины выпадающих осадков за эти периоды. Даже величины среднегодовых осадков имеют большую вариабельность по годам.

Максимум осадков в большинстве областей приходится на июль-август с проявлением в весеннее-летний период почвенных засух.

По данным [1] максимальное за год максимально суточное количество осадков (выбрано за период 1891-1980 гг.) наблюдаются на метеостанциях степной зоны от 36-41 мм до 105-107 мм. Среднегодовое количество осадков от 250 до 350 мм. Почвенно-климатические условия степной зоны относятся к сложным для получения высоких и устойчивых урожаев яровой пшеницы. Так Васько А.И. в своей работе [2] пишет, что осенние периоды бывают дождливыми и сухими; зимы – малоснежными и многоснежными, такое непостоянство отмечается и в весенние периоды.

Такие ситуации следует увязывать с экономическими аспектами развития исследований почвенно-растительных ресурсов в области земледелия и растениеводства на ландшафтах степной зоны, сложившихся в современных условиях. Ныне общепринятый сценарий деградации почв и растений следует оценить в несколько ином ракурсе. Так как появились пути восстановления и сохранения ландшафтов за счет растительных ресурсов в пространственном и временном аспекте на ландшафтах Республики Казахстан.

Цель исследования и постановка задачи. Целью работы является установление экологических и экономических позиций пространственных почвенно-растительных сочетаний, как ресурсов для использования и сохранения земель степной зоны на современном этапе земледелия.

Для достижения этих целей нами поставлены следующие задачи:

- Показать взаимосвязи выпадения атмосферных осадков за летний период в регионе за длительный ряд наблюдений;
- Показать ситуации с антропогенным использованием ландшафтов для возможного рационального восстановления и сохранения плодородия почв за счет растительных ресурсов;
- Показать пути сохранения и защиты почв от эрозии.

Материалы и методы. Участия в стационарных и экспедиционных исследованиях равнинной территории (1986-1992 гг.), а также эти наблюдения в экспедициях 2003-2005 гг., 2008 г. и 2015-2019 гг. позволяют провести сравнительные методы изучения состояния различных ландшафтов. На основе этих данных мы пришли к выводу о необходимости обработки статистических данных Казгидромет по атмосферным осадкам за период 1986-2006 гг. Нами проведена взаимосвязь экспедиционных данных по растительности на полях со статистическими данными по возделыванию земель.

В настоящее время в степной зоне имеются несколько нерешенных проблем: 1) Как учитывать погодные условия, влияющие на формирование урожаев в степной зоне Казахстана. 2) Как применять удобрения при минимальной и нулевой технологии обработки почвы?

Связь погода-урожай за вегетационный период наиболее сильно отражается на каштановых почвах, чем на черноземах. Это касается как сельскохозяйственных культур, так и дикорастущих трав. Что мы наблюдали в опытных делянках и в полевых экспедициях за разные годы.

За годы освоения почв степной зоны не решены пути снижения лимитирующих урожайность культур факторов: вероятность прогноза погоды на урожайность полей, а также обеспеченность почвы подвижным фосфором.

В северных областях Казахстана вероятность сильных засух составляет 18-23%, вместе со средними засухами 40-43% [3], что приводит к получению очень низких и низких урожаев культурных растений. Слабая вероятность прогноза погодных условий не позволяет земледельцам строить долгосрочные планы для рационального использования природно-ресурсного потенциала подзона.

Результаты исследования. Существующий подход к выпадающим осадкам как среднее за 10, 30-31 и 92 дня для территории степной зоны Казахстана сильно искажает реальную обстановку, и тем более прогноз на будущее. Однако многие отмечают, что майская засуха приводит к формированию низких урожаев.

Мы провели анализ количества атмосферных осадков за каждый день с июня по август. Рассматриваемые статистические данные метеорологических станций (МС) разных подзон показали их значительную вариабельность за эти годы.

Современные экологические и экономические аспекты изучения почвенно-растительных ресурсов на ландшафтах степной зоны Республики Казахстан показывают новое направление в развитии адаптивно-ландшафтного земледелия. Потому что появились новые возможности воспроизводства природных ресурсов. Это естественные (сукцессионные) процессы восстановления продуктивности агроэкосистем. Оно возникло не путем искусственных мероприятий, поддерживающих их в наиболее продуктивном состоянии, а с изменением использования.

Используемые нами статистические данные по стране показали уменьшение площади пашни за период с 1990 г. как максимума (35182,1 тыс. га) и до 1999 г., как минимума (15285,3 тыс. га). В течение 9 лет за период 1998-2006 гг. держался минимум площади пашни (от 15285,3 тысяч га до 18610,4 тыс.). В дальнейшем рост площади пашни был довольно плавным и достиг площади в 21473,6 тысяч га. Поэтому, на фоне преобладающих в настоящее время процессов разрушения и деградации экосистем на Земле, наблюдается частичное восстановление почвенно-экологических систем в Республике Казахстан. В нашей республике восстанавливается растительность, животный мир на ранее осваиваемых под пашни и пастбища территориях. Улучшается экологическая обстановка и на прилегающих к ним территориях. Это ведет к сохранению и увеличению плодородия почвы; уменьшению диоксида углерода в воздухе за счет вовлечения его в биомассу; расширению эмиссии кислорода и накопления биогенного азота и биофильных соединений.

Кроме улучшенных экологических показателей, такая ситуация позволяет приступить к поиску экономических путей для рационального решения имеющихся проблем в регионе.

Составим картину формирования урожая зерновых агрофирмы Диевское за период 1954-2015 гг. Если выделять годы с очень низкими, то за 62 года их было 5 раз и низкими их было 5 раз. То есть, очень низкие и низкие урожайные годы составляли 10 раз, или 16,1% (8,06% + 8,06%). За этот период урожаи ниже средних составляли 20 раз, что равно 32,2%. Годы с урожаем категории средних также составляли 20 раз – 32,2%. По данным а/ф Диевское годы с повышенным урожаем было 9 раз, что равно 14,5%. Высокие урожаи в хозяйстве «Диевское» имели место 3 раза, что равно 4,8%. Таким образом, на темно-каштановых почвах следует прогнозировать урожаи зерна в пределах от 3 до 8 ц/га – 48,3% лет.

Рассмотрим урожайные данные за период с 2002 по 2015 гг. на К₂, К₃, на черноземах обыкновенных. Сразу бросается в глаза, что на почвах (Ч₂) формируются 4 раза средние урожаи и 6 раз повышенные урожаи яровой пшеницы. Урожаи пшеницы с уровнем градации «высокая» встречаются 3 раза и только один раз за 14 лет урожаи были низкими. За эти годы средняя урожайность по хозяйству составила 13,5 ц/га яровой пшеницы, что отражает условия формирования фитомассы в условиях данной подзоны. Эти показатели выше, чем в хозяйствах, расположенных в подзоне темно-каштановых почв.

Рассматриваемые статистические данные по урожайности зерновых в разных подзонах, показали их значительную вариабельность за эти годы.

С 2000 по 2016 гг. временно естественные ландшафты вовлекаются в основном в производство зерновых культур. Эти ландшафты дают более высокие и качественные урожаи, по сравнению с освоенными. Так как увеличивается масса растительного опада, улучшается состав микроорганизмов, агрегатный состав почвы, запасы влаги.

Эти аспекты тесно связаны экономически. В засушливые периоды экономически не выгодно засевать поля, так как получаются высокие затраты из-за низких урожаев. Особенно это отражается на каштановых, затем темно-каштановых почвах.

Поэтому следует придерживаться работы авторов [4], которые оценивают ковыльковые неостепей через показатель стоимости экосистемных услуг. Они пишут [4]: «Суммарная ценность экосистемных услуг 1 га в год складывается из стоимости кормовой продукции (10 у.е.); охотничьих ресурсов (0,5 у.е.); предотвращенной линейной эрозии (47,5 у.е.); платы за существование (15 у.е.), итого 73 у.е. [5]. Исходя из этого, стоимость 1 га неостепи с учетом дисконтирования – 1667,5 у.е./га. С учетом посткиотского значения неостепей как эффективных накопителей атмосферного углерода можно будет учесть и экономический показатель депонированного углерода.

Ценность самовосстановившейся неостепи может быть определена через экономический показатель сэкономленных затрат на создание агроостепей».

Нами систематизированы проблемы прогноза урожайности зерновых

культур в степной зоне Казахстана в летний период. Для управления материальными ресурсами необходимо давать оценки современному экологическому состоянию пашни. Кроме предсказания сложных погодных флуктуаций, следует решать, как увеличить обеспеченность почвы подвижным фосфором. Низкая и очень низкая обеспеченность почв подвижным фосфором требуют внесения удобрений. В нынешнее время имеются проблемы с заделкой основного удобрения в почву. У внесенных удобрений тоже есть сложности с их доступностью растениям в засушливые годы.

Мы полагаем, что с появлением неосваиваемых территорий появляется возможность манипулирования этими землями: для сохранения окружающей территории и почв; включения части земель во влажные годы с внесением основных норм удобрений под обработку; использования снегонакопительных и мульчирующих свойств растительных остатков неиспользуемых территорий; уменьшения территорий возделывания в связи с погодными условиями степной зоны.

Таким образом, в современной науке появились новые инновационно-технологические возможности развития почвенно-ландшафтного земледелия. Здесь важно выделить соотношения использования объектов, которые требуется изучить во взаимосвязи с учетом как экологических, так и экономических сторон.

Библиографический список

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Книга 2. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 441 с.
2. Васько И.А. Зависимость урожайности яровой пшеницы от метеорологических факторов / Интенсификация почвозащитного земледелия в Северном Казахстане. – Целиноград, 1989. – С.3-12.
3. Грингоф И.Г., Пасечнюк А.Д. Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. – С-П., 2005. – 552 с.
4. Чибилева В.П., Левыкин С.В., Яковлев И.Г., Казачков Г.В., Грудинин Д.А., Левыкина Н.П. Новые лессингоковыльные степи XXI века // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Биологические науки. – 2015. – №6. – С. 186-188.

УДК 551.4:631.44(470.325)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Котлярова Е.Г., Рязанов М.Н.
Белгородский ГАУ, Белгород
E-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

Резюме. В результате морфометрического анализа рельефа Белгородской области установлено, что площадь северных склонов и родственных с ними склонов северо-западной и северо-восточной экспозиций крутизной 3-5° составляет 119,2 тыс. га или 7,3% пашни. Потенциал расширения посевов подсолнечника порядка 20 тыс. га.

Summary. Due to morphometric analysis of the Belgorod region relief, it was found that the area of the Northern slopes and related them slopes of the North-Western and North-Eastern exposures with a steepness of 3-5° is 119.2 thousand hectares or 7.3% of arable land. The potential for expanding sunflower crops is about 20 thousand hectares.

В серии исследований было показано, что склоны полярных экспозиций (южные и северные) значительно различаются по агрофизическим, агрохимическим и биологическим свойствам почв, причем на склонах северной экспозиции показатели плодородия почв значительно выше [1, 3, 7, 8]. Такая почвенно-эрозийная неоднородность склонов разной экспозиции может служить основой для повышения адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур и различных агроприемов, оптимизации землепользования и совершенствования проектов систем земледелия и землеустройства.

Преимущество северных склонов, обладающих свойствами почв сравнимыми с параметрами почв равнинных земель легло в основу наших исследований. В результате комплексной оценки влияния способов основной обработки почвы и органических удобрений при возделывании подсолнечника в различных ландшафтных условиях на противозерозионную устойчивость почвы, агрофизические и биологические показатели её плодородия, продуктивность и экономическую эффективность возделывания подсолнечника установлено, что в ландшафтных системах земледелия различия между условиями равнинного рельефа и склона крутизной 3-5° северной экспозиции по большинству изучаемых показателей недостоверны [2, 4-6].

Современные геоинформационные технологии позволяют провести комплексный морфометрический анализ рельефа местности, выявить все его характеристики и особенности, в нашем случае – потенциал расширения посевов подсолнечника за счет рационального использования склоновых земель Среднерусской возвышенности крутизной 3-5° северной экспозиции.

Площадь склоновых земель определенной крутизны и экспозиции рассчитывалась на основе топографической карты Белгородской области масштабом 1:50 000 метров (высота сечения горизонталей – 10 метров) путём проведения морфометрического анализа рельефа.

С помощью геоинформационных систем были выполнены следующие операции: – оцифровка топографической карты (получение изолиний путём перевод растрового файла в векторный); обработка векторного shp-файла (извлечение узловых точек из изолиний с сохранением высотных атрибутов); построение цифровой модели рельефа (метод IDW); морфометрический анализ цифровой модели рельефа – крутизны склонов и их экспозиции; комплексный анализ полученных растровых файлов (объединение и расчёт); полигональная обрезка конечного раstra.

В результате проведённой работы было выявлено, что пахотные земли Белгородской области расположены преимущественно на склонах крутизной до 3° (61%); на склонах 3-5° – 306,4 тыс. га (18,6%) и 336 тыс. га или 20,4% расположены на склонах более 5° (рис. 1, табл. 1).

Рисунок 1 – Картограмма крутизны склонов Белгородской области

Таблица 1 – Распределение площади пашни Белгородской области по крутизне склонов

Крутизна склона, °	Площадь, тыс. га	Доля, %
до 1°	398,7	24,2
1-3°	606,2	36,8
3-5°	306,4	18,6
5-7°	202,6	12,3
более 7°	133,4	8,1
Итого:	1647,4	100

Анализ полученной картограммы распределения на пахотных угодьях Белгородской области склонов разной экспозиции (рис. 2) указал на примерно равное их соотношение. Удельный вес склонов северной экспозиции составляет 21,7% (табл. 2). Доля равнинных земель чуть более 8%.

Рисунок 2 – Картограмма экспозиции склонов Белгородской области

Таблица 2 – Распределение площади пашни Белгородской области по экспозиции склонов

Экспозиция	Площадь, тыс. га	Доля, %
Северные	357,4	21,7
Южные	374,0	22,7
Восточные	385,1	23,4
Западные	394,1	23,9
Нейтральные	136,8	8,3
Итого:	1647,4	100

Комплексный анализ полученных данных по крутизне и экспозиции склонов выявил долю пахотных земель, наиболее подверженных эрозии: группа земель южной экспозиции, расположенная на склонах более 3°, площадь которой составляет 155,3 тыс. га или 9,4%. При этом, доля менее опасных с эрозионной точки зрения земель северной экспозиции немногим меньше – 150,5 тыс. га или 9,1%. Для наших исследований интерес представляют северные склоны и родственные с ними склоны северо-западной и северо-восточной экспозиций крутизной 3-5°, площадь которых 119,2 тыс. га или 7,3% (табл. 3).

Таблица 3 – Распределение площади пашни крутизной 3-5° Белгородской области по экспозиции склонов

Экспозиция	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	Всего
Площадь, тыс. га	40,1	53,9	25,2	40,8	37,1	45,3	25,7	38,3	306,4
Доля, %	13,1	17,6	8,2	13,3	12,1	14,8	8,4	12,5	100

Дифференциация склонов крутизной 3-5° в соответствии с их экспозицией на основе морфометрического анализа рельефа пахотных земель Белгородской области позволит повысить потенциал склоновых земель и адаптивность агротехнологий, будет способствовать более рациональному использованию почвенного покрова и эффективности возделывания культур.

Учитывая установленную в результате морфометрического анализа площадь северных склонов крутизной 3-5°, которая в Белгородской области составляет 119,2 тысяч гектаров, потенциал расширения посевов подсолнечника порядка 20 тыс. га, и, значит, дополнительный ежегодный доход в ценах 2019 года может составлять 500 миллионов рублей.

Библиографический список

1. Котлярова, Е.Г. Динамика органического вещества почвы в системе ландшафтного земледелия // Земледелие. – 2015. – № 3. – С. 20-24.
2. Котлярова, Е.Г. Эколого-экономическое обоснование возделывания подсолнечника на северных склонах 3-5° ЦЧЗ / Е.Г. Котлярова, М.Н. Рязанов, С.Д. Лицуков, А.И. Титовская // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 3. – С. 97-102.

3. Масютенко, М.Н. Влияние зернотравяного севооборота на содержание и состав органического вещества в черноземе типичном в зависимости от экспозиции склона / М.Н. Масютенко, Н.П. Масютенко // Вестник Куоской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 6-12.
4. Рязанов, М.Н. Повышение адаптивного потенциала подсолнечника в ландшафтных условиях Среднерусской возвышенности / М.Н. Рязанов, Е.Г. Котлярова // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сб. докл. Межд. науч.-практ. конф., Курск, 11-13 сентября 2019 г. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2019. – С.212-216.
5. Рязанов, М.Н. Продуктивность подсолнечника в зависимости от условий рельефа, обработки почвы и органических удобрений / М.Н. Рязанов, Е.Г. Котлярова // Нива Поволжья – 2019. – № 2 (51). – С. 78-85.
6. Рязанов, М.Н. Структура и водопрочность почвенных агрегатов чернозема типичного под подсолнечником в ландшафтных условиях ЦЧР / М.Н. Рязанов, Е.Г. Котлярова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 2 (22). – С. 181-192.
7. Черкасов, Г.Н. Влияние системы обработки почвы, вида севооборота и экспозиции склона на агрофизические свойства чернозема типичного ЦЧР / Г.Н. Черкасов, М.Н. Масютенко, А.В. Кузнецов // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №1. – С. 17-20.
8. Экологические факторы и свойства почв склонов ЦЧР: коллективная монография: в 2 ч. Ч.1 / науч. ред. Е.П. Проценко. – Курск: Курск. гос. ун-т, 2009. – 145 с.

УДК 631.4:631.5:631.9

**ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС ДЛЯ
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ
СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Малышева Е.С.

ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», г. Белгород

E-mail: helen2907a@mail.ru

Резюме. Применение геоинформационных систем (ГИС) для агроэкологической оценки земель позволяет перевести на новый уровень проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) высокой точности. Цель данного исследования – разработка методов геоинформационного анализа для проведения агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия на примере «ГИС Агроэколог Онлайн». При проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия установлена эффективность применения «ГИС Агроэколог Онлайн», поскольку на каждом этапе создания проекта целесообразно использование функционала системы. Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что использование «ГИС Агроэколог Онлайн» позволяет сформировать информационную основу агроэкологической оценки земель, на основе которой разрабатывается проект адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

Введение. Геоинформационные технологии (ГИС технологии) в общем и геоинформационные системы (ГИС), в частности, сегодня достаточно распространены в практических сферах применения. ГИС наиболее естественно отображают пространственные данные. Такие системы интегрируют простые операции запросов и анализа данных при работе с базами данных с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эта особенность позволяет применять

ГИС для решения ряда задач, связанных с анализом явлений и событий, прогнозированием их вероятных последствий, планированием стратегических решений. ГИС направлены в первую очередь на временные ресурсы и трудозатрат пользователя, чему способствует автоматизация работы с картами, и создание трехмерных моделей местности [2, 3].

ГИС технологии применимы при создании картографических моделей пространственных закономерностей распределения агроэкологических условий. Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель позволяет перевести на новый уровень решение этой задачи. Использование ГИС предпочтительно при проектировании не только интенсивных систем земледелия и агротехнологий, а и адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) высокой точности [3]. Необходимость применения агроэкологического подхода при землеустройстве определяется обострением региональных проблем массовой деградации земель, качественным ухудшением их экологического состояния и функциональных возможностей, потребностью в составлении землеустроительной документации на эколого-ландшафтной основе, при которой наилучшим образом учитываются природные свойства земель и адаптивные свойства сельскохозяйственных культур [12].

Сейчас невозможно представить процесс разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия без ГИС-технологий [1].

Буквально несколько лет назад землеустроительные организации использовали ГИС в основном с целью векторизации и расчета площадей, тогда как в них скрыты большие возможности геоанализа, позволяющие значительно сократить временные затраты на его проведение. Методики применения ГИС для агроэкологической оценки земель и типизации для широкого круга пользователей также практически отсутствует [3, 13].

Именно поэтому целью данного исследования является разработка методов геоинформационного анализа для проведения агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия на примере «ГИС Агроэколог Онлайн».

Материалы и методы. Согласно Кирюшину, точное земледелие включает в себя проектирование АЛСЗ и агротехнологий на основе электронных ГИС. Применение таких систем при агроэкологической оценке земель дает возможность перевести проектирование интенсивных систем земледелия и агротехнологий на совершенно иной качественный уровень, не говоря уже о высоких агротехнологиях и адаптивно-ландшафтных системах земледелия высокой точности. Создание землеоценочной основы для точных систем земледелия практически невозможно без ГИС-технологий. В свою очередь, применение ГИС-технологий для агроэкологической оценки земель и почвенно-ландшафтного картографирования требует соответствующего базового и аппаратного обеспечения [1].

В 2017 году в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский» создана географическая информационная система «ГИС Агроэколог Онлайн».

Доступ к базе данных агрохимической службы посредством данной системы осуществляется по ссылке на сайте <http://www.agrochim31.ru> [5, 6, 9, 11].

Данная ГИС отличается относительно невысокой стоимостью, создана полностью на русском языке и совместима со всеми распространенными версиями операционных систем, поскольку доступ к ней осуществляется через браузер и она не требует установки на пользовательское устройство. Система постоянно развивается, в ней оперативно по мере необходимости появляются все новые и новые функции. Плюс «ГИС Агроэколог Онлайн» заключается еще и в том, что при выходе обновленных версий не нужно ничего переустанавливать или обновлять, поскольку измененная программа заменяется на сервере, а доступ к ней остается тем же.

Результаты и обсуждение. На всех важнейших этапах агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходимость использования «ГИС Агроэколог Онлайн» очевидна, поскольку для каждого пункта в системе предусмотрен специальный функционал. Это увеличивает скорость работы, сокращая при этом трудозатраты на поиск карт и специфической информации.

Для определения местоположения объекта оценки (хозяйства) на панели навигации достаточно выбрать область, район и название организации. Карта автоматически центрирует выбранную организацию. Также на панели существует возможность выбрать тур и год обследования для отображения актуальных контуров участков за тот или иной год.

При характеристике агроклиматических условий на карте можно отобразить все близлежащие к объекту метеостанции. По каждой метеостанции выводится отчет о средних значениях температур и суммарному количеству осадков за последние 10 лет.

В целях поддержания актуальности базы данных разработана форма «Книга истории полей» для добавления землепользователем информации о культурах, внесенных удобрениях, типах обработки почвы, способах защиты растений, а так же о вредителях, болезнях и сорных растениях по каждому участку. Такие вкладыши «Книги истории полей» как «Паспорт поля», «Агрохимическая характеристика» и «Почвенно-эрозионная характеристика» не заполняются сельхозтоваропроизводителем вручную, а автоматически подгружаются из базы данных (ранее заполненной сотрудниками агрохимслужбы) (рис. 1).

«Книга истории полей» – это одна из важнейших форм ГИС. На основе данных, внесенных в «Книгу истории полей» строятся отчеты по структуре посевных площадей и отчеты по урожайности за выбранный год с соответствующей раскраской карты по каждой культуре. Здесь же вносятся и отслеживаются данные о планируемой и фактической урожайности, фиксируются даты сева и уборки. Также здесь заполняется информация о дозе, дате и виде вносимых

минеральных и органических удобрений. Всё это позволяет провести оперативный и точный анализ состояния растениеводства рассматриваемого объекта.

Книга истории полей

Общие данные | Севооборот | Химическая мелиорация | Расчет доз мин. удобрений

Паспорт поля | Агрохимическая хар-ка | Почвенно-эрозион. хар-ка

Год обследования: 2015

Основные показатели | Дополнительные показатели

Определение фосфора и калия по методу Чирикова

Показатель	Значение	Группа по содержанию
Гидролизный азот, мг/кг	175	Среднее
Подвижный фосфор, мг/кг	55	Среднее
Подвижный калий, мг/кг	80	Среднее
Степень кислотности, pH	5	Среднекислые
Органическое вещество, %	5,6	Среднее
Гидролитическая кислотность, ммоль / 100 гр. почвы	5,84	Высокая
Емкость катионного обмена, ммоль / 100 гр. почвы	38,64	Очень высокая
Сумма поглощённых оснований, ммоль / 100 гр. почвы	32,8	Очень высокое
Степень насыщен. основан., %	84,89	Повышенная

Сохранить | Закрыть

Книга истории полей

Общие данные | Севооборот | Химическая мелиорация

Год урожая: 2019

Культуры | Мин. удобрения | Орг. удобрения | Обработка почвы | Защита растений

Вредители | Болезни | Сорняки

Тип обработки	Глубина, см	Дата	Действие
Безотвальная обработка			Добавить
Дискование	12	07.09.2018	Удалить
Сплошная культивация	8	09.09.2018	Удалить
Предпосевная культивация	5	13.09.2018	Удалить
Ранневесеннее боронование	3	31.03.2019	Удалить

Сохранить | Закрыть

Рисунок 1 – Примеры заполнения вкладок в книге истории полей

В системе существует реестр животноводческих комплексов, показывающий состояние и численность лагун для каждого комплекса с прикрепленными к ним протоколами испытаний. Это позволяет провести анализ состояния животноводства в хозяйстве, для которого разрабатывается проект АЛСЗ.

Картограммы распределения пашни по крутизне и экспозиции склонов являются незаменимым вспомогательным инструментом для этапа характеристики ландшафта местности, а картограмма типов почв отлично характеризует почвенный покров. Еще одним удобным инструментом «ГИС Агроэколог Онлайн» является отображение на почвенной карте мест заложения разрезов, полуям и прикопок. Для каждого такого образца существует возможность просмотра его гранулометрического состава и результатов химического анализа. В свою очередь, картограмма эрозии почв позволяет разработать эффективный план противоэрозионных мероприятий, а картосхемы агроэкологических типов – провести правильную агроэкологическую оценку земель.

Как уже упоминалось, инструментарий данной ГИС предоставляет пользователю возможность определения структуры посевных площадей на основе чего разрабатывается система севооборотов и в проект АЛСЗ вносятся рекомендации по внутрихозяйственному землеустройству.

На основе данных, используемых геоинформационной системой составляется правильная система обработки почвы в условиях хозяйства, которая обеспечивает сохранение и повышение ее плодородия, эффективное использование удобрений, осадков, поливной воды, успешную борьбу с засухой, дефляцией и водной эрозией, сорняками, возбудителями болезней и вредителями растений, т.е. создает благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

В базе данных агрохимической службы хранится вся информация о сплошном агрохимическом обследовании, доступ к которой осуществляется

только посредством «ГИС Агроэколог Онлайн». Сторонние программы не могут воспользоваться этими данными, что является их главным недостатком при сравнении с данной ГИС, поскольку только при анализе этих данных можно судить о фактическом состоянии почвы. Система автоматически строит картограммы по всем основным показателям: содержание органического вещества в почвах, уровень кислотности почв, содержание подвижного фосфора и калия в почвах, и т.д. [7, 8]. Кроме того, в системе хранится информация о результатах эколого-токсикологического обследования почв, в частности о содержании тяжелых металлов [10]. Данная информация крайне важна для выбора участков, где планируется производить органическую продукцию.

Как известно, важнейшими составными частями системы удобрения сельскохозяйственных культур являются: известкование кислых почв, применение традиционных органических и минеральных удобрений, а также сидератов и нетоварной части урожая, максимальное вовлечение в круговорот биологического азота. Для построения актуальной системы удобрения средства ГИС приходится как нельзя кстати. В форме «Книга истории полей» существует также вкладка «Химическая мелиорация», показывающая нуждаемость в известковании, проекты известкования, фактически внесенные дозы и произвесткованные площади. Здесь же во вкладке «Расчет доз минеральных удобрений» размещается модуль расчета научно-обоснованных доз удобрений под условия конкретного участка, выбранной землепользователем культуры и урожайности [4].

Для защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков применяют комплекс мероприятий, включающий приемы высокой агротехники и дополняющие их в необходимых случаях биологические, физико-механические, химические и другие специальные методы борьбы. Понятие об интегрированной защите растений включает рациональное объединение и применение всех возможных методов и средств в единую систему, которая призвана обеспечить наиболее оптимальные и благоприятные условия развития растения, а также подавлять развитие вредных организмов. Созданию комплекса мероприятий интегрированной защиты растений от вредителей, болезней и сорняков в рамках разработки проекта АЛСЗ способствуют данные, вносимые в «Книга истории полей», а также строящиеся на их основе статистические отчеты и картограммы.

Вывод. Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что использование ГИС-технологий в целом и «ГИС Агроэколог Онлайн» в частности дает возможность формировать информационную основу агроэкологической оценки земель, результаты которой применяются при их агроэкологической типизации. Разработанная методика также применима при разработке проекта адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство под редакцией Кирюшина В.И., Иванова А. Л. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.

2. Васильев П.В., Петин А.Н., Яницкий Е.Б. Геоинформатика в недропользовании. - Белгород: изд-во БелГУ, 2008. – 232 с.
3. Зудилин С.Н. Использование геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного предприятия / С.Н. Зудилин, О.Н. Осоргина, Ю.В. Осоргин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018. – № 2-3. – С. 565-569.
4. Иванов А.Л. и др. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: инструктивно-методическое издание. – М.: «Росинформагротех», 2010. – 464 с.
5. Костин И.Г., Малышева Е.С. Мониторинг плодородия почв с применением геоинформационных систем // Плодородие. – 2020. – № 1 (112). – С. 24-28.
6. Костин И.Г. Основные задачи и структура данных геоинформационной системы для применения в агроэкологическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения // Доклады ТСХА. Международная научная конференция, посвященная 175-летию К.А. Тимирязева. – 2019. – С. 587-591.
7. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области: монография. 2-е изд., доп. Белгород: КОНСТАНТА, 2016. – 344 с.
8. Лукин С.В., Авраменко П.М. Закономерности изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах Белгородской области // Агрохимия. – 2007. – № 6. – С. 22-26.
9. Лукин С.В., Костин И.Г., Малышева Е.С. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 8-13.
10. Лукин С.В., Мирошникова Ю.В., Авраменко П.М. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах Белгородской области // Агрохимия. – 2002. – № 8. – С. 86-91.
11. Малышева Е.С. Преимущества использования ГИС при мониторинге сельскохозяйственных угодий. В сборнике «Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования». Материалы X Международной научно-практической конференции на иностранных языках. – 2019. – С. 46-50.
12. Новиков Д.В. Эколого-ландшафтная дифференциация территории для целей землеустройства // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 2 (68). – С. 22-23.
13. Смирнова Л.Г. и др. Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 11. – С. 11-14.

СЕКЦИЯ «ИННОВАЦИОННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПЕРЕХОД К ВЫСОКОПРОДУКТИВНОМУ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОМУ АГРОХОЗЯЙСТВУ»

УДК 631.512:631.58.03

АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ЛЕСОСТЕПИ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Агеев А.А.

ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», г. Челябинск

E-mail: ageev.aab2@mail.ru

Резюме. Актуальным направлением повышения эффективности землепользования является адаптация технологии No-till возделывания полевых культур. В настоящей работе представлен материал исследований в севооборотах при отвальной, комбинированной, минимальной и нулевой системах обработки почвы в условиях лесостепного агроландшафта Южного Зауралья. Технология No-till с переходом к прямому посеву в различных севооборотах обеспечивала сбор зерна 2,09-2,28 т зерновых единиц с 1 га севооборотной площади, что является экономически и энергетически выгодным.

Summary. The actual direction of increasing land use efficiency is the adaptation of No-till field cultivation technology. This work presents research material in crop rotation under the heap, combined, minimal and zero tillage systems in the conditions of the forest-steppe agrolandscape of the South Trans-Urals. No-till technology with the transition to direct sowing in various crop rotations ensured grain harvest of 2.09-2.28 tons of grain units from 1 ha of crop rotation area, which is economically and energetically profitable.

Задачами отрасли растениеводства в Челябинской области определено выращивание в 2020 году не менее 2,0 млн. т зерна, выработать и реализовать меры по повышению продуктивности культур на основе применения современной техники, увеличения внесения удобрений и многое другое. Не мало-важное значение имеет освоение ресурсосберегающих систем обработки почвы, включая нулевую технологию (No-till) на базе новых агротехнологий возделывания зерновых культур в лесостепных и степных земледельческих агроландшафтах Уральского региона. Установленная длительными исследованиями ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» взаимосвязь между системами обработки почвы и зональными особенностями природных условий составляла основу её рационального применения в полевых севооборотах региона [1]. Система обработки почвы дифференцирована к различным почвенно-климатическим ландшафтными зонам Южного Зауралья.

В настоящее время в Челябинской области площадь сельхозугодий составляет 4704 тыс. га, площадь пашни в реестре – 2936 тыс. га., пашни в обработке 2222 тыс. га, из них по ресурсосберегающим системам обработки почвы около 658 тыс. га, или около 30%. Плановый показатель сбора зерна составляет 1830 тыс. тонн в зачете при средней урожайности 1,4 т/га.

В результате внедрения рекомендованной учеными института высокоэффективной технологии производства зерна в типичных хозяйствах южной лесостепной зоны ФГУП «Троицкое» Челябинского НИИСХ и ООО «СиЛач»

Троицкого района урожайность зерновых культур за последние 7 лет получена на 45-70% выше среднего показателя по району и области. [2].

Поэтому необходима адаптация дальнейшей минимизации обработки почвы и применения прямого посева в ресурсосберегающих технологиях возделывания зерновых культур для условий Южного Зауралья. Для оценки эффективности применения различных ресурсосберегающих систем обработки почвы, включая нулевую технологию (No-till), в полевых севооборотах нами ведется полевой стационар по теме государственного задания № 0771-2019-0006 «Разработать ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур для устойчивого производства растениеводческой продукции и сохранения земельных ресурсов».

В связи с этим целью наших исследований было изучить и выявить наиболее эффективные системы обработки почвы в различных полевых севооборотах с соблюдением почвозащитных требований и рационального использования биоклиматических ресурсов Южного Зауралья.

Исследования проводятся с 2012 года на базе стационарного полевого опыта, заложенного в 1976 году на опытном поле ФГБНУ «Челябинский НИИСХ». Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный среднесуглинистый с содержанием гумуса 6,9-7,3%. Изучаются системы обработки почвы по классификации Кирюшина В.И. и Иванова А.Л. [3]: отвальная (контроль) с вспашкой, комбинированная с сочетанием безотвальной обработки с вспашкой раз за ротацию, минимальная (плоскорезная) и нулевая (No-till). Все системы обработки почвы изучаются в трех полевых севооборотах со следующим чередованием культур: зернопаровом - пар-пшеница-горох-ячмень (чистый пар – 25%, зерновые культуры – 75%, плодосменном - рапс-пшеница-горох-пшеница (масличные – 25%, зерновые культуры – 75%, зернопаротравяном - пар-озимая рожь-горох-пшеница-однолетние травы-ячмень (чистый пар – 16%, кормовые культуры – 17%, зерновые – 67%).

Во всех севооборотах вносится N_{20-30} кг д.в. и P_{20-35} кг д.в. на 1 га пашни, которые дифференцируются под отдельные культуры в зависимости от технологии их возделывания и размещения в севообороте. При системе No-till дополнительно на 1 га севооборотной площади вносится 15 кг д.в. азота. Общая площадь делянок первого порядка 2800 м², второго порядка - 700 м², учетная – 124 м², повторность четырехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Посев культур проводился сеялкой СС-6, оборудованной дисковыми сошниками и специальным приспособлением (турбодиски) для прямого посева. В системе No-till предусматривалось внесение глифосата за 7-8 дней до посева. Система защиты растений предусматривала опрыскивание посевов полевых культур баковой смесью рекомендованных гербицидов с фунгицидом и инсектицидом в оптимальные фазы развития.

Климат зоны проведения опытов характеризуется континентальностью. Сумма активных температур равна 2205⁰С. За вегетационный период (май-сентябрь) выпадает 271 мм, ГТК составляет 1,3. Погодные условия в годы проведения исследований были различными. ГТК составил в 2013, 2014, 2015, 2016,

2017, 2018 и 2019 гг. соответственно 1,5; 1,4; 1,7; 1,3; 1,1; 1,3 и 1,3. В исследованиях использовались общепринятые методики по определению агрофизических свойств и агрохимических показателей почвы, засоренности посевов и учета урожайности культур [4, 5]. Экономическую и энергетическую эффективность изучаемых агротехнологических приемов определяли расчетно-нормативным методом и в соответствии с методикой по энергетической оценке.

За период наблюдений в опыте, весенние влагозапасы в метровом слое почвы под культурами полевого севооборота характеризуются как удовлетворительные при максимальном показателе на варианте нулевой системы обработки почвы, с оставлением на поверхности почвы растительных остатков возделываемых культур (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние систем обработки почвы на свойства чернозема выщелоченного (среднее за 2013-2019 гг.)

Система обработки почвы	Показатель			
	запас продуктивной влаги в слое 0-100 см, мм	плотность сложения почвы в слое 0-30 см, г/см ³	содержание нитратного азота в слое 0-40 см, мг/кг	биологическая активность почвы, %
Отвальная	125	1,14	14,2	43,5
Комбинированная	122	1,13	12,6	41,5
Минимальная	121	1,14	12,4	37,7
Нулевая	129	1,15	10,5	36,6

Плотность сложения почвы в 4-х полном зернопаровом севообороте во время приобретения ею равновесного состояния находилась в оптимальном диапазоне 1,1-1,2 г/см³ для роста и развития зерновых культур по всем системам обработки почвы. Это характеризует высокую устойчивость черноземных почв к уплотнению. Оценка пористости пахотного слоя по показателям плотности сложения и плотности твердой фазы почвы в зависимости от систем обработки почвы соответствует удовлетворительной оценке и составляет 54-56%.

В результате минимизации обработки почвы снижается интенсивность минерализации органического вещества почвы, при этом образуется дефицит нитратного азота, который приводит к ухудшению азотного режима питания полевых культур [6]. Поэтому при минимальных и нулевых обработках почвы для его улучшения необходимо применять компенсирующие дозы азотных удобрений и возделывать полевые культуры в плодосменных севооборотах с включением бобовых культур.

Засоренность посевов всех возделываемых культур по различным системам обработки почвы по удельной массе сорняков в фитоценозе была ниже порога вредоносности (10%), что обеспечивалось применением баковых смесей высокоэффективных гербицидов в период вегетации и внесением глифосата до посева.

Исследованиями за семилетний период установлено, что устойчивое производство зерна 2,31-2,41 т зерновых единиц с 1 га пашни получено в севообо-

ротах при комбинированной системе обработки почвы. Она оказалась наиболее рентабельной. Минимальная система обработки уступала по уровню продуктивности севооборотов традиционным системам, но по уровню рентабельности максимально приблизилась к ним. Технология No-till с переходом к прямому посеву в севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами обеспечивала сбор зерна 2,09-2,28 т зерновых единиц с 1 га севооборотной площади, что является экономически и энергетически выгодным (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние систем обработки почвы на продуктивность и эффективность полевых севооборотов (среднее за 2013-2019 гг.)

Севооборот	Система обработки почвы	Урожайность, т/га	Выход зерновых единиц, т/га пашни	Рентабельность, %	КЭЭ*
Зернопаровой	отвальная	3,17	2,35	233	3,6
	комбинированная	3,10	2,31	258	3,7
	минимальная	2,89	2,15	230	3,4
	нулевая	2,71	2,09	147	3,6
НСР ₀₅		0,36			
Плodosменный	отвальная	2,31	2,48	239	2,8
	комбинированная	2,26	2,41	251	2,8
	минимальная	2,08	2,22	212	2,5
	нулевая	2,06	2,21	131	2,6
НСР ₀₅		0,23			
Зернопаро-травяной	отвальная	3,28	2,52	210	3,5
	комбинированная	3,17	2,43	232	3,4
	минимальная	2,92	2,25	203	3,4
	нулевая	2,93	2,28	145	3,6
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_t$			

*Примечание: КЭЭ – коэффициент энергетической эффективности

Яровая пшеница сортов селекции ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», размещаемая по чистому пару, включая химический, и лучшим непаровым предшественникам (горох, рапс), формирует зерно по качеству соответствующее 3-му классу ГОСТа, а в отдельные годы 2-му классу с содержанием клейковины 26,1-34,1% и белка 13,1-18,8%. При условии обеспечения оптимального режима питания за счет применения минеральных удобрений.

Таким образом, исследования (2013-2019 гг.), проведенные на черноземе выщелоченном в лесостепном агроландшафте Южного Зауралья в полевых севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами показали эффективность ресурсосберегающих почвозащитных систем обработки почвы. Адаптация технологии No-till возделывания полевых культур определяет перспективу ее применения в благоприятных агроэкологических и хозяйственных условиях землепользования региона.

Библиографический список

1. Вразнов А.В. Адаптивная интенсификация систем земледелия на Южном Урале: монография. Челябинск: ЧГАУ, 2002. – 272 с.

2. Рекомендации по агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур в Челябинской области. /Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» – Челябинск, 2019. – 76 с.
3. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. М.: «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследований физических свойств почв и грунтов. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
6. Ресурсосберегающие способы обработки почвы в адаптивно-ландшафтном земледелии Зауралья. / Под общей редакцией С.Д. Гилева. – Куртамыш: ГУП «Куртамышская типография», 2010. – 194 с.

УДК 633.854.78: 631.58: 631.5

ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА, ВОЗДЕЛЫВАЕМОГО БЕЗ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА И ГЕРБИЦИДОВ

Дридигер В.К., Горшкова Н.А.

ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Михайловск

E-mail: dridiger.victor@gmail.com, natalya.gorshkov@mail.ru

***Резюме.** Выявлено влияние сроков сева и гербицидов на засоренность и урожайность посевов подсолнечника, возделываемого по технологии без обработки почвы. Установлено, что наименьшей засоренностью и большей урожайностью характеризуются посевы майского срока сева, возделываемые с применением глифосата и почвенного гербицида.*

Технология возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы вызывает большой интерес у производителей растениеводческой продукции, так как она позволяет защитить почву от дефляции и водной эрозии, накопить и сохранить продуктивную влагу в почве, повысить урожайность полевых культур и снизить затраты при их возделывании [1,2,3]. Как и в рекомендованной технологии, в технологии No-till большое внимание уделяется чистоте посевов. При этом в данной технологии не представляется возможным бороться с сорными растениями механическими приемами, в связи с чем большую актуальность приобретают агротехнические и химические методы регулирования сорной растительности [4]. Однако их влияние на засоренность посевов и урожайность подсолнечника в технологии No-till не изучено. Поэтому целью наших исследований является выявить влияние сроков сева и гербицидов на засоренность и урожайность подсолнечника, возделываемого без обработки почвы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Сложившиеся погодные условия в годы исследований (2018-2019 гг.) характеризовались как очень засушливые (ГТК=0,68) и засушливые (ГТК=0,73). При этом в июне наблюдалась сильнейшая засуха, а в июле – обильные атмосферные осадки, превышающие среднемноголетнюю норму на 30-22%.

Подсолнечник в опыте возделывали по технологии без обработки почвы, предшественником являлась озимая пшеница. Гибрид подсолнечника Тристан

высеивали 5-10 апреля, 25-30 апреля и 15-20 мая, когда температура почвы на глубине заделки семян достигала 6-8, 10-12 и 14-16 °С соответственно. Посев осуществляли сеялкой прямого сева Gimetal. Ширина междурядий составляла 70 см, норма высева – 65 тысяч семян на 1 га, глубина заделки – 6-8 см, доза внесения припосевного удобрения – 150 кг/га нитроаммофоски (N₂₄P₂₄K₂₄).

Также в опыте изучали влияние трех вариантов применения гербицидов (глифосат, глифосат + почвенный гербицид и глифосат + Евро-Лайтнинг) в сравнении с контролем (без гербицидов). Глифосат (Истребитель, 3 л/га) применяли за 5-7 дней до посева. Баковую смесь двух почвенных гербицидов (Фронтьер Оптима и Прометрин) с нормой применения 0,8 и 2 л/га применяли на соответствующем варианте после сева до появления всходов. В фазе 3-4-х пар настоящих листьев посевы подсолнечника третьего варианта опрыскивали гербицидом Евро-Лайтнинг с нормой применения 1,2 л/га. Уборку урожая осуществляли комбайном Сампо 2010. Полевые исследования и статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами.

На протяжении всей вегетации посевы подсолнечника, возделываемые без применения гербицидов (контроль), характеризовались наибольшей засоренностью. При этом количество сорных растений от фазы полных всходов до полной спелости семян подсолнечника постепенно уменьшалось, что связано с окончанием вегетации яровых ранних сорных растений.

Применение глифосата за 5-7 дней до посева существенно уменьшало количество произрастающих сорных растений в посевах подсолнечника на протяжении всего вегетационного периода культуры во все сроки сева.

Однако наименьшая засоренность посевов наблюдалась при допосевном применении глифосата и довсходовом применении почвенного гербицида и при применении того же глифосата за 5-7 дней до посева и Евро-Лайтнинга во время вегетации подсолнечника.

Применение почвенного гербицида позволило сдержать появление всходов сорняков, что обеспечило уменьшение засоренности посевов на начальных этапах роста и развития культуры. Также это не дало увеличиться засоренности посевов во второй половине вегетации подсолнечника вследствие хорошего роста и развития и, следовательно, более высокой конкурентоспособности культурных растений по отношению к сорнякам по сравнению с другими вариантами опыта.

После применения глифосата до фазы 3-4-х пар листьев подсолнечника наблюдалось увеличение количества всходов сорных растений и, следовательно, засоренности посевов. И только после применения Евро-Лайтнинга численность сорных растений уменьшилась из-за их гибели. При этом стоит отметить, что сорных растений при применении Евро-Лайтнинга во второй половине вегетации подсолнечника все равно было больше, чем при применении гербицида сплошного действия и почвенного гербицида.

На засоренность посевов подсолнечника оказывали существенное влияние не только применяемые гербициды, но и сроки посева. При севе подсол-

нечника в первой декаде апреля в среднем за 2 года по всем вариантам применения гербицидов во время вегетации в посевах произрастало 72 шт./м² сорных растений (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние сроков сева и гербицидов на динамику засоренности посевов подсолнечника, шт./м² (среднее за 2018-2019 гг.)

Срок сева	Фенологическая фаза подсолнечника				Среднее
	всходы	3-4 пары листьев	цветение	полная спелость	
Контроль					
5-10 апреля	97	98	94	75	91
25-30 апреля	148	119	105	73	111
15-20 мая	88	89	100	43	80
Среднее	111	102	100	63	94
Глифосат					
5-10 апреля	62	101	82	83	82
25-30 апреля	53	52	61	52	55
15-20 мая	39	54	87	61	60
Среднее	51	69	77	65	66
Глифосат + почвенный гербицид					
5-10 апреля	48	66	39	60	53
25-30 апреля	33	49	41	28	38
15-20 мая	9	10	16	12	12
Среднее	30	42	32	33	34
Глифосат + Евро-Лайтнинг					
5-10 апреля	60	87	43	52	61
25-30 апреля	27	54	43	37	40
15-20 мая	57	63	76	43	60
Среднее	48	68	54	44	54
НСР ₀₅ для срока сева	16,4	15,2	25,2	17,6	10,1
НСР ₀₅ для гербицида	18,8	17,6	28,8	20,4	11,6
НСР ₀₅ для частных средних	32,4	30,4	50,0	35,2	20,1

К среднему и позднему срокам сева количество сорняков уменьшалось и составляло 61 и 53 шт./м². Это связано с большим количеством взошедших сорняков до обработки гербицидом сплошного действия на позднем сроке сева (159 шт./м²) по сравнению с более ранним (94 шт./м²) и уничтожением их при предпосевной обработке делянок глифосатом.

Сырая надземная масса сорных растений также зависела от гербицидов и сроков сева. Наибольшей массой сорняков характеризовались посевы, возделываемые без применения гербицидов. Применение глифосата в сочетании с почвенным гербицидом и того же глифосата с гербицидом Евро-Лайтнинг приводило к достоверному уменьшению надземной массы сорных растений в течение всего вегетационного периода культуры по сравнению с контролем.

Существенное влияние сроков сева на массу сорных растений наблюдалось только на контрольном варианте и при применении глифосата и почвенного гербицида. На контроле масса сорняков от раннего срока сева к позднему увеличивалась, а при применении глифосата и почвенного гербицида, наоборот, уменьшалась (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние сроков сева и гербицидов на динамику сырой массы сорных растений, г/м² (среднее за 2018–2019 гг.)

Срок сева	Фенологическая фаза подсолнечника				Среднее
	всходы	3-4 пары листьев	цветение	полная спелость	
Контроль					
5-10 апреля	142	462	1143	958	676
25-30 апреля	284	445	1020	1297	762
15-20 мая	488	828	1876	943	1034
Среднее	304	578	1346	1066	824
Глифосат					
5-10 апреля	15	162	873	727	444
25-30 апреля	25	118	857	862	466
15-20 мая	10	65	1060	634	442
Среднее	17	115	930	741	451
Глифосат + почвенный гербицид					
5-10 апреля	11	136	797	1156	525
25-30 апреля	24	112	729	718	396
15-20 мая	7	17	218	170	103
Среднее	14	88	581	681	341
Глифосат + Евро-Лайтнинг					
5-10 апреля	18	142	214	312	172
25-30 апреля	23	101	152	222	125
15-20 мая	14	59	363	244	170
Среднее	18	101	243	259	156
НСР ₀₅ для срока сева	32,4	62,0	164,8	148,4	56,2
НСР ₀₅ для гербицида	37,2	71,6	190,0	171,2	64,9
НСР ₀₅ для частных средних	64,4	124,0	328,0	296,4	112,5

На контроле увеличение массы сорняков обусловлено тем, что перенос срока сева на третью декаду апреля и вторую декаду мая приводит к увеличению их массы ещё до сева подсолнечника. В результате этого сорняки становятся более конкурентоспособными по отношению к только что взошедшим культурным растениям, что обеспечивает им более мощное развитие вегетативной массы, чем в вариантах с применением гербицидов, подавляющих рост и развитие сорняков. При применении почвенного гербицида снижение массы сорных растений от первого к третьему сроку сева объясняется большим количеством уничтоженных глифосатом сорняков и продолжительным действием почвенного гербицида, который препятствовал появлению новых всходов сорняков, тем самым, снижая их массу.

В среднем за 2018–2019 гг. исследований самая низкая урожайность во все сроки посева получена на контроле – 1,20 т/га. Применение гербицидов на всех вариантах опыта приводило к существенному увеличению урожайности подсолнечника по сравнению с контролем (таблица 3).

Таблицы 3 – Влияние сроков сева и гербицидов на урожайность подсолнечника, т/га (среднее за 2018–2019 гг.)

Гербицид	Срок сева			Среднее
	5-10 апреля	25-30 апреля	15-20 мая	
Контроль	1,16	0,99	1,46	1,20
Глифосат	1,31	1,25	2,04	1,53
Глифосат + почвенный	1,44	1,28	2,45	1,72
Глифосат + Евро-Лайтнинг	1,52	1,59	2,41	1,84
Среднее	1,36	1,28	2,09	1,57
НСР ₀₅ для срока сева	0,13			
НСР ₀₅ для гербицида	0,15			
НСР ₀₅ для частных средних	0,26			

На урожайность подсолнечника кроме засорённости посевов существенное влияние оказали погодные условия, являющиеся наиболее оптимальными при севе подсолнечника с 15 по 20 мая. Поэтому самая высокая урожайность в опыте получена при севе подсолнечника во второй декаде мая, с допосевным применением гербицида сплошного действия в сочетании с почвенным гербицидом и того же глифосата совместно с опрыскиванием посевов подсолнечника гербицидом Евро-Лайтнинг в фазе 3–4-х пар листьев, обеспечивающими наибольшую чистоту посевов.

Библиографический список

1. Kulintsev V.V., Dridiger V.K., Godunova E.I., Kovtun V.I., Zhukova M.P. Effekt of No-till Technology on The Available Moisture Content and Soil Density in The Crop Rotation // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – №. 8 (6). – Pp. 795-799.
2. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджумаров Р.Г. Влияние растительных остатков на накопление влаги и популяцию дождевых червей при возделывании полевых культур по технологии No-till // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири: монография в 5 томах. – Том IV Оптимизация сельскохозяйственных ландшафтов. – М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. – С. 134-139. DOI: 10.25680/3532.2018.49.39.292.
3. Дридигер В.К., Невечеря А.Ф., Токарев И.Д., Вайцеховская С.С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. – 2017. – № 3. – С. 16-19.
4. Корчагин В.А. Ресурсосберегающие технологические комплексы возделывания зерновых культур. – Самара, 2005. – 124 с.

УДК 631.872:631.46

ЛИГНИН КАК ФАКТОР БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Ковалев И.В.¹, Ковалева Н.О.¹

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения,
г. Москва

E-mail: kovalevmsu@mail.ru

Резюме. *Ароматические структуры лигнина в растениях, в подстилках, почве, гуминовых кислотах позволяют оценить генезис органического вещества, влияние его состава на биогеохимические процессы и характер гумусообразования в почвах, прогнозировать их экологическое состояние в будущем и способы управления почвенным плодородием.*

Ключевые слова: *лигниновые фенолы, гумус, трансформация лигнина, гуминовые кислоты, уровни структурной организации почв, плодородие почв.*

Summary. *The aromatic structures of lignin in plants, litter, soil, and humic acids allow us to evaluate the genesis of organic matter, the influence of its composition on biogeochemical processes and the nature of humus formation in soils, and to predict their future ecological status and methods for soil fertility managing.*

Keywords: *phenols ligninase, humus, transformations of lignin, the levels of structural organization of soil, humic acids, soil fertility.*

Введение. Постановка проблемы «биохимии лигнина в почвах» теснейшим образом сопряжена с проблемой изучения формирования основы почвенного плодородия – гумуса и предназначена для решения как фундаментальных проблем в почвоведении, так и для практического использования в современном сельскохозяйственном производстве, в частности биологизации земледелия как научной и технологической основы органического сельского хозяйства.

Объекты исследования: южнотаежные березо-осиновые леса и агроэкосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых лесных почвах; агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Кисловодская котловина).

Методы исследования: Апробированная методика мягкого щелочного окисления органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя является наиболее перспективной для анализа содержания и состава лигнина в объектах наземных экосистем: не только в тканях растений, но и в дневных и погребенных почвах, включая минеральные малогумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях, препаратах гуминовых кислот, гранулометрических фракциях почв. Щелочное окисление исследуемых образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сирийские или сиреневые (S), п-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце [1, 2].

Результаты исследования. Разработана и апробирована системная методология изучения биохимического круговорота продуктов окисления лигнина в различных биомах и в основных типах почв (серых лесных, черноземах, красноземах и др.), в том числе и почв сельскохозяйственного использования. Трансформация биополимера впервые изучена практически во всех звеньях цепи, начиная от растительных тканей и опада и заканчивая гумусовыми веществами. Предложена научная гипотеза, объясняющая генезис продуктов окисления лигнина в составе гумуса отдельных типов почв в различных природных зонах и позициях ландшафта с учетом биохимического состава растений. Изучены факторы и установлены причинно-следственные связи состава органического вещества почв (гумуса) и биохимического состава различных частей растений, выявлена особая роль лигниновых фенолов подземных органов растений в процессе гумификации. Показаны закономерности трансформации лигнина в почвах в зависимости от термодинамических условий среды и агро-антропогенного использования. Раскрыты пути и механизмы стабилизации продуктов окисления лигнина на всех уровнях структурной организации почв: в геохимически сопряженных катенах, по профилю

почв, в почвенных агрегатах и конкреционных новообразованиях, в гранулометрических фракциях, на уровне молекулярных взаимодействий.

В частности, значимо установлено, что наибольшее содержание лигниновых фенолов свойственно не надземным, а подземным тканям растений [1,2]. Коэффициент корреляции содержания лигнина в почве и биомассы корней – 0.92-0.99. Наибольший вклад корневого лигнина присущ луговым экосистемам и особенно в степных сообществах со значительным преобладанием подземной биомассы над надземной, где отношение подземных органов к надземным достигает 20. В лесных экосистемах это отношение значительно ниже, отношение подземных органов к надземным – 3-7.

А)

Типчаково-пырейно-ковыльная сухая степь, пастбище

Б)

Типчаково-разнотравная лугостепь, заповедование

В)

Можжевеловый лес, поляна

Рисунок 1 – Структура биомассы растительных сообществ ($r = 0.92-0.99$; $P=0.95$): А) степная экосистема; Б) луговая экосистема; В) лесная экосистема

Наименьшая роль корней в круговороте лигнина обнаружена в агро-антропогенных экосистемах с равными долями надземной и подземной биомассы, достигая 1. Соотношения лигниновых фенолов в корневой биомассе повторяют закономерности, свойственные надземным органам.

Рисунок 2 – Структура биомассы растительных сообществ ($r = 0.96-0.97$; $P=0.95$) агро-антропогенной экосистемы

Установлено, что наибольшее суммарное (VSC) количество продуктов окисления лигнина в рассматриваемых горизонтальных рядах почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских заповедников, черноземы Курского заповедника. При этом, показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур. Так в почвах южной тайги она составляет 5-8%, в лесостепи – 9-10%, в черноземах – 10-12% и, достигая максимальных значений в красноземах тропического леса до 30-50%, то есть фактически следует за величиной периода биологической активности. В условиях антропогенного использования количество лигнина в почвах уменьшается по сравнению с естественными аналогами [1].

Установлено распределение лигниновых фенолов на всех уровнях структурной организации почв. На уровне почвенного профиля наибольшее суммарное количество продуктов окисления (VSC) лигнина в рассматриваемых рядах почв приурочено к верхним гумусово-аккумулятивным горизонтам – до 12–18 мг/г Сорг., наименьшее (1-4 мг/г Сорг.) – к нижним частям профилей. В гумусовых горизонтах количественно преобладают альдегиды, а в иллювиальных – кислоты. Последнее обусловлено большей подвижностью кислот в профиле почв. Вероятно, именно ванилиновая кислота обладает наибольшей миграционной способностью в профилях таежных почв, внося свою долю в пул органических кислот, формирующих подзолистые и глеевые горизонты. Агрегатный уровень организации почвенной массы демонстрирует, что на поверхности агрегата в окислительных условиях наблюдается меньшее количество продуктов окисления лигнина и более высокая степень его окисленности в ванилиновых и сиригильных единицах, нежели внутри агрегата, где складывается восстановительная обстановка и преобладают факультативные анаэробные микроорганизмы. На уровне элементарных почвенных частиц: содержание лигниновых фенолов с уменьшением размера частиц количество лигнина в них

значительно снижается ($p < 0,001$) – в 10 раз по сравнению с фракциями крупных частиц. Однако именно к наиболее мелким илистым и пылеватым фракциям приурочены величины максимальной степени окисленности и степени трансформации боковых цепочек биополимера, что способствует их стабилизации глинистыми минералами. При этом в мелких фракциях характерно и наибольшее содержание биофильных элементов. На молекулярном уровне. Оригинальные результаты о количестве и степени трансформации молекул биополимера в ряду: «ткани растений – подстилка – почва – дневные гуминовые кислоты – погребенные гуминовые кислоты» позволяют оценить решающую роль ароматических структур лигнина в гумификации почв. В обозначенном ряду увеличивается количество ароматических кислот по отношению к альдегидам во всех типах объектов независимо от общего количества лигнина в них и достигает максимума в препаратах гуминовых кислот из погребенных почв [1, 2]. Тем самым, наши результаты подтверждают положение о нарастающем карбоксилировании лигниновых остатков как о главном процессе их трансформации в гумус. Лигнин высших растений принимает участие в формировании молекул специфических соединений гумуса почв, причем, как алифатических, так и ароматических их частей. Высокая корреляция содержания продуктов окисления лигнина в почве с площадью пиков лигниновых структур на ^{13}C ЯМР-спектрах гуминовых кислот при 105-160 ppm и 56 ppm является доказательством участия последних в формировании гумуса почв. В почвах с контрастным окислительно-восстановительным режимом складываются благоприятные условия для вхождения фенольных соединений в состав органо-железистых комплексов. Распашка и осушение (5-20 лет последствий дренажа) вызывает глубокую разрушительную трансформацию и таких, казалось бы, устойчивых соединений как лигниновые фенолы, в конкреционных новообразованиях [1,2].

Результаты исследований оригинальны и могут быть использованы при:

- разработке технологий применения органических удобрений. В зависимости от содержания и композиционного состава лигнина растений в органическом удобрении корректируется его норма внесения в почву. Лигнин считается главным источником образования, обновления и воспроизводства почвенного органического вещества. Поэтому важна оценка направленности процессов гумификации, уровней плодородия почв, оптимизации использования средств коррекции урожая, особенно в системах точного земледелия.

- производстве гуминовых препаратов, их идентификации и сертификации. Впервые стало возможным идентифицировать генезис гуминовых препаратов. Благодаря лигнину в почве образуются гуминовые вещества, придающие почвенному органическому веществу и его стабильной части – гумусу, особые свойства и функции.

- биоконверсии и консервации отходов гидролизной, деревообрабатывающей и иной промышленности, имеющей сырьевым источником лигниносодержащие соединения. Показаны возможные механизмы и скорость трансформации

лигниновых фенолов в зависимости от композиционного состава лигнина древесных и травянистых растений в разных почвенно-географических условиях, и на этой основе – выбор оптимальной технологии утилизации лигноцеллюлозы. Гидролизный лигнин превратился из отхода производства в ценное сырье для сельского хозяйства (биопрепараты и удобрения).

- анализе устойчивости почв к агрогенному воздействию. Агро-антропогенное использование (распашка, осушение, производственное лесоразведение) вызывает ускоренную деструкцию макромолекулы лигнина при сохранении неизменными главных лигниновых структур.

- оценке современных приемов обработки почвы и приемов биологизации земледелия. Наблюдается усиление микробиологической активности почв, что делает возможным участие лигниновых фенолов в реакциях хелатообразования и гумусообразования, формируется агрономически ценная структура. Проявление аллелопатических свойств лигниновых фенолов при длительном использовании приемов биологического земледелия требует систематических исследований биохимии лигнина в почвах. Например, в практике использования технологии системы нулевой обработки почвы, которая известна как технология No-till, в первые годы получаем высокие урожаи, а уже на 3-4 годы резкое снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Ковалев И.В. Биохимия лигнина в почвах // автореф. дис. докт. с.-х.н., М. 2016, 50 с.
2. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополей Русской равнины) // Почвоведение, 2008, № 10. С. 1205-1216.
3. Ertel J.R., Hedges J.I. The lignin component of humic substances: Distribution among the soil and sedimentary humic, fulvic and base-insoluble fractions // Geochim. Cosmochim. Acta. 1984. V. 48.

**Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 17-14-01120*

УДК:631.811

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ МЕСТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Каримбердиева А.А., Кузиев Ж.М.

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
г. Ташкент,

E-mail: jahongir_kuziev@mail.ru

Резюме. В статье изложены результаты исследования по изучению влияния местного минерального сырья-агродруд: бентонита, глауконита, а также навоза на содержание гумуса, валовых и подвижных форм основных элементов питания: азота, фосфора, калия и микроэлементов: меди, цинка, марганца в новоорошаемых луговых аллювиальных почвах в условиях полевого опыта.

Внесение на этих почвах агродруд, имеющихся в регионе, способствует повышению содержания в них подвижных форм элементов питания.

Summary. The article presents the results of a study on the influence of local mineral raw materials - agro-ore: bentonite, glauconite, as well as manure on the content of humus, gross and mobile

forms of the main nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium and trace elements: copper, zinc, manganese in newly irrigated meadow alluvial soils in the field experience.

The introduction of agro-ore on these soils in the region contributes to an increase in the content of mobile forms of nutrients in them.

В настоящее время огромные площади земель Приаралья непригодны к использованию в сельском хозяйстве, подвержены деградации, которые проявляется в виде опустынивания, эрозии почв, засоления, осолонцевания, заболачивания, загрязнения, снижению содержания в них питательных элементов и т.д.

Для предотвращения этих отрицательных явлений, устранения, интенсивно протекающих на территории Приаралья процессов, необходимо тщательное изучение свойств и особенностей этих почв, выявление причин снижения их плодородия, а также их агрохимическое состояние.

Общая площадь деградированных земель в Узбекистане составляет 70%, из них в Каракалпакстане – около 21%. За последние 10-15 лет в результате протекания на этих почвах таких негативных процессов как засоление, снижение содержание гумуса, элементов питания (азот, фосфор, калий, микроэлементов – медь, цинк, марганец, бор и т.д.) резко снизилось их плодородие и они оказались непригодными для сельскохозяйственного использования.

В связи с этим, наши исследования проведены в условиях полевого опыта на новоорошаемых луговых аллювиальных почвах левобережья Амударьи в фермерском хозяйстве «Дустлик» Ходжейлийского района Республики Каракалпакстан.

Целью исследования явилось изучение влияния внесенного местного сырья, имеющегося на территории – глауконита, бентонита и навоза на изменение содержания в почвах гумуса, подвижных форм макро- и микроэлементов.

Опыт состоял из четырёх вариантов: 1 – Контроль- $N_{150}P_{105}K_{75}$; 2 – $N_{115}P_{80}K_{56} + 800$ кг/га глауконит; 3 – $N_{115}P_{80}K_{56} + 3,0$ т/га бентонит; 4 – $N_{115}P_{80}K_{56} + 20$ т/га навоз. Глауконит, бентонит и навоз внесены на фоне сокращённой нормы минеральных удобрений.

Новоорошаемые луговые аллювиальные почвы опытного участка по механическому составу-среднесуглинистые, средnezасоленные.

Исследование питательного режима этих почв перед посевом хлопчатника позволило установить, что в пахотном и подпахотном горизонтах почв содержание гумуса и валового азота колеблется, соответственно, в пределах 0,664-0,900% и 0,050-0,080%. Содержание валового фосфора достаточное – 0,19-0,25% и снижается оно до 0,15-0,19% в подпахотном горизонте. Почвы обеспечены валовым калием. Содержание нитратного азота среднее и составляет в верхнем горизонте – 39,2-56,4 мг/кг. Количество подвижного фосфора колеблется от 28,0 мг/кг до 54,0 мг/кг и почвы считаются средне- и достаточно обеспеченными этим элементом, но обеднены обменным калием.

К концу вегетации хлопчатника, содержание гумуса в пахотном горизонте почв контрольного варианта повысилось на 0,1%, за счет внесения минеральных удобрений.

Содержание гумуса в пахотном горизонте почв, по сравнению с исходным

состоянием, повысилось при внесении глауконита, соответственного, на 0,19-0,20% или на 7,6-8 т/га; на варианте с навозом на 0,36% или на 14,4 т/га. При внесении бентонита в норме 3 т/га навоза содержание валового азота повысилось в пахотном и подпахотном горизонтах на 1,2-0,84%. Количество валового фосфора в почвах в конце вегетации не изменилось, а содержание валового калия увеличилось на 0,12-0,18% или 4,8- и 7,2 т/га. В нижележащих, подпахотных горизонтах почв всех вариантов опыта, в конце вегетации хлопчатника также повысилось содержание гумуса и элементов питания.

Количество гумуса в 0-50 см горизонте почв в конце вегетации хлопчатника, по сравнению к контрольным вариантам, на варианте 3 с внесением бентонита, повысилось на 0,133% или на 5,32 т/га.

При внесении навоза в норме 20 т/га количество гумуса увеличилось на 0,145%; или 5,8 т/га. Однако при внесении 800 кг/га бентонита на варианте 2, отмечено его содержания на 0,011% или на 4,04 т/га.

Содержание валового азота в горизонте 0-50 см в почвах варианта с внесением органики (вариант 4), по сравнению с контрольным вариантом, увеличилось на 0,020% или на 0,80 т/га, на 2^{ом} и 3^{ем} вариантах разница в повышении его составляет 0,05% или 2 т/га.

При определении валового фосфора отмечено, что содержание его увеличилось только при внесении навоза на 0,01% или 0,40 т/га, на вариантах 2 и 3 снизилось на 0,02-0,03%.

Установлено, что количество валового калия в почвах сравнению с контролем, увеличилось на варианте-4 на 0,246% или на 9,86 т/га, на варианте-2 с глауконитом – на 0,100% или на 4,0 т/га, при внесении бентонитов (вариант 3)- на 0,083% или 3,32 т/га.

Перед постановкой опыта в почвах определено содержание валовых и подвижных форм микроэлементов меди, цинка, марганца и бора. Полученные результаты анализов показали, что содержание валовой меди в верхних горизонтах почв составляет 28,2 мг/кг и заметно снижается в нижележащих горизонтах. Количество валового цинка в верхних горизонтах в среднем составляет 41,0 мг/кг («эталон» – 53 мг/кг) и к породе увеличивается до 52,0 мг/кг.

Содержание валовой марганца колеблется по профилю почв в пределах 549,0-650,0 мг/кг («эталон» - 600 мг/кг). Почвы по всему профилю обогащены валовым бором, где содержание его колеблется от 65,0 мг/кг до 82,0 мг/кг.

Новоорошаемые луговые аллювиальной почвы, где проведен полевой опыт, низкообеспечены подвижными медью и цинком, а количество, подвижного марганца и воднорастворимого бора несколько превышало «предельные» числа.

«Предельные» числа содержания в почвах подвижных форм микроэлементов, необходимых для нормального роста и развития растений, были установлены на основании многочисленных опытов, проведенными на орошаемых карбонатных почвах республики (Круглова Е.К., 1966).

Принято, что «предельные» числа составляют: для меди – 0,4-0,8 мг/кг, цинка – 1,5-2,5 мг/кг, марганца – 80-100 мг/кг, водорастворимого бора 0,8-1,2

мг/кг.

Результаты исследований показали, что перед постановкой полевого опыта, в исходном состоянии, в пахотном горизонте почв содержалось низкое количество подвижной меди- в пределах 0,25-0,35 мг/кг, цинка – от 1,10 до 1,40 мг/кг. Почвы обеспечены подвижным марганцем, где его содержание колеблется от 118,0 до 144,1 мг/кг, что характерно для луговых аллювиальных почв. Отмечено повышение содержание в почвах водорастворимого бора- от 1,3 до 2,4 мг/кг.

Как показали результаты исследований, в конце вегетации хлопчатника содержание подвижной меди в почвах всех вариантов опыта снизилось, по сравнению с исходным содержанием, и составило в пахотном горизонте почв 0,20-0,24 мг/кг, в подпахотном горизонте меньше: в пределах от 0,16-0,19 мг/кг. В пахотном и подпахотном горизонтах почв контрольного варианта содержание подвижного цинка, 1,3 мг/кг и 1,1 мг/кг.

На варианте 2, где внесены глаукониты в количестве 800 кг/га содержание подвижного цинка в пахотном горизонте увеличилось на 0,35 мг/кг. В пахотном горизонте цинка 1,65 мг/кг, то есть отмечено уменьшение его содержания – на 0,15 мг/кг.

Внесение бентонита (вариант 3) способствовало незначительному повышению содержания подвижного цинка пахотном горизонте на 0,2 мг/кг. Наибольшее влияние на содержание цинка оказало внесение 20 т/га, где количество подвижного цинка составило в пахотном горизонте – 1,8 мг/кг, в нижележащем, подпахотном горизонте – 1,4 мг/кг.

Содержание подвижного марганца в почвах в конце вегетации хлопчатника, значительно уменьшилось относительно исходного содержания, видимо за счет уменьшения влажности почв и снижения активности окислительно-восстановительных процессов. В пахотном и подпахотном горизонтах почв контрольного варианта количество подвижного марганца составило, соответственно, 91,7 мг/кг и 78 мг/кг, то есть находится в черте «предельных» чисел.

Содержание подвижного марганца в почвах при внесении 800 кг/га глауконита в пахотном горизонте 97,0 мг/кг и, незначительно снижается до 85,0 мг/кг в нижнем, подпахотном горизонте. Внесение 3,0 т/га бентонита способствовало также повышению подвижного марганца относительно контроля и составило в верхних горизонтах почв, соответственно, 90,5 мг/кг и 96,5 мг/кг.

Наименьше количество марганца отмечено в почвах варианта - 4, где внесено 20 т/га навоза: в пахотном горизонте оно составило 89,0 мг/кг, в подпахотном горизонте-74,7 мг/кг.

Содержание водорастворимого бора в почвах всех вариантов опыта, в основном меньше, чем в почвах исходного состояния, но выше по сравнению с контрольным вариантом. Так, в верхних горизонтах почв контрольного варианта содержатся 0,87-0,90 мг/кг бора, что в пределах нормы. Однако, при внесении глауконита, бентонита и навоза количество водорастворимого бора увеличилось до 1,5-1,57 мг/кг в пахотном и до 1,30-1,60 мг/кг в подпахотном горизонтах.

Таким образом, следует отметить, что внесение навоза и минерального сырья (бентонит, глауконит) на форме сокращенной, в среднем на 25% нормы минеральных удобрений, способствует повышению содержания в почвах опыта гумуса, подвижных форм азота, фосфора, сравнительно исходного содержания.

Установлено, что внесение минерального сырья – бентонита, глауконита и навоза не оказало существенное влияние на изменение содержания подвижных меди и цинка, но оно выше по сравнению с контролем.

Изучив влияние внесённых местных удобрений на обеспеченность почв опыта элементами питания, уместно сделать вывод о том, что в изученных почвах нарушено соотношение между содержанием макро – и микроэлементов низкое содержание в них гумуса и подвижных форм макроэлементов оказывает отрицательное влияние на питательный режим почв и приводит к снижению их плодородия.

В связи с этим, для улучшения питательного режима почв необходимо внесение на них имеющихся в регионе минерального сырья – агроруд (бентонит, глауконит и т.д.) на фоне сокращённой нормы минеральных удобрений в среднем на 25%, что даёт возможность повысить содержание в почве макро – и, особенно, микроэлементов в подвижной форме

Кроме этого, на орошаемых луговых аллювиальных почвах изученной территории, где усиленно протекают негативные процессы, снижающие плодородие почв, необходимо внесение различных видов нетрадиционных удобрений, содержащие в своём составе микроэлементы.

Библиографический список

1. О мерах по реализации договорённостей, достигнутых в рамках Международной конференции «Развитие сотрудничества в регионах бассейна Аральского моря по смягчению последствий экологической катастрофы» Ургенч, 2012 год.
2. Круглова Е.К. Микроэлементы в почвах и их влияние на хлопчатник. Ташкент, изд. «ФАН», 1966 г.

УДК 631.559

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТОВ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Рзаева В.В., Миллер С.С.

ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень

E-mail: valentina.rzaeva@yandex.ru

Резюме. В статье представлены данные по урожайности, продуктивности культур зернопропашного (кукуруза – яровая пшеница – овес) и зернопарового с занятым паром (занятый пар: горох с овсом – яровая пшеница – яровая пшеница) севооборотов в Западной Сибири (северная лесостепь Тюменской области).

Summary. The article presents data on the yield and productivity of crops of grain-tillage (corn – spring wheat – oats) and grain-steam with busy steam (busy steam: peas with oats – spring wheat – spring wheat) crop rotations in Western Siberia (Northern forest-steppe of the Tyumen region).

Севооборот при возделывании сельскохозяйственных культур остаётся

залогом устойчивого урожая возделываемых культур.

Кукуруза – одна из главных растениеводческих культур в мире. В основном ее выращивают на зерно и для получения кормов. В свежем и особенно в силосованном виде она является во многих регионах мира превосходным кормом для животных. Высокая урожайность и низкие затраты при возделывании обуславливают ее широкое распространение по всему миру (Шпаар Д. и др., 2010).

Зерно пшеницы является основным источником питания человека, кормом для животных, т. к. оно очень калорийно и питательно, а так же промышленным сырьем (Макаров И.П., 1990).

Овёс – культура традиционная в российском земледелии, представляющая главную значимость в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и медицине. Овёс и в настоящее время остаётся ценнейшей зернофуражной культурой, отличным предшественником в севообороте и фитосанитаром почв (Баталова Г.А., 2010).

Соблюдение и внедрение севооборота позволяет снизить распространение сорных растений, уменьшить уровень заболеваемости сельскохозяйственных культур, оптимизировать использование питательных веществ и влаги, рационально распределить нагрузку на технику, увеличить урожайность, продуктивность и потенциальную рентабельность хозяйства (Косолап Н.П., 2009).

Исследования проводятся на опытном поле ГАУ Северного Зауралья в 1,5 км от с. Утешево по утвержденной методике и схеме опыта (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Севооборот	
Зернопропашной: 1) кукуруза 2) яровая пшеница 3) овес	Зернопаровой с занятым паром: 1) однолетние травы 2) яровая пшеница 3) яровая пшеница

Повторность в опыте трёхкратная.

Одним из основных путей увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур, и севооборотов в целом, это научно-обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и, конечно, соблюдение севооборотов.

Анализируя урожайность возделываемых культур в изучаемых севооборотах, отмечаем, что урожайность яровой пшеницы выше в зернопаровом севообороте с занятым паром (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность культур севооборотов, т/га, 2018 г.

Севооборот	Урожайность	Севооборот	Урожайность
Кукуруза	21,70	Однолетние травы	9,50
Яровая пшеница	2,86	Яровая пшеница	3,50
Овес	4,90	Яровая пшеница	3,10

После перевода урожайности в кормовые единицы получили следующую

продуктивность культур зернопропашного севооборота (таблица 3), так продуктивность кукурузы составила 4,55 т к. ед./га, продуктивность яровой пшеницы – 3,08 и овса – 4,90 т к. ед./га. По севообороту продуктивность составила 4,17 т к. ед./га.

Наибольшей продуктивностью в зернопропашном севообороте отмечен овес – 4,90 т к. ед./га, что больше яровой пшеницы на 1,82 т к. ед./га и на 0,35 т к. ед./га в сравнении с кукурузой.

Продуктивность зернопарового севооборота с занятым паром составила по культурам: однолетние травы – 3,80 т к. ед./га, яровая пшеница первая после занятого пара – 4,13 и яровая пшеница вторая после занятого пара – 3,66 т к. ед./га (таблица 4).

Таблица 3 – Продуктивность зернопропашного севооборота, т к.ед./га, 2018 г.

Севооборот	Продуктивность культур	Продуктивность по севообороту
Кукуруза	4,55	4,17
Яровая пшеница	3,08	
Овес	4,90	

Наибольшая продуктивность в зернопаровом севообороте с занятым паром отмечена по яровой пшенице, первой после занятого пара – 4,13 т к. ед./га, что больше яровой пшеницы второй после занятого пара на 0,47 т к. ед./га и выше однолетних трав на 0,14 т к. ед./га.

В целом по севообороту продуктивность составила – 3,86 т к. ед./га,

Таблица 4 – Продуктивность зернопарового севооборота с занятым паром, т к. ед./га, 2018 г.

Севооборот	Продуктивность культур	Продуктивность по севообороту
Однолетние травы	3,80	3,86
Яровая пшеница	4,13	
Яровая пшеница	3,66	

Продуктивность характеризует эффективность севооборота по выходу продукции в кормовых единицах.

При сравнении двух севооборотов необходимо отметить, что продуктивность зернопропашного севооборота выше продуктивности зернопарового севооборота с занятым паром на 0,31 т к. ед./га.

Библиографический список

1. Баталова Г.А. Урожайность и качество семян овса в зависимости от нормы высева / Г.А. Баталова, Л.А. Горбунова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 1. – С. 16-17.
2. Косолап Н.П. Научные основы системы земледелия No-till / Н.П. Косолап. Нивы Зауралья. – 2009. – № 7 (63). – С.69-72.
3. Макаров И.П. Влияние системы основной обработки на свойства почвы и урожайность зерновых культур / И.П. Макаров, Л.П. Манылова, В.И.Карпова. Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 92-96.
4. Шпаар Д. Кукуруза (Выращивание, уборка, консервирование и использование) / Д.

Шпаар, К. Гинапп, Д. Дрегер, А. Захаренко, С. Каленская, Ю. Кранц, Б. Пипер, З. Поппе, А. Постников, В. Пыльнев, С. Танчик, Ю. Хайнрих, Ф. Хретвиг, В. Шлапунов, В. Щербаков, Ф. Эльмер // под общей редакцией Д. Шпаара – М.: ИД ООО «Dlv Агродело», 2010. – 390 с.

УДК: 633.18: 03

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОРТОВ РИСА, ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ КРАСНОАРМЕЙСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ В 2019Г.

Туманьян Н.Г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр риса», Краснодар, пос. Белозерный
E-mail: TNGeraG@yandex.ru

Резюме. Проведено исследование сортов риса Рапан, Велес, Азовский, Сигнал, Патриот, Аполлон, Олимп, выращенных в условиях Красноармейского района Краснодарского края в 2019 г., по признакам качества зерна. Трещиноватость зерна у сортов находилась в пределах 3-33%, стекловидность – 70-91%. Высоким содержанием целого ядра в крупе отличались сорта Олимп, Аполлон и Велес. Сорт Велес был выделен, как лучший по признакам качества зерна (укрупненной зерновки, низкой трещиноватости и высоким содержанием целого ядра в крупе).

Совокупность признаков качества зерна, которая используются в оценке селекционного материала при создании сорта риса, в экологических и производственных сортоиспытаниях позволяет как осуществлять выбор генотипов на этапах селекционного процесса с лучшими признаками, определяющими возможность выведения новых сортов с высоким качеством зерна и так и выделять лучшие сорта для определенных агроландшафтных зон. Крупность зерновки оценивается по показателю массы 1000 абсолютно сухих зерен, наличие трещин в зерне и мучнистых пятен – по показателям трещиноватости и стекловидности соответственно; форма и размеры зерновки – по ее длине, ширине, толщине и отношению длины к ширине; выход и качество крупы – по количеству выработанной крупы и содержанию в ней целых ядер.

На показатели признаков качества зерна влияют агроклиматические условия агроландшафтных зон возделывания риса, в связи с чем диапазон агробиологических показателей генотипов в изменяющихся условиях среды входит в систему оценки селекционного материала. Рис в Краснодарском крае выращивают в низовьях реки Кубани в районах: Красноармейском, Темрюкском, Калининском, Абинском и др., в основном в районах, в которых сумма температур воздуха выше 10° С 3400-3500°С, за период вегетации – 2920-3040°С. Сформировавшиеся из бывших черноземов, луговато- и лугово-черноземных, рисовые лугово-черноземные почвы преобладают в восточном секторе дельты. В Красноармейском районе рисовые системы расположены в стародельтовой агроландшафтной зоне.

Материалы и методы исследований. Материалом исследования служили сорта риса урожая 2019 г. Рапан, Велес, Азовский, Олимп, Аполлон, Сигнал и Патриот. Отборы образцов проводили при полном созревании в посевах

риса в ЭСП «Красная». Трещиноватость и стекловидность определяли на диафаноскопе ДСЗ-3, качество и количество крупы – на установке ЛУР-1 М по ГОСТу 50438-92, крупность зерна – по ГОСТу 10842-89, пленчатость – ГОСТу 10843-76, стекловидность – ГОСТу 10987-76, размеры и форму зерновки – на сканере (система анализа изображений LA 2400, WinFOLIA, WinRHIZO, WinSEEDLE, Канада) с использованием компьютерной программы Seedling [2-5]. Математическую и статистическую обработку данных проводили по методикам Дзюбы [1].

Результаты и обсуждение. В Красноармейском районе в ЭСП «Красная» в целях оценки качества урожая в 2019 г. выращивали сорта Рапан (стандарт), Велес, Азовский, Олимп, Аполлон, Сигнал и Патриот. Сорта созданы в ФНЦ риса и находятся в Реестре охраняемых селекционных достижений: Олимп с 2013 г., Аполлон и Патриот с 2017 г., Азовский с 2019 г. Велес и Сигнал испытываются в системе госсортоиспытания. Стародельтовский агроландшафтный регион характеризуется мощностью гумусового горизонта почвы 100-130 см, содержанием гумуса – 2,8-3,7%, содержанием общего азота 0,20-0,25, легкогидролизуемого азота 5-7 мг/100 г. Климат умеренно-континентальный, среднегодовая температура воздуха +10-10,8 °С.

Таблица – Показатели признаков качества зерна риса, выращенных в Красноармейском районе Краснодарского края в 2019 г.

Сорт	Масса 1000 а.с.з., г	Пленчатость, %	Стекло-видность, %	Трещиноватость, %	Размеры шелушенной зерновки, мм, l/b				Общий выход крупы, %	Содержание целого ядра в крупе, %
					длина, мм (l)	ширина, мм (b)	толщина, мм (c)	l/b		
Рапан, st	24,6	19,8	85	33	5,9	2,9	2,0	2,0	70,4	66,8
Олимп	23,1	18,2	83	12	5,4	2,7	1,9	2,0	71,2	97,5
Аполлон	25,1	21,0	74	12	6,1	2,9	2,0	2,1	66,4	94,3
Патриот	30,8	19,6	71	9	5,7	3,1	2,2	1,8	65,6	76,2
Азовский	24,0	23,2	70	29	5,3	2,9	1,9	1,8	66,4	76,2
Велес	27,7	20,4	91	3	6,3	2,8	2,0	2,2	67,0	96,7
Сигнал	26,6	19,6	74	18	6,1	2,8	2,0	2,1	66,8	82,3
НСР ₀₅	0,15	0,08	1,2	0,06	—	—	—	—	0,21	0,38

Сорта были отнесены к группе со средней по массе зерновки, кроме сорта Патриот. Крупность зерновки сорта Патриот в отдельные годы, как в 2019 г., может достигать 30 г по абсолютно сухому веществу 1000 зерен. Пленчатость зерна находилась в пределах 18,2-23,2%. Стекловидность зерна – в пределах 71-91%, наименьшей характеризовались сорта Азовский и Патриот, соответственно 70 и 71%, наибольшей сорт Велес – 91%. Сорта Велес и Патриот имели низкую трещиноватость, соответственно – 3 и 9%. На более, чем 20%, была выше трещиноватость у сортов Рапан и Азовский – 33 и 29%. У сортов Олимп,

Аполлон и Сигнал – 12-18%.

Наличие трещин в эндосперме зерновки приводит к ее дроблению при шлифовании в процессе выработки шлифованной крупы [6]. В связи с этим снижается качество крупы и уменьшается выход крупы 1-го сорта. Наименьшее содержание целого ядра в крупе отмечено у сорта Рапан, у которого выявлена самая высокая трещиноватость зерна. Сорта Велес и Олимп имели наивысшие показатели содержания целого ядра в крупе – 96,7-97,5%. Однако, сорта Патриот и Азовский, характеризующиеся большими различиями в показателях трещиноватости (соответственно, 9 и 29%), имели одинаковые показатели содержания целого ядра в крупе – 76,2%. Такая особенность может быть объяснена различиями в крупности зерновки: для крупнозернового сорта Патриот характерна более высокая степень дробления при повышении трещиноватости, чем для сортов с низкой массой зерновки. Для крупнозерновых сортов отмечаются более высокие показатели трещиноватости в связи с большим влиянием высоких температур в период налива зерна на формирующийся эндосперм зерновки.

Высоким общим выходом крупы характеризовались сорта Рапан и Олимп, у остальных сортов показатель выхода крупы находился в пределах 65,6-67,0%. Сорта Олимп, Патриот и Азовский относятся к группе короткозерных, Велес – к группе среднезерных (1/b 2,2), сорта Аполлон и Сигнал можно отнести как к группе короткозерных, так и среднезерных (1/b 2,2).

Выводы. Сорта Рапан и Азовский в 2019 г. характеризовались высокой трещиноватостью, что привело к снижению показателя содержания целого ядра в крупе. Однако для сорта Азовского отмечена высокая прочность эндосперма и устойчивость к дроблению при шлифовании. Сорта Олимп, Аполлон и Велес отличались высокими показателями содержания целого ядра в крупе (более 94%). Был выделен сорт Велес, как сорт с наилучшими показателями качества зерна, выращенный в условиях 2019 г. в Краснодарском крае, Красноармейском районе.

Библиографический список

1. Дзюба, В.А. Многофакторный опыт и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба // Методические рекомендации (доп.). – Краснодар. – 2007. – 76 с.
2. ГОСТ 10843-76. Метод определения пленчатости; введ. 1976-07-01. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 11 с.
3. ГОСТ 10987-76. Метод определения стекловидности; введ. 1977-06-01. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 53 с.
4. ГОСТ 10842-89 Зерно. Метод определения массы 1000 зерен;
5. ГОСТ 50438-92 Рис. Определение выхода шлифованного риса;
6. Юлдашев Дж. Влияние сроков уборки на качество зерна / Дж. Юлдашев // Селекция и агротехника с/х культур в условиях Каракалпакии. КНИИИЗ. - Ташкент. -1988. – С. 140-142.

БИОЛОГИЗАЦИЯ СВЕКЛОВИЧНЫХ СЕВООБОРОТОВ В ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Акименко А.С., Дудкина Т.А., Вавин В.Г., Садыкова Л.И.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: vniiz.sevooborot@mail.ru

Резюме. По результатам анализа экспериментальных данных многолетнего стационарного опыта предложены меры по совершенствованию севооборотов с оптимально большой долей сахарной свеклы с учетом специализации хозяйств.

Ключевые слова: севооборот, структура посевных площадей, биологизация, азот, гумус.

Цель исследования – выявить эффективность сочетания антропогенных и биологических удобрительных средств в свекловичных севооборотах разного вида. Актуальность предопределена: необходимостью экологизации земледелия при одновременном повышении продуктивности пашни, получении заданного количества конкретной продукции полеводства во взаимоувязке с воспроизводством плодородия почв.

Исследования проведены в многолетнем (1992–2015 гг.) стационарном опыте, заложенном в пространстве и времени (всеми вариантами одновременно), на черноземе типичном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса в пахотном слое 5,2–5,4% и pH_{KCL} 5,1–5,3 ед. Схема опыта включала три севооборота (порядок чередования культур показан в таблице) на четырех уровнях удобрённости: 6 т навоза, 6 т навоза + $N_{37}P_{37}K_{37}$, 12 т навоза, 12 т навоза + $N_{37}P_{37}K_{37}$ на 1 га севооборота на фоне заделки в почву побочной продукции. Расположение вариантов систематическое в трехкратной повторности.

Динамика урожайности культур на контрольных фонах удобрений по ротациям севооборотов приведена в таблице. Положительное влияние на неё более высокого фона удобрённости проявилось после всех предшественников. Наибольшая урожайность озимой пшеницы достигнута после чёрного, а наименьшая получена после занятого пара в связи с худшими условиями предшествующей осени для получения своевременных всходов. Лучшим предшественником ячменя был горох. Наличие в севообороте сидерального пара способствовало повышению урожайности сахарной свеклы. Синергизм предшественников и удобрений проявился в том, что на слабоудобрённом фоне сравнительно с наиболее удобрённым, средняя за период исследований урожайность ячменя была существенно выше, чем после кукурузы, а урожайность сахарной свеклы в звеньях с сидеральным и занятым парами одинаковой.

Различия в урожайности ведущих культур в связи с уровнем удобрённости после всех предшественников имели устойчивую тенденцию

Таблица – Динамика урожайности (ц/га) по ротациям севооборотов

Севооборот	Ротации севооборотов												Среднее за 1992-2015 гг.		
	1-я			2-я			3-я			4-я			5-я		
	I*	IV*		I	IV		I	IV		I	IV		I	IV	
I															
Клевер на 1 укос	155	161	165	170	167	179	143	153	158	169	168	158	158	168	
Озимая пшеница	35,3	38,8	34,6	38,1	27,5	31,8	30,7	36,5	29,4	35,3	36,1	29,4	35,3	31,5	36,1
Сахарная свёкла	342	375	322	354	324	372	314	362	318	366	366	318	366	324	366
Горох	19,0	20,3	19,1	19,8	19,0	20,7	17,9	18,9	18,3	20,0	19,9	18,3	20,0	18,7	19,9
Ячмень	47,1	52,6	31,1	38,2	37,6	47,2	27,8	34,5	35,1	43,8	43,3	35,1	43,8	35,7	43,3
II															
Пар чёрный	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая пшеница	38,4	44,8	40,0	46,8	33,4	41,2	35,6	45,7	36,1	46,5	45,0	36,1	46,5	36,7	45,0
Сахарная свёкла	390	410	352	413	365	408	317	403	325	418	410	325	418	350	410
Кукуруза на силос	298	324	273	300	290	336	246	282	262	308	310	262	308	274	310
Ячмень	38,5	40,3	30,5	36,1	32,3	40,6	25,7	33,5	32,6	38,9	37,9	32,6	38,9	31,9	37,9
III															
Пар сидеральный	170	179	173	182	162	178	140	158	154	170	170	154	170	160	170
Озимая пшеница	37,2	42,7	38,9	43,0	33,0	40,6	36,4	43,6	36,4	44,5	42,9	36,4	44,5	36,4	42,9
Сахарная свёкла	413	429	389	419	388	426	338	408	334	431	423	334	431	372	423
Кукуруза на силос	300	319	280	309	301	345	247	290	278	316	316	278	316	281	316
Ячмень	38,3	42,1	29,5	35,7	33,4	39,8	26,8	32,1	35,7	39,6	37,9	35,7	39,6	32,7	37,9

*Фон удобренности: I – 6 т навоза на 1 га; IV – 12 т навоза + N₃₇P₃₇K₃₇ на 1 га севооборота

возрастания во времени. Так, разница в урожайности зерновых в пятой ротации увеличилась в 2,1...2,5 раза сравнительно с первой. Динамика различий в урожайности сахарной свёклы за первую, вторую, третью, четвертую и пятую ротации соответственно составила: 3,7...4,9; 7,2...9,0; 8,5...10,5; 17,2...21,3 и 22,2...22,5 процентов. Аналогичная закономерность наблюдалась в насыщенных свеклой севооборотах многолетнего стационарного опыта Белгородского НИИСХ [1].

Увеличение во времени различий в урожайности и продуктивности пашни (рисунок) обусловлено неодинаковой степенью соблюдения закона возврата. Баланс элементов минерального питания на слабоудобренном фоне оказался отрицательным во всех севооборотах. При удвоении нормы навоза в сочетании с умеренной дозой минеральных удобрений с учетом заделки в почву побочной продукции он был положительным по фосфору и калию, а по азоту остался отрицательным. Последнее обусловило отрицательный баланс гумуса, прямо пропорционально дефициту азота. Среднегодовой расход гумуса оказался наибольшим в зернопаропропашном севообороте – 1,61 т/га на слабоудобренном и 1,34 т/га наиболее удобренном фоне, а наименьшим в сидеральном – соответственно в 1,7 и 1,9 раза благодаря внесению зеленого удобрения. Рассчитанный по авторской методике [2] баланс гумуса не совпал с экспериментальным на 9...25%, так как имело место большое отчуждение со свеклой и кормовыми культурами углерода, наряду с азотом значимого структурообразующего элемента гумуса. Поэтому схемы свекловичных севооборотов (при наличии в них не менее 40% зерновых и зернобобовых) и сочетание в них удобрительных средств необходимо увязывать со специализацией сельхозпредприятий.

Рисунок – Уменьшение по ротациям (в%) продуктивности севооборотов при внесении 6 т навоза относительно 12 т навоза + $N_{37}P_{37}P_{37}$ на 1 га севооборота

Таким образом, в севооборотах с оптимально высокой долей сахарной свеклы биологические средства воспроизводства плодородия и минеральные

удобрения следует не противопоставлять, а рационально сочетать в зависимости от специализации хозяйств. Предпочтительны следующие предпредшественники свеклы: в многоотраслевых хозяйствах с преимущественным производством зерна и свекловодческих спецхозах – в основном сидеральный и частично черный пары; в спецхозах по производству свинины и продукции птицеводства – горох; при производстве молока и говядины – занятый пар. В хозяйствах с развитым животноводством следует вносить высокие нормы навоза, в остальных – высокие дозы азота в составе минеральных удобрений с обязательной заделкой в почву нетоварной части урожая.

Библиографический список

1. Тютюнов С.И., Воронин А.Н., Никитин В.В., Соловиченко В.Д. Зависимость урожайности сахарной свеклы от структуры севооборота, способа основной обработки почвы и внесения удобрений в лесостепной зоне Центрального Черноземья // Агрохимия. – 2015. – № 10. – С. 25-29.
2. Акименко А.С. Методика управления вещественно-энергетическими потоками в севооборотах // Земледелие. – 2019. – № 5. – С. 7-11.

УДК 631.5

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ВАРИАНТОВ АДАПТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Гуреев И.И.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

– Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты
почв от эрозии, г. Курск,

E-mail: gureev06@mail.ru, тел. 8-9103103908.

Реферат. Цель исследований заключается в определении экономико-экологических последствий комплексной механизации вариантов адаптивной технологии производства озимой пшеницы в условиях Центрально-Чернозёмного региона (ЦЧР). В основу исследований положены четыре варианта технологии производства культуры, которые с возрастающей сложностью исполнения адаптированы к исходному состоянию почвы. Для экономико-экологической оценки комплексной механизации данных вариантов усовершенствована методология стоимости ликвидации экологических последствий от её применения. Установлено, что адаптивный подход в производстве озимой пшеницы позволяет существенно снизить затраты на использование сельскохозяйственной техники, а также повысить её уровень экологической безопасности. В суммарном исчислении по всем статьям затрат величина экономии составляет 834,8-1330,8 руб./га при комплексной механизации технологии техникой стран таможенного союза (ТС) и 773,7-871,8 руб./га – при использовании импортной техники. Экологическая привлекательность адаптивных вариантов производства озимой пшеницы заключается в снижении расхода моторного топлива на 6,7-12,6 кг/га и вредной интенсивности механического воздействия на почву 49-75 МДж/га.

Ключевые слова: производство зерна, адаптивная технология, комплексная механизация, экономико-экологическая эффективность.

FEATURES OF INTEGRATED MECHANIZATION OF OPTIONS OF ADAPTIVE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF WINTER WHEAT

Gureev I.I.

FSBSI «Kursk FARC» – All-Russian Research Institute of Agriculture and
Soil Protection from Erosion,

Karl Marx Street, 70-B, Kursk, 305021, Russia,

E-mail: gureev06@mail.ru, tel. 8-9103103908.

Summary. *The purpose of the research is to determine the economic and environmental consequences of the complex mechanization of adaptive technology for the production of winter wheat in the conditions of the Central Black Earth Region (CCR). The research is based on four variants of crop production technology, which, with increasing complexity of execution, are adapted to the initial state of the soil. For the economic and environmental assessment of the comprehensive mechanization of these options, the methodology of the cost of eliminating the environmental consequences of its application has been improved. It has been established that an adaptive approach to the production of winter wheat can significantly reduce the cost of using agricultural machinery, as well as increase its level of environmental safety. In total terms, for all cost items, the savings amount to 834.8-1330.8 rubles / ha for complex mechanization of technology by the technology of the countries of the customs union (CU) and 773.7-871.8 rubles / ha for using imported equipment. The environmental attractiveness of adaptive options for the production of winter wheat is to reduce motor fuel consumption by 6.7-12.6 kg / ha and the harmful intensity of mechanical impact on the soil of 49-75 MJ / ha.*

Key words: grain production, adaptive technology, complex mechanization, economic and environmental efficiency.

Введение. Оценка использования техники включает в себя показатели совокупных и прямых эксплуатационных затрат денежных средств, затрат труда и др., также экологический фактор эффективности по учёту выбросов вредных веществ в атмосферу от двигателей тракторов и самоходных машин. Экологический фактор оценивается нормативом, ориентированным на 1 кг израсходованного топлива при выполнении полевых работ, что на текущий момент с учётом вариабельности курса рубля составляет примерно 0,3 руб./кг [1,2].

Однако, помимо выбросов вредных веществ в атмосферу, экологические проблемы от использования техники усугубляются техногенной деградацией почвы вследствие её уплотнения движителями в процессе производства сельскохозяйственных культур. Под воздействием движителей машинотракторных агрегатов снижается плодородие почвы, так как ухудшается её водно-воздушный режим, обеспечивающий процессы питания растений и жизнедеятельности бактерий [3-6].

На участках переуплотнённой почвы снижается урожайность культур и повышается их себестоимость [7]. Поэтому объективно эффективность земледельческой техники должна определяться с учётом затрат на ликвидацию экологических последствий от её использования в процессе комплексной механизации вариантов адаптивной технологии. Однако денежное выражение данного вида затрат отсутствует, вследствие чего обезличиваются ресурсы необходимые для мероприятий по охране почвы, а также отсутствуют обоснованные показатели экологической эффективности техники.

Цель исследований заключается в определении экономико-экологических последствий комплексной механизации вариантов адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы в условиях ЦЧР.

Условия, материалы и методы. Озимая пшеница наиболее значимая культура в ЦЧР. Она на протяжении более длительного времени находится под внешним воздействием переменных свойств почвы, сказывающихся на показателях производства [8,9]. Поэтому технология возделывания культуры содержит четыре варианта исполнения, которые с возрастающей сложностью адаптированы к исходному состоянию почвы [10].

Вариант 1 характеризуется достаточной обеспеченностью почвы основными элементами питания на планируемую урожайность, засорением не выше порога вредности сорняков, и плотностью почвы не более 1,3 г/см³. В обозначенных условиях комплекс средств механизации предпосевной обработки почвы и посева минимальный и сводится лишь к сеялке прямого посева.

Использование прямого посева позволяет не только минимизировать затраты на ликвидацию последствий техногенной деградации почвы, но и благоприятно сказывается на её агрофизических свойствах и снижении эрозии [11,12]. Но на практике рассмотренный заманчивой вариант адаптивной технологии эффективен не всегда, а лишь в специфических условиях, например, при дефиците влаги [13-15].

Вариант 2 отличается от предыдущего дефицитом элементов питания, поэтому рекомендуемое к использованию посевное техническое средство должно совмещать с посевом локальное внесение основного удобрения в зону рядков.

Более сложные и, соответственно, затратные в практическом исполнении варианты 3 и 4 характеризуются повышенной засорённостью и плотностью почвы. К тому же, вариант 4 дополнительно отягощается необходимостью внесения удобрения на планируемую урожайность. В приведенных случаях не обойтись без основной обработки почвы, где применяют хорошо зарекомендовавшие себя орудия послойного рыхления. Посев на варианте 3 совмещают с предпосевной обработкой почвы, а на варианте 4 с посевом совмещают ещё и локальное внесение удобрения в зону рядков культуры.

Результаты исследований последних лет создали предпосылки для усовершенствования методологии денежной оценки экологических последствий комплексной механизации обозначенных вариантов адаптивной технологии [2], [7,16,17]. Техногенная деградация почвы носит кумулятивный характер, что позволило учитывать её суммой вредной работы агрегатов на уплотнение почвы за цикл приёмов по производству культур [16]. Затраты на ликвидацию последствий техногенной деградации почвы прямо пропорциональны величине вредной работы [17]. Следовательно, формализацию экологической составляющей затрат комплексной механизации технологий 3, можно представить в виде суммы:

$$Z_3 = q_m H_3 C_m + k I_6, \text{ руб./га;} \quad (1)$$

- где — удельный расход моторного топлива на выполнение агротехнологии, кг/га;
 q_m — нормативный коэффициент затрат на охрану окружающей среды, $H_3=0,3$;
 C_m — цена топлива, руб./кг;
 I_6 — сумма работы, трансформируемой агрегатами на переуплотнение почвы за цикл приёмов по производству с.-х. культуры, МДж/га;
 k — норматив затрат на ликвидацию последствий техногенной деградации почвы, руб./МДж.

Исходя из количественной оценки механической нагрузки на почву при комплексной механизации вариантов адаптивной технологии [10], поставлена задача обоснования конкретной величины норматива k . Для этого введено понятие критического значения техногенной деградации $I_{кв}$, которое соответствует техногенному уплотнению почвы по всей площади поля до верхнего предела приемлемой агротехнической плотности $[\rho]$.

В условиях преимущественно глинистых и суглинистых почв ЦЧР величина $[\rho]=1,3 \text{ г/см}^3$ [18]. Для таких почв в сравнении с песчаными негативные последствия переуплотнения существенно выше [19]. В регионах, где почва менее тяжёлая по механическому составу, показатель $[\rho]$ имеет другие значения, что следует учитывать при определении затрат на ликвидацию экологических последствий в конкретных условиях.

Ликвидация последствий техногенной деградации на уровне $I_{кв}$ эквивалентна затратам Z_k на выполнение агроприёма по сплошному разуплотнению почвы. Таким агроприёмом может быть безотвальное рыхление на глубину 40...45 см чизелем и другими рыхлящими рабочими органами [10, 20]. Затраты Z_k , отнесённые к величине $I_{кв}$, — есть искомая величина k , то есть $k=Z_k/I_{кв}$, руб./МДж.

Сущность техногенной деградации обусловлена перемещением по полю движителей сельскохозяйственной техники. Поэтому величину $I_{кв}$ определяли, исходя из формулы силы сопротивления почвы T_c движителям [21]:

$$T_c = f_3 b q h^2, \text{ кН,}$$

- где f_3 — коэффициент снижения сопротивления перекачиванию пневматических шин;
 b — суммарная ширина правого и левого движителей, м;
 q — коэффициент объёмного смятия почвы, кН/м³;
 h — глубина колеи, оставляемой движителями, м.

На сплошное покрытие 1 га площади поля следами движителей требуется работа:

$$I_b = 10^4 f_3 q h^2, \text{ МДж/га.} \quad (2)$$

Значение коэффициента q в формуле (2) вытекает из соотношения [16]:

$$q = \frac{p_0}{h}, \text{ кН/м}^3; \quad (3)$$

где p_0 — давление движителей на почву, кПа.

Подставив (3) в (2), после преобразований, получили:

$$I_{\text{в}} = 10^4 \frac{f_3 p_0^2}{q}, \text{ МДж/га.} \quad (4)$$

В формуле (4) заменили p_0 на величину допускаемого давления движителей на почву $[p_0]$, регламентируемую ГОСТ [22], откуда:

$$k = \frac{3_k q}{10^4 f_3 [p_0]^2}, \text{ руб./МДж.} \quad (5)$$

Для ЦЧР сплошное глубокое рыхление почвы обходится примерно 1017 руб./га [10], а коэффициенты формулы (5) имеют значения $f_3=0,65$ и $q=7500$ кН/м³ [21,23]. Тогда:

$$k = \frac{1173}{[p_0]^2}, \text{ руб./МДж.}$$

Норматив k дифференцировали к характерной ЦЧР глинистой и суглинистой почве в зависимости от её влажности (Вл) и периода выполнения полевых работ в соответствии с ГОСТ [22]. Полевые работы осуществляют при физической спелости почвы, которая соответствует влажности $0,5\text{НВ} < \text{Вл} \leq 0,6\text{НВ}$ [24]. При обозначенной влажности допускаемое давление движителей на почву $[p_0]$ составляет 150 кПа весной и 180 кПа в летне-осенний период. Исходя из этого, норматив денежных затрат при работе весной имеет значение $k=0,052$ руб./МДж, при выполнении работ в летне-осенний период – $k=0,036$ руб./МДж. При отклонении влажности почвы от оптимального значения в процессе выполнения полевых работ величина норматива k должна подвергаться соответствующей корректировке.

Результаты исследования. В земледелии ЦЧР используют сельскохозяйственную технику, производимую странами таможенного союза (ТС) и импортную. Объёмный массив технических средств, применяемых в ЦЧР, классифицирован в комплексы для механизации технологий производства культур, варианты которых адаптированы к исходному состоянию почвы [10]. Проведено сравнение экономико-экологических показателей комплексной механизации вариантов адаптивной технологии производства озимой пшеницы. Использован массив банка данных для проектирования перспективных агротехнологий и машин, а также результаты государственных испытаний сельскохозяйственной техники [25]. Экологическую составляющую затрат оценивали по формуле (1).

При выделении контроля в оценке учитывали, что в обычном безальтернативном варианте технологии отсутствует адаптация к исходному состоянию почвы, т.е. задействованы все функции её обработки. В то же время в вариантах адаптивной технологии взаимосвязаны функции обработки по регулированию пищевого режима растений и оптимизации плотности почвы её рыхлением. Сущность взаимосвязи заключается в том, что локальное внутрипочвенное внесение удобрения невозможно без рыхления почвы, вследствие чего в адаптивных вариантах 3 и 4 задействованы все функции обработки и в качестве контроля приняты средние значения экономико-экологических показателей по ним.

Учитывая, что разуплотняющее рыхление почвы актуально в зоне рядков

культуры, локальным внесением удобрения по варианту 4 совмещено и рыхление этой зоны. Это позволило получить синергетический эффект в виде замены сплошного рыхления почвы по варианту 3 менее энергоёмким полосным по варианту 4. Поэтому, несмотря на повышенную сложность варианта 4, некоторые экологические показатели по нему оказались более предпочтительными в сравнении с вариантом 3.

В суммарном исчислении по всем статьям затрат величина экономии составляет 834,8-1330,8 руб./га при комплексной механизации технологии техникой стран ТС и 773,7-871,8 руб./га – при использовании импортной техники (рисунок 1).

Рисунок 1 – Прямые эксплуатационные затраты на комплексную механизацию адаптивных вариантов технологии производства озимой пшеницы

Затраты на комплексную механизацию адаптивных вариантов технологии возрастают пропорционально сложности исходного состояния почвы. При использовании техники стран ТС в среднем они составляют 4076 руб./га и импортной техники 8945 руб./га, т.е. затраты на комплексную механизацию с использованием импортной техники выше в 2,2 раза в сравнении с аналогами стран ТС. Превышение обусловлено сравнительной дороговизной импортной техники и повышенными тарифами на её сервисное обслуживание.

Экологическая привлекательность комплексной механизации адаптивных вариантов производства озимой пшеницы заключается в снижении расхода моторного топлива на 6,7-12,6 кг/га и вредной интенсивности механического воздействия на почву 49-75 МДж/га (рисунок 2).

Рисунок 2 – Экологические показатели адаптивных вариантов технологии производства озимой пшеницы

Вывод. Адаптивный подход в производстве озимой пшеницы позволяет существенно снизить затраты на использование сельскохозяйственной техники, а также повысить её уровень экологической безопасности. В суммарном исчислении по всем статьям затрат величина экономии составляет 834,8-1330,8 руб./га при комплексной механизации технологии техникой стран таможенного союза (ТС) и 773,7-871,8 руб./га – при использовании импортной техники. Экологическая привлекательность адаптивных вариантов заключается в снижении расхода моторного топлива на 6,7-12,6 кг/га и вредной интенсивности механического воздействия на почву 49-75 МДж/га.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 19 с.
2. Гуреев И.И. О нормативе затрат на ликвидацию последствий техногенной деградации почвы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 75–78.
3. Бондарев А.Г. Изменение физических свойств и плодородия почв при их уплотнении движителями сельскохозяйственной техники // Воздействие движителей на почву: сб. научных трудов. – Том 118. – М.: ВИМ, 1988. – С.46-57.
4. Лапик В.П. Экологические аспекты воздействия гусеничных движителей на почву // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2010. – № 2. – С.86-88.
5. Тхазеплов Х.М. Повышение эффективности использования колёсных тракторов на склоновых землях за счёт применения шин со съёмным протектором: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Тхазеплов Х.М.; [Место защиты: Кабард.-Балкар. гос. с.-х. акад. им. В.М. Кокова]. – Нальчик, 2010. – 150 с.
6. Ivantsova N.N., Zolotarevskaya D.I. Investigation and Calculation of the stressed-strained State and Compaction of viscoelastic disperse Media as a Result of relaxation Processes // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2005. – Vol. 78. – No. 5. – pp. 78-86.

7. Гуреев И.И. Экологические последствия применения комплексов машин для механизации обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 8. – С.77-79.
8. Gajda, A.M. Effects of long-term tillage practices on the quality of soil under winter wheat / A.M. Gajda, E.A. Czyz, J. Stanek-Tarkowska, K.M. Furtak, J. Grzadziel // Plant Soil Environ. – 2017. – 63. – pp. 236-242.
9. Kren, J. Are intensification and winter wheat yield increase efficient? / J. Kren, M. Houst, L. Tvaruzek, Z. Jergl // Plant Soil Environ. – 2017. – 63. – pp. 428-434.
10. Гуреев И.И. Региональный регистр комплексов машин для механизации перспективных агротехнологий / И.И. Гуреев, В.П. Дьяков, Г.К. Гребенщиков, С. Дурдыев. – Курск, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – 59 с.
11. Congroes, K.A. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agro ecosystems / K.A. Congroes, A. Hayes, E.A. Verhallen, L.L. Van Eerd // Soil and Tillage Research. – 2015. – 152. – pp. 17-28.
12. Herout, M. Impacts of technology and the width of rows on water infiltration and soil loss in the early envelopment of maize on sloping lands / M. Herout, J. Koukolichek, D. Kincl, K. Pazderu, J. Tomasek, J. Urban, J. Pulkrabek // Plant Soil Environ. – 2018. – 64. – pp. 498-503.
13. IMPACT OF TILLAGE, SEEDING RATE AND SEEDING DEPTH ON SOIL MOISTURE AND DRYLAND SPRING WHEAT YIELD IN WESTERN SIBERIA / Kühling I., Trautz D., Broll G., Redozubov D. // Soil & Tillage Research. 2017. Т. 170. С. 43-52.
14. Урожайность ярового ячменя при различных приёмах основной обработки почвы в зернопаровом севообороте / Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. // Земледелие. 2019. № 3. С. 34-36.
15. Эффективность применения технологии NO-TILL в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края / Есаулко А.Н., Дрепа Е.Б., Ожередова А.Ю., Голосной Е.В. // Земледелие. 2019. № 7. С. 28-31.
16. Гуреев И.И. Моделирование техногенного воздействия на почву сельскохозяйственных агрегатов // Вестник Курской гос. с.-х. академии. – 2015. – № 9. – С.120-123.
17. 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.
18. Димо, В.Н. Почвенно-гидрологические характеристики зон механизации Европейской территории СССР / В.Н. Димо, А.Н. Садовников // Сб. Воздействие движителей на почву. – Том 118. – М., ВИМ, 1988. – С.86-97.
19. Tim Charman, W.C. Mitigating arable soil compaction: Are view and analysis of available cost and Benefit data / W.C. Tim Charman, A.P. Moxey, W. Towers, B. Balana,; P.D. Hallett // Soil and Tillage Research. – 2015. – 146(PA). – pp. 10-25.
20. Алеев, Б.А. Технологии и техника для глубокого рыхления переуплотнённых почв / Б.А. Алеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 2.
21. Клёнин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчёт регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Клёнин, В.А. Сакун. – М., Колос, 1980. – 671 с.
22. ГОСТ 26955-86, ГОСТ 26953-86, ГОСТ 26954-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. Методы определения воздействия движителей на почву. Метод определения максимального нормального напряжения в почве. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 23 с.
23. Разработка схемы и определение основных параметров рабочих органов дисковой тяжёлой бороны. URL: <http://www.techlead.ru/tleas-455-4.html> (дата обращения: 08.12.2018).
24. Спелость почвы. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/135019> (дата обращения: 08.12.2018).
25. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 416 с.

Bibliography

1. GOST R 53056-2008. Agricultural machinery. Methods of economic assessment. – M.: Standartinform, 2009. – 19 p.
2. Gureev I.I. About the standard of expenses for liquidation of the consequences of technogenic soil degradation // Achievements of science and technology of the agricultural sector. 2018.V. 32. No. 11. P. 75–78.
3. Bondarev A.G. Changes in the physical properties and soil fertility during compaction by movers of agricultural machinery // Impact of movers on the soil: Sat. scientific works. – Volume 118. – M.: VIM, 1988. – P.46-57.
4. Lapik V.P. Ecological aspects of the impact of caterpillar movers on the soil // Vestnik FSEI HPE Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkina. – 2010. – No. 2. – P.86-88.
5. Thazeplov H.M. Improving the efficiency of using wheeled tractors on sloping lands through the use of tires with removable tread: the dissertation ... candidate of technical sciences: 05.20.01 / Tkhezeplov H.M.; [Place of protection: Kabard.-Balkar. state S.-kh. Acad. them. V.M. Kokova]. – Nalchik, 2010. – 150 s.
6. Ivantsova N.N., Zolotarevskaya D.I. Investigation and Calculation of the stressed-strained State and Compaction of viscoelastic disperse Media as a Result of relaxation Processes // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2005. – Vol. 78. – No. 5. – p. 78-86.
7. Gureev I.I. Ecological consequences of the use of machine complexes for mechanization of tillage // Achievements of science and technology of the agricultural sector. – 2015. – No. 8. – P.77-79.
8. Gajda, A.M. Effects of long-term tillage practices on the quality of soil under winter wheat / A.M. Gajda, E.A. Czyz, J. Stanek-Tarkowska, K.M. Furtak, J. Grzadziel // Plant Soil Environ. – 2017. – 63. – pp. 236-242.
9. Kren, J. Are intensification and winter wheat yield increase efficient? / J. Kren, M. Houst, L. Tvaruzek, Z. Jergl // Plant Soil Environ. – 2017. – 63. – pp. 428-434.
10. Gureev I.I. Regional Register of Machine Complexes for Mechanization of Advanced Agro-technologies / I.I. Gureev, V.P. Dyakov, G.K. Grebenshchikov, S. Durdyev. – Kursk, FGBNU VNIIZiZPE, 2015. – 59 p.
11. Congroes, K.A. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agro ecosystems / K.A. Congroes, A. Hayes, E.A. Verhallen, L.L. Van Eerd // Soil and Tillage Research. – 2015. – 152. – pp. 17-28.
12. Herout, M. Impacts of technology and the width of rows on water infiltration and soil loss in the early envelopment of maize on sloping lands / M. Herout, J. Koukolichek, D. Kincl, K. Pazderu, J. Tomasek, J. Urban, J. Pulkrabek // Plant Soil Environ. – 2018. – 64. – pp. 498-503.
13. IMPACT OF TILLAGE, SEEDING RATE AND SEEDING DEPTH ON SOIL MOISTURE AND DRYLAND SPRING WHEAT YIELD IN WESTERN SIBERIA / Kühling I., Trautz D., Broll G., Redozubov D. // Soil & Tillage Research. 2017.Vol. 170. – P. 43-52.
14. The yield of spring barley with various methods of the main tillage in grain-crop rotation / Pakul A. L., Lapshinov N. A., Bozhanova G. V., Pakul V. N. // Agriculture. 2019.No 3. – P. 34-36.
15. Effectiveness of NO-TILL technology application in various soil and climatic zones of the Stavropol Territory / Esaulko AN, Drepa EB, Ozheredova A.Yu., Golosnoy EV // Agriculture. 2019.No 7.P. 28-31.
16. Gureev I.I. Modeling of technogenic impact on the soil of agricultural units // Bulletin of the Kursk state. S.-kh. academy. – 2015. – No. 9. – S.120-123.
17. Gureev I.I. Substantiation of the criterion for regional regulation of the mechanical load on the soil in the complex mechanization of agricultural technologies / I.I. Gureev, N.S. Klimov // Bulletin of the Kursk state. S.-kh. academy. – 2017. – No. 2. – S.35-38.
18. Dimo, V.N. Soil-hydrological characteristics of the mechanization zones of the European territory of the USSR / V.N. Dimo, A.N. Sadovnikov // Sat. The impact of movers on the soil. –

Volume 118. – M., VIM, 1988. – P.86-97.

19. Tim Charman, W.C. Mitigating arable soil compaction: Are view and analysis of available cost and Benefit data / W.C. Tim Charman, A.P. Moxey, W. Towers, B. Balana; P.D. Hallett // Soil and Tillage Research. – 2015.– 146 (PA). – pp. 10-25.
20. Aleev, B.A. Technologies and equipment for deep cultivation of re-compacted soils / B.A. Aleev // Tractors and agricultural machines. – 2005. – No. 2.
21. Klenin, N.I. Agricultural and reclamation machines: Elements of the theory of work processes, calculation of adjustment parameters and operating modes / N.I. Klenin, V.A. Sakun. – M., Kolos, 1980.– 671 p.
22. GOST 26955-86, GOST 26953-86, GOST 26954-86. Mobile agricultural machinery. Norms of influence of movers on the soil. Methods for determining the effect of movers on the soil. Method for determining the maximum normal stress in the soil. – M.: Publishing house of standards, 1986. – 23 p.
23. Development of the scheme and determination of the main parameters of the working bodies of the disk heavy harrow. URL: <http://www.techlead.ru/tleas-455-4.html> (accessed: 12/08/2018).
24. The ripeness of the soil. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/135019> (accessed date: 12/08/2018).
25. Comparative tests of agricultural machinery: scientific. edition. – M.: FSINI «Rosinforma-groteh», 2013. – 416 p.

УДК: 631.559:633.11«324»:631.51: 631.82

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СКЛОНЕ СЕВЕРНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Нитченко Л.Б.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» -
Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, г. Курск
E-mail: Nitchenko58@yandex.ru

Резюме. В результате проведенных исследований установлено, что применение безотвальной и комбинированной систем основной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы способствует снижению прямых затрат, по сравнению с отвальной обработкой. Минеральные удобрения способствуют росту прямых затрат. Возделывание озимой пшеницы на склоне северной экспозиции эффективнее при дозе внесения минеральных удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$ при отвальной системе основной обработки почвы.

Ключевые слова: озимая пшеница, обработка почвы, минеральные удобрения, урожайность, экономическая эффективность, прибыль, рентабельность.

В нашей стране основной продовольственной зерновой культурой является озимая пшеница. Несмотря на благоприятные климатические условия и преобладание в ЦЧР плодородных черноземных почв, состояние производства зерна пока не отвечает современным требованиям, как по объему, так и по качеству, при этом не в полной мере используются потенциальные возможности почв и растений.

По мнению Кирюшина В.И. [1], в современных условиях упрощенный подход к земледелию как совокупности технологий приводит к нерациональному распределению средств и использованию природных и производственных ресурсов. При этом страдает экологический аспект земледелия из-за перегрузки

агроценозов удобрениями и пестицидами вследствие слабой интеграции химических средств с агротехническими, биологическими и другими средствами.

При возделывания сельскохозяйственных культур используются материальные ресурсы (горюче-смазочные материалы, семена, удобрения, мелиоранты, пестициды и пр.), затраты живого труда и техники в расчёте на единицу площади или единицу урожая. Появление новой современной техники позволяет проводить выбор между энергоёмкими и менее энергоёмкими приёмами.

Важным условием ресурсосбережения, сохранения и улучшения почвенных ресурсов является отказ от преобладания отвальной обработки и замена её безотвальными обработками.

По данным Немченко В.В. [2], замена глубокой обработки в ресурсосберегающих технологиях на поверхностную и даже прямой посев при применении современной техники позволяет сэкономить 30-40% топлива и сократить затраты труда в 2-2,5 раза, повысив таким образом рентабельность производства.

Как показали расчеты авторов статьи [3], применение комбинированной обработки почвы в зернопаропропашных севооборотах сокращает по сравнению со вспашкой энергозатраты на 8%, расход горючего – на 22%, затраты труда – на 19% при примерно равной урожайности.

Результаты исследований А.А. Романенко [4] на черноземе выщелоченном (Краснодарский НИИСХ) показали, что традиционная и разуплотняющая технологии обеспечивали получение самой высокой урожайности озимой пшеницы (6,02 и 5,86 т/га соответственно), с высоким чистым доходом (25,4 тыс.руб. и 24,4 тыс. руб.) и уровнем рентабельности (152% и 147%). Поверхностная технология по всем показателям существенно уступала им (5,31 т/га, 21,1 тыс. руб. и 131%). Безотвальная технология занимала промежуточное место между ними (5,69 т/га, 23,6 тыс. руб. и 146%) соответственно.

Исследования многих ученых [5,6,7,8] показывают, что одним из основных факторов, влияющим на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и качества урожая является применение минеральных удобрений.

По мнению многих ученых [9,10,11,12], лучшие экономические показатели обеспечивает возделывание озимой пшеницы по ресурсосберегающим технологиям, включающим органо-минеральную систему удобрения и безотвальные способы обработки почвы.

Самая высокая прибыль и рентабельность (119,3%) при возделывании озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края, по данным В.К. Дридигера (2015), [13], отмечены в варианте с посевом по необработанной почве и внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{60}$. Увеличение дозы минеральных удобрений или отказ от их внесения, как и посев по традиционной технологии приводили к снижению экономической эффективности возделывания озимой пшеницы.

Совершенствование существующих агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур требует более детального изучения в многофактор-

ных опытах влияния факторов на урожайность и качество урожая сельскохозяйственных культур. Получение гарантированной урожайности при минимизации использования ресурсов является залогом высокой экономической эффективности производства.

Исследования экономической эффективности применения систем основной обработки почвы и доз минеральных удобрений под озимую пшеницу проводились в длительном многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (ВНИИЗиЗПЭ), заложенном на склоне северной экспозиции в 1984 году.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным, с содержанием гумуса в слое 0-20 см 6,5%, подвижного фосфора – 93 мг/кг, обменного калия – 88 мг/кг почвы.

В зернопаропропашном севообороте (чистый пар – озимая пшеница – кукуруза на зеленый корм – ячмень) изучались систематические отвальные и безотвальные обработки почвы под все культуры и комбинированная (сочетание поверхностных обработок почвы под зерновые культуры со вспашкой под кукурузу на зелёный корм), без внесения удобрений и с внесением одинарных ($N_{20}P_{40}K_{40}$ под озимую пшеницу, $N_{90}P_{80}K_{90}$ под кукурузу на зеленый корм и $N_{30}P_{30}K_{30}$ под ячмень) и двойных доз удобрений ($N_{40}P_{80}K_{80}$ под озимую пшеницу, $N_{180}P_{160}K_{180}$ под кукурузу на зелёный корм и $N_{60}P_{60}K_{60}$ под ячмень). Глубина отвальных и безотвальных обработок почвы под кукурузу на зеленый корм 28-30 см, под зерновые культуры 20-22 см. Глубина поверхностных обработок под озимую пшеницу и ячмень -8-10 см, один раз в ротацию севооборота обработка под кукурузу на зелёный корм на глубину 28-30 см.

Одним из важнейших показателей экономической эффективности, наиболее полно характеризующих доходность сельскохозяйственного производства, являются прибыль и рентабельность. Чем выше уровень рентабельности, тем эффективнее производство.

Результаты проведенных исследований (2008-2016 гг.) показали, что на склоне северной экспозиции более высокая рентабельность при производстве зерна озимой пшеницы (таблица) в вариантах без внесения минеральных удобрений получена при отвальной системе основной обработки почвы – 89,9%; при безотвальной системе обработки рентабельность составила 61,0%, при комбинированной – 55,7%. Однако, без внесения минеральных удобрений, при возделывании сельскохозяйственных культур неизбежно снижение потенциального плодородия почвы, резкое падение урожайности сельскохозяйственных культур на почвах с низким эффективным плодородием почвы в неблагоприятные по погодным условиям годы.

Наиболее эффективным при возделывании озимой пшеницы (таблица) при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ был вариант с отвальной системой обработки почвы в севообороте, где себестоимость зерна озимой пшеницы при урожайности 41,9 ц/га составила 409,88 руб./ц, прибыль – 16346,05 руб./га, рентабельность производства – 95,2%; при комбинированной системе обработки почвы при урожайности 35,6 ц/га соответственно 446,76 руб./ц, 12575,18 руб./га, 79,1%, при безотвальной при урожайности 32,6 ц/га –

481,40 руб./ц, 10386,49 руб./га, 66,2%.

Как видно из приведенных данных, рентабельность при дозе внесения минеральных удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$ при отвальной системе обработки почвы была выше на 29,0%, по сравнению с безотвальной системой обработки и на 16,1% с комбинированной. Это можно объяснить тем, что хотя прямые затраты при возделывании озимой пшеницы и были меньше на 9,1-9,3% при безотвальной и комбинированной системах обработки, по сравнению с отвальной системой, но и урожайность была ниже соответственно на 9,3 ц/га и на 6,3 ц/га.

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ прямые затраты выше на 15,2-18,7%, по сравнению с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$. Рентабельность при этом была выше в варианте с отвальной системой обработки почвы и составила 73,7%, Менее эффективным при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ было возделывание озимой пшеницы при комбинированной системе обработки почвы в севообороте, рентабельность составила 59,2%.

Возделывание озимой пшеницы при изучаемых системах основной обработки почвы эффективнее при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$, по сравнению с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$, из-за незначительных различий в урожайности. При этом рентабельность выше при отвальной обработке почвы на 21,5%, при безотвальной – на 4,1%, при комбинированной – на 19,9%, по сравнению с вариантами внесения минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$.

Таблица – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от систем основной обработки почвы и доз внесения минеральных удобрений (2008-2016 гг.)

Показатели	Минеральные удобрения, кг д.в./га		
	Без удобрений	$N_{20}P_{40}K_{40}$	$N_{40}P_{80}K_{80}$
Отвальная обработка почвы			
Урожайность, ц/га	35,3	41,9	43,1
Стоимость продукции, руб.	28240	33520	34480
Прямые затраты, руб./га	14873,77	17173,95	19842,86
Себестоимость 1 ц продукции, руб./ц	421,35	409,88	460,39
Прибыль, руб./га	13366,23	16346,05	14637,14
Рентабельность производства, %	89,9	95,2	73,7
Безотвальная обработка почвы			
Урожайность, ц/га	27,9	32,6	37,4
Стоимость продукции, руб.	22320	26080	29920
Прямые затраты, руб./га	13866,21	15693,51	18456,05
Себестоимость 1 ц продукции, руб./ц	497,00	481,40	493,48
Прибыль, руб./га	8453,79	10386,49	11463,95
Рентабельность производства, %	61,0	66,2	62,1
Комбинированная обработка почвы			
Урожайность, ц/га	26,8	35,6	36,5
Стоимость продукции, руб.	21440	28480	29200
Прямые затраты, руб./га	13770,43	15904,82	18337,29
Себестоимость 1 ц продукции, руб./ц	513,82	446,76	502,39
Прибыль, руб./га	7669,57	12575,18	10862,71
Рентабельность производства, %	55,7	79,1	59,2

Таким образом, применение безотвальной и комбинированной систем основной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы способствует снижению прямых затрат, по сравнению с отвальной обработкой. Внесение минеральных удобрений способствует увеличению прямых затрат. Урожайность озимой пшеницы при минимизации обработок почвы на склоне северной экспозиции снижается. Минеральные удобрения способствуют росту урожайности озимой пшеницы. Возделывание озимой пшеницы на склоне северной экспозиции эффективнее при дозе внесения минеральных удобрений $N_{20}P_{40}K_{40}$ при отвальной системе основной обработки почвы.

Библиографический список

1. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение [Текст] / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 2010. – 688 с.
2. Немченко, В.В. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях [Текст] / В.В. Немченко, А.Ю. Кекало, Н.Ю. Заргарян, А.С. Филиппов и соавт. – Куртамыш, 2011 (Курганский НИИСХ). – 525 с.
3. Храмцов, И.Ф. Экономическая оценка технологий, применяемых в зерновом производстве Западной Сибири [Текст] / И.Ф. Храмцов, Б.С. Кошелев // Земледелие, 2010. – № 7. – С. 27-28.
4. Романенко, А.А. Эффективность различных технологий возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зерно [Текст] / А.А. Романенко, В.М. Кильдюшкин, А.Г. Солдатенко // Земледелие, 2013. – № 5. – С. 32-34.
5. Воронин, А.Н. Влияние элементов способов земледелия на продуктивность чернозема [Текст] / А.Н. Воронин, В.И. Мельников // Земледелие, 2014. – М. – №5. – С.9-12.
6. Пыхтин, И.Г. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур [Текст] / И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев, Л.Б. Нитченко, В.А. Плотников // Земледелие. – 2016. – №6. – С.16-19.
7. Кирюшин, В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования [Текст] / В.И. Кирюшин // Достижения науки и техники АПК, 2016. – №3. – Т.30. – С.19-25.
8. Черкасов, Г.Н. Способ основной обработки, урожай и качество зерна [Текст] / Г.Н. Черкасов, Д.В. Дубовик, Е.В. Шутов, С.И. Казанцев // Земледелие, 2011. – №5. – С.18-19.
9. Дорожко, Г.Р. Прямой посев полевых культур в Ставропольском крае [Текст] / Г.Р. Дорожко, О.Г. Шабалдас, В.К. Зайцев, Д.Ю. Бородин // Земледелие, 2013. – №8. – С. 20-23.
10. Кулинцев, В.В. Экономическая эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае [Текст] / В.В. Кулинцев, В.К. Дридигер, В.И. Удовыдченко, В.Г. Чертов, А.А. Куценко // Земледелие, 2013. – № 7. – С.9-11.
11. Айдиев, А.Я. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области [Текст] / А.Я. Айдиев, В.И. Лазарев, М.Н. Котельникова // Земледелие, 2017. – №1. – С.37-39.
12. Пакуль, А.Л. Урожайность ярового ячменя при различных приемах основной обработки почвы в зернопаровом севообороте [Текст] / А.Л. Пакуль, Н.А. Лапшинов, Г.В. Божанова, В.Н. Пакуль // Земледелие, 2019. – № 3. – С. 34-36.
13. Дридигер, В.К. Оценка No-till технологии выращивания озимой пшеницы, в сравнении с традиционной, в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края [Текст] / В.К. Дридигер, Р.С. Стукалов // Достижения науки и техники АПК, 2015. – №10. – Т.29. – С.39-42.

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЗЕРНА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПОВОЛЖЬЯ

Тюрин А.В. Богданов Н.А.

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, г. Ульяновск

E-mail: zemledelugsha@yandex.ru

***Резюме.** В статье приведены результаты, полученные в полевом опыте по оценке эффективности способов защиты растений от засоренности и применения листовых подкормок азот- и цинксодержащими удобрениями на фоне минеральных удобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях лесостепной зоны Поволжья.*

Актуальность. Кукуруза является высокопродуктивной культурой, ее зерно отличается универсальностью использования, а сама культура с агрономической точки зрения является ценным предшественником для большинства видов сельскохозяйственных растений [1, 2, 3]. Однако кукуруза на зерно в условиях лесостепи Поволжья возделывается на незначительной площади, прежде всего, из-за отсутствия адаптивных технологий ее возделывания, что вызывает необходимость изучения эффективности агротехнических приемов, направленных на повышение продуктивности посевов.

Целью исследований: обоснование способов защиты растений от засоренности и систем удобрения для совершенствования технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях лесостепной зоны Поволжья.

Методика исследований. Эксперименты (полевой опыт) по изучению продуктивности гибридов кукурузы на зерно в зависимости от агротехнических приемов проводился на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, расположенном в Чердаклинском районе Ульяновской области.

Схема полевого опыта подразумевала изучение 3 факторов:

Фактор А – гибриды кукурузы.

A₁ – Талисман – ФАО 180;

A₂ – Гитаго – ФАО 200;

A₃ – Феномен – ФАО 220;

A₄ – Новотоп – ФАО 240.

Фактор В – способ защиты растений от засоренности.

B₁ – 2-х кратная междурядная обработка почвы в посевах кукурузы;

B₂ – внесение гербицида Элюмис, МД (75 г/л мезотрион + 30 г/л никосульфурон).

Фактор С – система удобрений кукурузы.

C₁ – аммиачная селитра по культивацию – 100 кг/га + при посеве диаммофоска - 100 кг/га;

C₂ – аммиачная селитра под культивацию – 100 кг/га + при посеве диаммофоска - 100 кг/га + в фазу 3-5 листьев листовая подкормка Изагри Азот 2 л/га + в фазу 6-8 листьев Изагри Zn 1 л/га.

Кукуруза на зерно размещалась после озимой пшеницы. Посев производили сеялкой ТСМ – 4150, дата сева 10 мая 2019 года, норма высева 75 тыс. шт./га. Основная обработка почвы проводилась по следующей схеме: послеуборочное дискование почвы на 8-10 см + вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 25-27 см.

Почва опытного участка - чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Повторность 3-х кратная, расположение делянок систематическое, размер делянки 56 кв. м. посевной площади.

Исследования проводились по общепринятым методикам [4].

Результаты исследований. Урожайность является интегральным показателем эффективности агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

Наши исследования показали, что по биологической урожайности изучаемые гибриды кукурузы можно расположить в следующий ряд: Новотоп 7,51 т/га > Талисман 7,59 > Феномен 7,98 > Гитаго 8,94 т/га зерна (таблица 1). Преимущество гибрида Гитаго объясняется более высокой массой 1000 семян – 305 г, тогда как у других гибридов данный показатель составил 232-262 г.

Отмечалось существенное преимущество варианта с применением гербицида, где урожайность составила 8,45 т/га, что на 0,89 т/га больше, чем при междурядной обработке почвы, что объясняется меньшей засоренностью посевов и большей густотой стояния растений. Так, при междурядной обработке почвы численность сорных растений составила 10,8 шт./м², тогда как при внесении гербицида численность снижалась до 6,8 шт./м², аналогичная закономерность выявлена при оценке воздушно-сухой массы сорных растений, которая составила соответственно 75 г/м² и 37 г/м². При междурядной обработке посевов происходило снижение численности растений в результате механического повреждения, при гербицидной обработке количество растений снизилось незначительно.

Наши исследования показали, что система удобрения, включающая внесение минеральных удобрений в сочетании с листовыми подкормками (Изагри Азот + Изагри Zn) обеспечило прибавку урожайности с 7,64 до 8,37 т/га или на 0,74 т/га (9,7%).

Учеты показали, что при уборке наименьшая влажность зерна была получена у гибрида Гитаго – 33,9%, тогда как у гибрида Новотоп – 35,0%, Талисман – 36,4% и Феномен – 39,5%.

По селекционному индексу, рассчитанному как деление урожайности на влажность зерна, изучаемые гибриды расположились в последовательности: Гитаго – 0,26, Новотоп и Талисман – 0,21 и Феномен – 0,20.

Таблица 1 – Биологическая урожайность и уборочная влажность зерна кукурузы, т/га (2019 год)

№ п/п	Гибрид (Фактор А)	Защита растений от засоренности	Удобрение	Урожайность т/га				Влажность зерна при уборке, %	Селекционный индекс		
1	Талисман	Междурядная	1	6,47	7,59	7,56	7,64	36,6	0,18	0,21	
2			7,48	8,38		36,7	0,20				
3		Гербицид	1	7,91	8,45		35,8	0,22			
4			2	8,50			36,5	0,23			
5	Гитаго	Междурядная	1	7,93			8,94	34,5	0,23	0,26	
6			2	9,02			33,7	0,27			
7		Гербицид	1	9,37			33,5	0,28			
8			2	9,45			33,8	0,28			
9	Феномен	Междурядная	1	7,09	7,98			39,2	0,18	0,20	
10			2	7,86				40,0	0,20		
11		Гербицид	1	7,96	39,5			0,20			
12			2	9,02	39,2			0,23			
13	Новатор	Междурядная	1	7,12	7,51				34,8	0,20	0,21
14			2	7,51					35,9	0,21	
15		Гербицид	1	7,24	34,8	0,21					
16			2	8,16	34,4	0,24					
			НСР ₀₅	12,2	6,1	4,4			-	-	-

Дисперсионный анализ показал, что наибольший вклад в формирование урожайности принадлежало гибридам кукурузы – 45,6%, вклад способа защиты растений составил – 27,8%, системы удобрения – 19,1%.

Заключение. Таким образом, урожайность зерна кукурузы существенно изменялась по гибридам, способам защиты растений и систем удобрения. Наибольшая урожайность была получена при возделывании гибрида Гитаго ФАО 200 – 8,94 т/га с уборочной влажностью зерна 33,5-34,5%. Внесение гербицида Элюмис более эффективно в защите растений от засоренности посевов чем междурядная обработка почвы, что положительно сказалось на урожайности. Система удобрения, сочетающая внесение минеральных удобрений с использованием листовых подкормок (Изагри Азот + Изагри Zn) была более эффективна в сравнении с внесением только минеральных удобрений.

Библиографический список

1. Васин, В.Г. Продуктивность и кормовая ценность гибридов кукурузы при применении минеральных удобрений и стимуляторов роста в условиях лесостепи Среднего Поволжья / В.Г. Васин, И.К. Кошелева // Кормопроизводство. – 2017 – №9. – С. 40-43.
2. Мелихов, В.В. Программированное возделывание кукурузы на орошаемых землях Нижнего Поволжья / В.В. Мелихов, Ю.П. Даниленко, А.Г. Болотин // Земледелие. – 2011. – №5. – С.37-38.
3. Усанова, З.И. Реализация биологического потенциала различных гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции / З.И. Усанова, Ю.Т. Фаринюк, М.Н. Павлов, Ф.Л. Блинов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, 2018. – № 1. – С. 183-193.
4. Кирюшин, Б.Д. Основы научных исследований в агрономии / Б.Д. Кирюшин, Р.Р. Усманов, И.П. Васильев// М.: Колос С, 2009. – 398 с.

УДК 632.9

ЭВОЛЮЦИЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В УСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Вавин В.Г.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: vavin_vg@mail.ru

Резюме. Показано развитие стратегии защиты растений от вредителей, сорняков и патогенов с учётом экологических и экономических требований. Освоение современных методов борьбы с вредными организмами, обеспечивающих защиту долгосрочных рисков загрязнения природной среды, продукции и здоровья потребителя.

Summary. Is show the development of a strategy for protection plants from pests, weeds and pathogens, taking into account environmental and economic problems. The development of modern methods of control of harmful organism, protection of long-term risks of environmental pollution, production and human,s health.

Ключевые слова: интегрированная защита растений, интегрированное управление вредными организмами, качество, комплексный подход, система, механизмы регуляции, полевая гигиена.

Понятие «Интегрированная защита растений» (Integrated Plant Protection –

IPR) возникло в 50-годы прошлого века и является выражением первой критической реакции на расширение химического метода защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности. При его возникновении в центре внимания стояли не вопросы защиты здоровья производителей и потребителей или охраны внешней природной среды от пестицидов. Основопологающей была мысль о том, что без достаточного учёта биологических взаимосвязей в природе применение химических средств надолго не может быть эффективным.

Интегрированная защита растений сформулирована ФАО как «система многообразных экономических, экологических и токсикологических допустимых методов, поддерживающих численность вредных организмов ниже экономического порога вредоносности. Причем на первом месте стоит сознательное использование естественных факторов ограничения и механизмов регуляции» [1].

Конференция ООН по внешней среде и развитию в 1992 году объявила интегрированную защиту растений всемирной направляющей линией для дальнейшего развития защиты растений и сформулировала её так: «Интегрированная защита растений, которая связывает между собой биологическую борьбу, иммунитет растений-хозяев и адаптированные агротехнологические подходы, а применение химических средств защиты растений снижает до минимума. Интегрированная защита растений является оптимальным решением для будущего, т.к. она обеспечивает высокие урожайности, снижает затраты, уменьшает отрицательное действие на внешнюю среду и способствует устойчивости сельскохозяйственного производства» [2].

С учётом экологических и санитарных проблем в последнее десятилетие предпринимались определённые усилия по сокращению и рациональному использованию во всём мире химических веществ с целью эффективного управления численностью вредителей, сорняков и патогенов сельскохозяйственных растений. Этот подход привел к появлению новой научной дисциплины под названием «Интегрированное управление вредными организмами» – Integrated Pest Management (IPM). Главная доктрина этого направления – химические средства защиты растений применяются только тогда, когда популяция патогена достигает уровня, вызывающего экономические потери урожая.

Классический IPM направлен на уменьшение количества вредных агентов содержащихся в агрохимикатах. Это система борьбы с болезнями, вредителями растений и сорной растительностью, которая в контексте соответствующей окружающей среды и динамики численности видов вредителей / патогенов использует все подходящие методы и средства совместным образом и контролирует численность вредителей на уровнях ниже тех, которые наносят экономический ущерб [3].

IPM в широком смысле определяется как оптимизация борьбы с вредителями / патогенами экономически и экологически обоснованным образом путем скоординированного использования различных тактик защиты растений для

обеспечения стабильного производства сельскохозяйственных культур и сдерживания численности вредителей. Патогенов и сорняков ниже уровня экономического при минимализации опасности для людей, животных, растений, объектов окружающей природной среды, а также качества сельскохозяйственной продукции и сырья [4].

Кроме того, основная задача IPM заключается в разработке и внедрении методов борьбы с вредными организмами, которые отвечают целям сельхозтоваропроизводителей, потребителей и сельскохозяйственной отрасли в целом по сокращению потерь от вредителей / болезней / сорняков и, в то же время, обеспечивают защиту от долгосрочных рисков загрязнения окружающей природной среды и продукции, от опасности для здоровья человека и снижения устойчивости сельскохозяйственного производства.

Большую роль играет общая полевая гигиена. Так, например, на делянках многофакторного полевого опыта по биологизации земледелия Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии Курского ФАНЦ (Курская область) в результате сева сахарной свёклы протравленными семенами, применение инсектицидов по вегетирующим растениям было исключено, что дало и явный экономический эффект и исключило появление традиционных вредителей – свекловичных блошек. Кроме того, отмечено увеличение численности трихограммы, браконид, афелинид, кокцинеллид, пауков и др. полезных членистоногих [5].

Библиографический список

1. Новожилов К.В. Некоторые направления экологизации защиты растений // Защита и карантин растений. – 2003. – № 8. – С. 14-18.
2. Herbst A, Ganzelmeier H. International standards and their impact on pesticide application // Aspect of applied Biology. – 2015. – V. 66. – P. 1-8.
3. Защита растений в устойчивых системах землепользования. Кн. в 4-х томах. Т.3; под ред. Шпаара Д. – Берлин, 2004. – 345 с.
4. Ciancio A., Mukerji K. Integrated Management of Diseases Causes by Fungi, Phytoplasma and Bacteria. Biology. – 2019. – 288 p.
5. База данных структуры посевных площадей и системы севооборотов для автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Центральном Черноземье / Черкасов Г.Н., Акименко А.С., Масютенко Н.П. и др. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2013. – 54 с.

УДК 63:061.6:061.75

50 ЛЕТ ВНИИЗиЗПЭ: МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Тарасова Л.Е.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: tarlar@list.ru

Резюме. За 50 лет своей истории ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии принимал активное участие в международном научном сотрудничестве, проводились конференции с участием иностранных ученых, на которых обмен научной информацией приводил к взаимопониманию, завязывались новые связи и укреплялись старые. Институт также участвовал в международных проектах: составление «Энциклопедии систем жизнеобеспечения»

и другие проекты, стажировки специалистов, обмен опытом и новыми методами исследований, научные командировки.

Summary. During 50 years of its history All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control participated in international scientific cooperation, conferences with foreign participants took place, exchange of scientific information on them resulted in mutual understanding, getting new knowledge, new relations were entered into and old ones were strengthened. The institute also took part in international scientific projects: compiling Encyclopedia of Life Support Systems and other projects, practical studies for foreign specialists, exchanging scientific experience and new methods of study, study tours.

Наука – движущая сила развития человечества. От того, как будут использованы полученные учеными знания, зависит решение многих проблем современности, устойчивое развитие человеческой цивилизации, безопасная жизнь на Земле. В этом важнейшую роль играет международное сотрудничество ученых разных стран. Большое значение в обмене научной информацией имеет проведение международных и национальных научных конференций.

Всероссийскому научно-исследовательскому институту земледелия и защиты почв от эрозии (ВНИИЗиЗПЭ) в 2020 году исполнилось 50 лет. С ноября 2018 года он является структурным подразделением ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курский ФАНЦ). Автор, проработавшая во ВНИИЗиЗПЭ 40 лет, в своей работе освещает некоторые вопросы участия института в международном научном сотрудничестве, исходя из личного опыта, рассказав о тех событиях и мероприятиях, в которых принимала участие.

На протяжении своей полувековой истории ВНИИЗиЗПЭ неоднократно принимал у себя ученых и специалистов сельского хозяйства, почвоведов, экологов из курских вузов, НИУ разных регионов сначала Советского Союза, затем России. Но связи с некоторыми НИУ бывших советских республик не прерываются, они участвуют в конференциях ВНИИЗиЗПЭ, происходит обмен научными изданиями. ВНИИЗиЗПЭ сотрудничает с Институтом почвоведения, агрохимии и защиты почв «Н. Димо» (Молдова), Казахским НИИ земледелия и растениеводства, Институтом почвоведения и агрохимии НАН Беларуси и др. С 2000 года во ВНИИЗиЗПЭ практически ежегодно (за исключением 2001 и 2009 годов) проводились научно-практические конференции, большинство из них международные или с международным участием (табл. 1), в них участвовали ученые Беларуси, Казахстана, Молдовы, Украины, Узбекистана и др. (табл. 2). Также были доклады по результатам совместных проектов ученых российских НИУ и ВНИИЗиЗПЭ, в том числе с учеными Германии, США. Участие было очное и заочное. На конференциях обсуждались актуальные вопросы почвозащитного земледелия, агропочвоведения, агротехнологий, ресурсосбережения в земледелии, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и решения многих других проблем. Программы конференций предусматривали экскурсии на полевые опыты ВНИИЗиЗПЭ, в том числе стационарный многофакторный, посещение Центрально-Черноземного государственного биосферного заповедника имени В.В. Алехина, участок «Стрелецкая степь», не подвергавшийся

распашке, а также почвенный разрез с эталонным курским черноземом.

Таблица 1 – Ежегодные научно-практические конференции, проведенные во ВНИИЗиЗПЭ с 2000 года

Год проведения	Название конференции
2000	Земледелие в XXI веке. Проблемы и пути их решения (к 30-летию ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии)
2002	Современные проблемы земледелия и экологии
2003	Модели и технологии оптимизации земледелия
2004	Агроэкологическая оптимизация земледелия (посвящена 75-летию Россельхозакадемии и 100-летию со рождения С.С. Соболева)
2005	Ресурсосберегающие технологии земледелия (посвящена 35-летию ВНИИЗиЗПЭ)
2006	Инновационно-технологические основы развития земледелия
2007	Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии
2008	Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия (к 100-летию со дня рождения академика ВАСХНИЛ А.И. Бараева)
2010	Модели автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (к 40-летию ВНИИЗиЗПЭ)
2010	Международный симпозиум «Динамика органического вещества в длительных полевых опытах и ее моделирование»
2011	Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (к 70-летию со дня рождения академика РАСХН А.П. Щербакова)
2012	Информационно-технологическое обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия
2013	Агротехнологическая модернизация земледелия
2014	Экологизация земледелия и оптимизация агроландшафтов
2015	Почвозащитное земледелие в России (посвященная 45-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии)
2016	Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа оптимизации агроландшафтов
2017	Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии (посвящена Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почв)
2018	Адаптивно-ландшафтное земледелие: вызовы XXI века (посвящена 70-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Г.Н. Черкасова)

Таблица 2 – Иностранные участники научных конференций ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии

Год проведения	Название стран-участниц/кол-во участников										
	Азербайджан	Беларусь	КНР	Германия	Казахстан	Латвия	Молдова	Приднестр. Республика	США	Узбекистан	Украина
2000				1*							
2002				3		1			4*	14	
2003				6			5	2			
2004				2*	6						
2005		5		1*							
2006							3				
2007					2*		5				4
2008				1*	21		8				9
2010											1
2011											1
2012											2
2015					4						
2016	1		1*		5		2				
2017							3				
2018					8		3				

Примечание: 1* – иностранный участник проекта, совместного с российскими НИУ

Иностранные участники конференций получали яркие впечатления от природы России, восхищались богатством черноземов и, в общем, получали информацию о сельскохозяйственной науке России и ведущихся разработках, а также рассказывали о своих разработках и решаемых проблемах.

В 2008 году отмечалось 100-летие со дня рождения академика А.И. Бараева, много сделавшего для развития земледелия и сельскохозяйственной науки Казахстана, когда он работал в НИИ зернового хозяйства в п. Шортанды Целиноградской области. Эта дата широко отмечалась сельскохозяйственными НИУ и вузами Казахстана, а также во ВНИИЗиЗПЭ. В Курск приезжала представительная делегация ученых Казахстана на конференцию, посвященную научной деятельности академика Бараева. В выступлениях ученых двух стран обсуждались достигнутые результаты в развитии земледелия Казахстана и России, имеющиеся проблемы, особенности адаптивно-ландшафтных систем земледелия, разрабатываемых в НИУ Казахстана. Были подготовлены и подписаны новые договоры о научном сотрудничестве. Казахстанцы подарили институту труда академика Бараева, книгу воспоминаний о нем.

В сентябре 2010 года одновременно с конференцией, посвященной 40-летию ВНИИЗиЗПЭ, проводился Международный симпозиум «Динамика органического вещества в длительных полевых опытах и ее моделирование», который был организован с российской стороны ВНИИЗиЗПЭ, Почвенным институтом имени В.В. Докучаева, ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова и

проводился на базе ВНИИЗиЗПЭ в продолжение конференции [1]. Участвовали представители НИУ регионов России и иностранные ученые. На симпозиуме присутствовали представители Чешской Республики (Я. Кубат), Швеции (Т. Кэттерер), Франции (П. Барре), Шотландии (Великобритания) (А. Хэстингс) (фото 1). Свои результаты изучения органического вещества почвы в длительных полевых опытах представили Институт растениеводства, Прага-Рузине, Чехия (2 автора), Отдел почвы и окружающей среды, Уппсала, Швеция (4), Университет

Абердин, Шотландия (3), Колледж Тринити, Дублин, Ирландия (3). Было представлено в докладе обобщение данных 6 опытов с бессменным парованием с разным типом почв и климатических условий разных стран: Асков (Дания), Гриньон и Версаль (Франция), Ротамстед (Великобритания),

Фото 1 – Иностранные участники симпозиума
(справа налево: Т. Каттерер, Я. Кубат, А. Хэстингс, П. Барре,) на экскурсии в Коренной пустыни (Курская область).

Ултуна (Швеция) и Курск (Россия). В этом совместном проекте участвовали лаборатории BIOEMCO (3 участника), LSCE (3), EGC (1), PESSAC (1) – Франция, Университет Орхус, факультет сельхознаук, Дания (1), Шведский университет сельскохозяйственных наук, отдел почвы и окружающей среды, Швеция (5), Ротамстед Ресерч, отдел почвоведения, Великобритания (1) и ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, Россия (1). Результаты совместных исследований были представлены также кафедрой физики почв МГУ (2), Университетом Цюриха, отделение географии, Швейцария (3), Национальным центром научных исследований, лаборатория Bioemco, Франция (1). С российской стороны участвовали, кроме уже упомянутых, Курский НИИ АПП, РГАУ-МСХА

имени К.А. Тимирязева, ВНИИ органических удобрений и торфа, Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Симпозиум проводился на двух языках: русском и английском. Сопредседателями на симпозиуме были заместитель директора по научной работе, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Н.П. Масютенко (ВНИИЗиЗПЭ) и заведующий лабораторией, кандидат биологических наук В.А. Романенков (ВНИИА). Участники посетили Центрально-Черноземный биосферный заповедник «Стрелецкая степь», полевой опыт по контурно-мелиоративному земледелию ВНИИЗиЗПЭ, полевой опыт МГУ с бессменным черным паром. Был подготовлен двуязычный путеводитель по полевым опытам. Участники симпозиума были также и участниками конференции. Были изданы материалы симпозиума на двух языках. Автор участвовала в подготовке переводов некоторых материалов симпозиума.

Еще одна интересная конференция состоялась в 1993 году. В то время в нашей стране начали разрабатываться и внедряться проекты по экологически чистому сельскому хозяйству с международным участием. Некоторые ученые нашего института, например, Шульга С.А., заведующий лабораторией агрофизики, Пыхтин И.Г. и другие, участвовали в таких проектах и мероприятиях на территории Курской области. Во Львовском районе была организована на базе колхоза агрофирма «Эконива», которая участвовала в экологических проектах, например, экологически чистое выращивание гречихи. На территории этой агрофирмы и проводилась международная научно-практическая конференция. В ней участвовали несколько специалистов из сельскохозяйственных консультационных служб Германии, профессор из агроуниверситета США, фермер из США, а также специалисты из Москвы и ученые нашего института. Конференция проводилась два дня. Автор участвовала в этом мероприятии в качестве переводчика вместе с переводчицей из Москвы. Надо было переводить иностранцам выступления наших ученых и специалистов на конференции (что-то вроде синхронного перевода), во время экскурсий по хозяйствам и на экскурсии в Марьино. Работа сложная, тем более текстов выступлений не было, даже названий докладов, то есть докладчик выступает, а переводчик сидит рядом с иностранным специалистом и вполголоса тут же ему переводит. Руководитель агрофирмы М.С. Ширков организовал широкое русское застолье с русскими блюдами. Когда ездили по полям, гости все восхищались нашими черноземными почвами, особенно американский фермер, который сказал, что он с удовольствием прикупил бы себе такой земли. Была организована экскурсия в Марьино, гости очень восхищались именем, парком, памятником в честь победы России в Кавказской войне (это фигура орла с отрубленными когтями). Этот памятник был сооружен здесь, так как владелец имения Марьино князь Барятинский был последним командующим русской армией на Кавказе, когда была одержана победа, и кавказские народы покорились российскому царю после многолетней войны, а их духовный предводитель имам Шамиль был вывезен в Центральную Россию, где ему царем было пожаловано звание «почетного гостя его величества» и имение, где он прожил с семьей до конца своей жизни.

Среди участников этой конференции был молодой специалист по сельскому хозяйству из Германии Штефан Дюрр. Он к тому времени уже несколько лет участвовал в разных экологических проектах в России, будучи еще студентом. Он неплохо выучил русский язык, в России ему понравилось, несколько раз он был в нашем институте, в 2000-х годах присмотрел себе участки в Курской области, стал заниматься агробизнесом, выращивал рапс, пшеницу и другие сельхозкультуры. Профессор Оксененко из Курской сельхозакадемии испытывал у него на полях способ возделывания озимого рапса, за который получил патент на изобретение. Несколько лет назад Штефан Дюрр поехал в Воронежскую область присмотреть себе земли для выращивания сельхозкультур, но заинтересовался молочным животноводством, купил несколько молочных ферм и теперь занимается еще и животноводством. Года два-три назад Штефан Дюрр, заматеревший бизнесмен, но все так же легко узнаваемый по своей «арийской» внешности, участвовал в ток-шоу «Время покажет» на первом канале телевидения. Обсуждалась тема санкций против России и наших ответных мер. У него спросили, как они влияют на его агробизнес в России и каково его мнение по этой проблеме. Он сказал, что бизнес у него идет хорошо, а будет еще лучше, что санкции против России идут во вред западным странам и их отношениям с Россией, что Россия – перспективная страна, и что ему жаль своих соотечественников. Одни иностранцы делают из России ужасного монстра и пытаются запугать весь мир и изолировать Россию, а другие – делают в России успешный бизнес.

На исходе XX века ВНИИЗиЗПЭ принимал участие в большой коллективной работе – крупном международном проекте. В конце второго тысячелетия в научных кругах мира возникла идея подвести итог развитию человеческой цивилизации. Решено было издать многотомную энциклопедию «Encyclopedia of Life Support Systems» (EOLSS) – «Энциклопедия систем жизнеобеспечения». Она должна была охватывать разные стороны жизни человека. Финансирование издания осуществлялось ЮНЕСКО и некоторыми другими международными организациями при ООН. Издаваться энциклопедия должна была в Лондоне. Редакционный комитет, который проверял подготовленные тексты, находился в Париже. Много стран участвовало в подготовке статей для Энциклопедии, в том числе и Россия. Наша страна должна была готовить раздел «Сельское хозяйство» – наверное, как страна, обладающая самыми большими земельными ресурсами. Готовить статьи было поручено Российской академии сельскохозяйственных наук, был определен перечень тем и основные освещаемые вопросы. Конкретные статьи для Энциклопедии должны были готовить НИИ системы РАСХН. Курировало работу Отделение мелиорации РАСХН, конкретно – академик Маслов Б.С. Институты должны были подготовить тексты, перевести их на английский язык и в электронном виде представить в редакционный комитет в Париже. Работа началась в 1998 году. Издать Энциклопедию предполагалось в 2000 году. Но объем работы оказался гораздо больше, чем планировалось изначально, и Энциклопедия вышла в свет уже в начале третьего тысячелетия.

Институту было поручено подготовить две статьи: «Эрозия почв» и «Почвозащитное земледелие». Работу выполняли В.М. Володин, Г.Н. Черкасов, А.Г. Рожков, И.Г. Пыхтин. Автору поручили переводить эти статьи. Из Москвы нам прислали темы, примерный план статей, а для переводчиков – словарь английских терминов для использования при переводе. Подготовленные переведенные тексты направляли в Париж, в редакционный комитет. Там проверяли их содержание и корректность перевода. Тексты с обнаруженными ошибками и замечаниями редакторов через Москву, через куратора, возвращались в институт и подлежали исправлению. Судя по присылаемым из Москвы указаниям по исправлению ошибок, в некоторых текстах было очень много ошибок. В текстах нашего института их было немного, да и не всегда это были ошибки. Например, в статье по почвозащитному земледелию был экскурс в историю развития мирового земледелия, где говорилось, что в доколумбовой Америке не использовались для вспашки полей лошади, так как их там не было, они появились только вместе с испанскими конкистадорами. Редактор из Парижа был удивлен этому факту, так как был уверен, что лошади в Америке были всегда. Наверное, он видел много американских вестернов, где много индейцев, скачущих на лошадях по прериям. Пришлось убеждать его, делая ссылки на научные источники. Еще одно замечание касалось перевода и было из области так называемой политкорректности. В нашем тексте те же самые индейцы безлошадные назывались «Indians» («индейцы») – как исторически они назывались со времен Колумба и в английском, и в русском языках, из-за рокового заблуждения путешественника, искавшего новый путь в Индию и, найдя новые земли, он был уверен, что попал в Индию, а встретившие его местные жители – это индейцы, жители Индии. Но поскольку в конце XX века граждане США с запозданием решили исправить ошибку Колумба в отношении местных жителей, то теперь они официально называются «Native Americans» («коренные американцы»), как и бывшие «негры» («черные» по-испански по цвету кожи) теперь официально называются «Afro-Americans» («афро-американцы»). На это нам было указано редактором, и пришлось исправить название местных жителей Америки. Еще одна ошибка была указана в переводе – в выборе слова. Как уже упоминалось ранее, из Москвы был прислан словарь сельскохозяйственных терминов на английском языке. В текстах обеих статей неоднократно упоминались растительные остатки, которые обычно переводят на английский язык как «plant residues», однако в словаре, присланном из Москвы, предлагалось слово «trash», которое часто переводится как «мусор». В замечании редактора тоже говорилось об этом значении слова, а еще о том, что оно часто применяется по отношению к людям в значении «отбросы общества». Вот такие «трудности перевода». Больше словарных ошибок не было, однако были стилистические, синтаксические неточности из-за особенностей английского языка. Во время работы над Энциклопедией, продолжавшейся в течение трех лет, умер ответственный автор – В.М. Володин, на которого оформлялись все документы по подготовке статей для Энциклопедии со стороны коллектива авторов нашего института, и пришлось готовить на

английском языке ходатайство о замене ответственного автора, им стал Г.Н. Черкасов. Он же получил в банке и коллективный гонорар за работу в долларах, который затем был разделен между авторами. Переводчику тоже выделили часть гонорара, хотя переводчики не упоминались в издании. EOLSS включает в себя 20 энциклопедий, в том числе «Земля и атмосфера», «Биотехнология», «Использование земельных ресурсов, земледелие», «Наука управления, робототехника и автоматизация», «Экология и окружающая среда», «Сельское хозяйство и продовольствие», «Управление природными ресурсами» и др. [2]. Электронный вариант включает более 530 томов, его можно найти в Интернете, но не в открытом доступе. Текст этой электронной энциклопедии постоянно пополняется.

Институту доводилось принимать иностранных специалистов на стажировку. Летом 1985 года, когда советские войска еще находились в Афганистане, к нам прислали группу афганских агрономов, шесть человек. В Афганистане Советский Союз не только воевал, но и помогал афганцам налаживать мирную жизнь, восстанавливать и развивать экономику. Афганистан – это страна свободолюбивых людей, там много кочевых племен. Кроме преобладающего по количеству населения народа пушту, там есть еще таджики, туркмены, узбеки, проживающие в районах, граничащих с бывшими нашими среднеазиатскими республиками, а также другие народы и племена. Страна эта преимущественно горная, где занимаются скотоводством, но есть и долины, где население занято выращиванием сельхозкультур и садоводством. В настоящий момент большие территории заняты плантациями опийного мака – как известно, Афганистан – крупнейший производитель и поставщик тяжелого наркотика – героина. Выращивание мака является средством существования большей части населения страны. Американские войска, находящиеся в Афганистане, мало обращают внимания на эту проблему. А в те годы, когда там были советские войска, эту проблему афганское правительство с помощью Советского Союза пыталось решить таким образом, чтобы население было занято в сельском хозяйстве и зарабатывало себе на жизнь. Там осуществлялся проект по развитию земледелия, растениеводства. Для этого были организованы опытные станции, на которых испытывали сорта пшеницы и других зерновых культур, возможно, также технических культур, чтобы определить культуры и их сорта, подходящие для выращивания в условиях Афганистана. Поскольку это горная страна, то существовали и проблемы эрозии.

С целью изучения опыта нашей страны по выращиванию сельхозкультур и борьбе с эрозией, к нам и приехали афганские агрономы (фото 2). Это были мужчины в возрасте от 25 до 42 лет. Они всегда были аккуратно одеты, ходили в белоснежных рубашках. В нашем институте они были два с лишним месяца. Им здесь ученые читали лекции, а также их возили в опытное хозяйство института, другие хозяйства, колхозы. Пятеро из этой группы знали английский язык, один из них знал немного русский, поскольку прожил 10 лет в Польше, а шестой член группы учился во Франции и знал французский язык. Автору предложили работать с ними в качестве переводчика. Наши иностранные гости

захотели также брать уроки русского языка, на что было получено разрешение, и автора попросили первым уроком утром в течение одного часа заниматься с ними русским языком, а затем проводились остальные лекции. С каким энтузиазмом они взялись за изучение русского! Русский язык труден для изучения для всех иностранцев (и не только для них, но и для самих русских), а у афганцев общегосударственным языком был арабский (письмо справа налево, графическое изображение букв – в виде извилин, запятых и других знаков, отличных от знаков русского алфавита). Тем не менее дело хорошо продвигалось, успехи были налицо, «студенты» научились писать, стали понимать и составлять простые предложения, но вдруг уроки русского прекратили из-за недостатка времени и загруженности учебной программы или по другой причине. Таким образом, во второй половине пребывания

Фото 2 – Афганские агрономы на стажировке во ВНИИЗиЗПЭ (в центре) и сотрудники ВНИИЗиЗПЭ в 1985 году.

афганцев у нас в институте они ездили на экскурсии без переводчика, но они были очень внимательны и любознательны, записывали, что их заинтересовало в поездках, а затем спрашивали у своей учительницы, которая старалась с ними общаться, когда они были в самом институте, что им было непонятно. Они часто списывали тексты идеологических плакатов и лозунгов, которые раньше были вместо современной рекламы. И надо было хорошо постараться, чтобы перевести такое: «Слава КПСС!», «Миру – мир!», «Пятилетку – в четыре года!» и т.д.

Для иностранных специалистов было организовано медицинское обслуживание по типу диспансеризации, особое восхищение наших стоматологов вызывало отличное состояние зубов афганцев, за исключением того, который долго жил в Польше: у него обнаружили пародонтоз. Была также организована экскурсия в Сергиево-Казанский собор. Он был единственным религиозным объектом, в который был разрешен допуск иностранцев. Несмотря на огромные различия в религиозных верованиях мусульман и христиан, гостям понравился храм. Они увидели большое деревянное распятие Христа, были сначала удивлены, но после объяснений они поняли, что Иисус Христос – это пророк Иса по мусульманской вере. Наши гости были довольны тем, как их принимали, как им читали лекции и проводили экскурсии, как с ними общались наши ученые. Но им все же хотелось побольше изучать русский язык. Затем они уехали в Москву, и там они недели две были еще в других НИИ нашего профиля. Автор получила от них из Москвы открытку на русском языке со словами благодарности. Это было неожиданно, но очень приятно. Через год автор получила письмо из Афганистана от Тахори – одного из этих агрономов, он был таджик по национальности, самый светлый по цвету кожи, остальные были смуглее. И он был самый лучший ученик. Он писал на русском языке, как вспоминает поездку в Советский Союз, как им понравилось пребывание в Курске, в нашем институте, в Москве было хуже. Письмо было получено в 1986 году, в 1989 году наши войска ушли из Афганистана, затем были талибы, и многие афганцы из тех, кто сотрудничал с русскими, были вынуждены бежать из страны или погибли от рук моджахедов или талибов. Конечно, все проекты по развитию сельского хозяйства были прекращены, и страна погрузилась в хаос гражданской войны. Как известно из средств массовой информации, после ухода русских народ Афганистана испытал на себе власть моджахедов, талибов, американскую оккупацию, и многие теперь с большим сожалением вспоминают, как русские помогали строить школы, больницы, как старались тогдашние власти Афганистана устанавливать светский образ жизни, как многим людям удалось получить образование в СССР, как устанавливались дружеские связи между нашими народами и отдельными людьми. Автор иногда вспоминает работу с афганцами, в свободное время мы с ними хорошо общались, рассказывали о своих обычаях, традициях. Как же сложилась их дальнейшая судьба?

Наш институт неоднократно посещали ученые из разных стран. В 1999 году президент РАСХН академик Г.А. Романенко по приглашению Министерства сельского хозяйства Индии посетил эту страну, где ознакомился с развитием сельского хозяйства, земледелия и сельскохозяйственной науки. С ответным визитом нашу страну должны были посетить двое индийских ученых, специалистов в области земледелия. Одним из пунктов программы визита был приезд в наш институт на несколько дней. В это время (в сентябре 1999 года) в нашей стране произошло несколько террористических актов, совершенных чеченскими боевиками. Были взорваны многоэтажные жилые дома в Москве, на улице Гурьянова и Каширском шоссе, в Волгодонске Ростовской области и

Буйнакске в Дагестане. При этом погибло около 300 человек и более тысячи пострадали. Эти события получили широкое освещение в мировых СМИ. На фоне этих событий наши предполагаемые гости почувствовали себя неуверенно, опасались ехать в Россию. Один из них отказался от поездки, другой же, доктор Шарма, рискнул приехать к нам. Жена его на всякий случай снабдила большим количеством съестных припасов, которые ему так и не понадобились. Питался он в нашей столовой, где его старались вкусно кормить в соответствии с требованиями национальной индийской кухни и обычаями. Кулинарное мастерство работников нашей столовой он по достоинству оценил. Этому ученому, доктору наук, по программе визита наши ученые читали лекции, а также его возили на экскурсии в опытное хозяйство, заповедник, на опытные объекты нашего института в другие хозяйства. Автор была при нем переводчиком. В Индии английский язык – государственный наряду с языками хинди и урду (это языки самых крупных по численности индийских национальностей), на нем ведется делопроизводство. Поэтому индийцы говорят по-английски, правда, произношение у них не совсем четкое. В первые дни пришлось прислушиваться, привыкать к произношению профессора. Вечером в гостинице д-р Шарма включил телевизор и смотрел новости на РТР, а там еще иногда показывали картинки взорванных домов в связи с тем, что в стране проводилась тотальная проверка домов, подвалов на предмет обнаружения складов взрывчатки, а также искали террористов, осуществивших эти теракты. Индийский ученый опасался, что были уже новые взрывы, и, может быть, ему лучше уехать домой. Но его успокоили, что больше взрывов не было, что полиция приняла все меры для поимки террористов. А так, ему понравилось у нас, он узнал много нового о земледелии умеренной климатической зоны (он изучал особенности тропического земледелия своей страны), о наших почвах, черноземах. Большое впечатление на него произвели валы-террасы и другие объекты контурно-мелиоративного земледелия, куда его возили на экскурсию. Ученый рассказал о своих исследованиях, об особенностях почвенных процессов в тропической зоне и о выращиваемых культурах. Он сказал, что сожалеет о том, что его коллега отказался от такой интересной поездки.

Еще одна интересная встреча была в 2000 году, когда в наш институт приезжала Ютта Рогазик – заместитель директора Института почвоведения и питания растений из Германии. Она родилась и большую часть своей жизни прожила в Восточной Германии (бывшей ГДР), поэтому она знала русский язык, который был обязательным для изучения в ГДР. Она сказала, что она уже многое забыла, понимать язык в основном может, а говорить по-русски ей трудно. Но она хорошо знала английский язык. Автора попросили показать ей достопримечательности Курска, сопровождать ее в институте и в поездке в Коренную пустынь. Мы с ней общались на трех языках. Ей подарили некоторые наши издания. После ее отъезда в наш институт стали присылать немецкий журнал, издаваемый Научным центром по сельскому хозяйству, в состав которого входил и институт, в котором работала доктор Рогазик. Доктор Рогазик несколько

раз участвовала в наших конференциях своими публикациями в сборнике материалов конференций, а однажды ее муж, доктор Х. Рогазик, принимал участие в нашей конференции. В тот год (2003) перед конференцией и во время нее была холодная, дождливая погода. Немецкий ученый жил в гостинице, в которой в тот период была отключена горячая вода. Доктор Рогазик вместе с другими участниками конференции ездил на экскурсию в наше опытное хозяйство и заповедник, где на практике познал качество русского чернозема, как он хорошо налипает на обувь. Он на экскурсии замерз, промок, приехал в гостиницу, для мытья – только холодная вода. Он по пути в Курск простудился, а здесь еще переохладился, и на следующий день, когда было пленарное заседание, у него был сильный кашель, а ему нужно было выступать с докладом. Доклад был посвящен использованию компьютерной томографии для изучения структуры почв и других почвенных свойств, и доктор Рогазик как истинный ученый с успехом выступил. Конечно, эта поездка ему запомнилась, но не во всем с хорошей стороны.

В 2001 году к нам приезжал профессор из США, д-р Т. Аммонс из университета штата Теннесси. Он приехал уже после того, как в США произошли крупнейшие теракты, когда были взорваны торговый центр (башни-близнецы) в Нью-Йорке, атаковано здание Пентагона в Вашингтоне, когда погибло несколько тысяч человек. Автору поручили провести экскурсию по городу, после обеда была запланирована встреча ученого с нашими сотрудниками. Когда мы поехали с ним на Красную площадь, начался довольно сильный дождь. У автора был с собой зонт, профессор отказался отменять экскурсию на открытом воздухе и мужественно выслушивал рассказ об истории и достопримечательностях Курска, укрываясь одним зонтом со своим экскурсоводом. Потом, к счастью, дождь перестал, выглянуло солнце, и мы с американским ученым ходили по мемориалу павшим в Великой Отечественной войне, подошли к Вечному огню, затем к месту захоронения моряков с подводной лодки «Курск». Он спрашивал меня об этом печальном событии, мы обсуждали теракты у них в стране. Все эти печальные разговоры происходили на фоне изумительного осеннего пейзажа: высокие деревья, окружавшие мемориал, были в пестром многоцветье осени, листья были пронизаны лучами ласкового солнца, памятники величественно стояли как символы народной скорби. Американец был поражен этим видом, он не переставал фотографировать. Вид действительно был красивый, мы попали на мемориал в удачный момент, и, возможно, теперь в далекой стране люди будут смотреть на эти фотографии, слушать рассказы профессора и узнают что-то хорошее о нашем городе, нашей стране и людях. Во второй половине дня доктор Аммонс выступил перед учеными института, ответил на вопросы о своих исследованиях.

Конечно, этими событиями не исчерпываются примеры международного сотрудничества ВНИИЗиЗПЭ. В 1982 году трое ученых нашего института: В.П. Герасименко, И.Г. Пыхтин и С.А. Чалабянц побывали с научной командировкой в Корейской Народно-Демократической Республике. Было интересно познакомиться с сельским хозяйством этой закрытой для иностранцев страны.

Были и другие международные проекты, участие в конференциях, поездки за границу. Руководители ВНИИЗиЗПЭ также бывали в научных командировках за рубежом: Д.Е. Ванин ездил в США, А.П. Щербаков – в США, Германию, Японию, Мексику (в две последние страны в качестве руководителя одного из симпозиумов на Международных съездах почвоведов), В.М. Володин – в Германию, Г.Н. Черкасов участвовал в международной конференции по луговодству в Португалии. Участие в конференциях, личные поездки, встречи, контакты многое дают для развития науки в контактирующих странах и организациях, для международного сотрудничества, и не только научного.

Есть такое понятие, как «научная дипломатия». В наши дни распространения фейковой, недостоверной, откровенно лживой информации, распространяемой СМИ, политиками, ученые как ответственные люди, знающие цену достоверной информации, могут многое сделать для укрепления взаимопонимания между народами и странами, участвуя в международных проектах, в научных дискуссиях на конференциях, симпозиумах, узнавая новое в научных командировках, изучая новые методы исследований у зарубежных коллег на стажировках, поддерживая не только официальные, но и личные связи. При всем разнообразии стран, народов, обычаев, традиций, языков всегда можно найти общий язык, тем более, если это язык науки. На Земле так много нерешенных проблем, непознанных явлений, неисследованных мест и объектов, что для науки работы хватит на многие века. Пора объединить усилия мирового научного сообщества для решения проблем обеспечения населения Земли продовольствием, изменения климата, борьбы с новыми болезнями, загрязнения окружающей среды. Новейшая угроза – всемирная пандемия коронавирусной инфекции – ярко высветила важность разработок по микробиологии, вирусологии, реабилитационной медицины, иммунологии, получению новых вакцин и противовирусных лекарств и т.д. Все последние события вокруг коронавирусной инфекции показали, что поодиночке с ней не справиться, даже высокоразвитой стране, что только вместе человечество может выжить. Ученые разных стран, прежде всего, должны осознать, что, только объединив свои усилия, люди смогут противостоять новым угрозам и вызовам, которые становятся все более серьезными. При современном уровне развития технологий, средств связи и транспорта, получения новых материалов человечество вполне способно обеспечить себе достойные условия жизни, решить многие серьезные проблемы, если будет вкладывать средства и развивать науку, образование, медицину, культуру, технологии и технику для жизнеобеспечения и развития человека, защиты окружающей среды, а не тратить средства и время на гонку вооружений, поиски врагов, придумывание и раздувание несуществующих проблем, деление народов и стран на правых и виноватых.

Автор, возможно, придала своему сообщению слишком личный характер, но юбилейная дата в истории института и 40 лет работы автора в нем делает это оправданным, как и желание рассказать об интересных моментах в деятельности института и его коллектива.

Библиографический список

1. Динамика органического вещества в длительных полевых опытах и ее моделирование. Материалы Международного научного симпозиума, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 14-17 сентября 2010 г., Курск. Курск: ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2010. 39 с.
2. Encyclopedia of Life Support Systems [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/EOLSS> (дата обращения 23.07.2020).

УДК 631.58

ФОРМИРОВАНИЕ БЕЗДЕФИЦИТНОГО БАЛАНСА ГУМУСА ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СЕВООБОРОТОВ

Свиридов В.И.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: kafdgmi@yandex.ru

***Резюме.** В работе на примере реального хозяйствующего субъекта доказывается возможность формирования бездефицитного баланса гумуса путем оптимизации структуры посевных площадей и совершенствования севооборотов. Образующийся в этом случае расход гумуса под зерновыми и пропашными культурами, а также чистым паром компенсируется его накоплением за счет сеяных трав, внесения навоза, излишков ботвы и соломы.*

В настоящее время многие предприниматели в погоне за прибылью концентрируют свое внимание на выращивании лишь тех культур, которые гарантируют достижение наивысших экономических результатов без соблюдения требований по обеспечению бездефицитного и положительного баланса гумуса, являющегося главным фактором почвенного плодородия. Известно также, что сам по себе факт снижения содержания гумуса в почве не служит основанием для восстановления его любой ценой, превращения усилий по воспроизводству гумуса в самоцель, что может привести к низкой или даже отрицательной окупаемости затраченных ресурсов [1]. Это означает, что в условиях рынка деятельность всех агропроизводственных формирований должна быть направлена на повышение уровня рентабельности выпускаемой продукции, а вопрос об увеличении содержания гумуса должен рассматриваться в связи с необходимостью улучшения свойств почвы, ограничивающих достижение более высокой урожайности культур.

Целью данной работы является изучение возможности формирования бездефицитного баланса гумуса путем оптимизации структуры использования пашни и совершенствования севооборотов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Она выполнялась с применением разработанной нами эколого-экономико-математической модели (ЭЭММ), прошедшей широкую апробацию в сельскохозяйственных организациях Курской области при решении задач по выбору наиболее эффективного направления использования пашни [2-10]. Поскольку главным требованием проектирования оптимальной структуры посевных площадей в адаптивно-ландшафтных системах земледелия является учет агроэкологической разнородности земель, то общая схема ЭЭММ

имеет блочную структуру – каждый ее отдельный блок характеризует выделенную агроэкологическую группу пахотных угодий: для интенсивного использования (склоны 0-3°), умеренного (склоны 3-5°) и ограниченного использования (склоны свыше 5°). Построение ЭЭММ осуществлено с учетом предлагаемых для условий Центрально-Черноземной зоны ограничений по насыщению севооборотов отдельными культурами [11].

Результаты нашего исследования на примере ООО «Завет Ильича» Горшеченского района Курской области свидетельствуют о реальной возможности управления балансом гумуса в севооборотах посредством состава и соотношения посевных площадей возделываемых культур. Задача решалась по критерию «тах прибыли», но в первом варианте ее решения в ЭЭММ отсутствовало условие по необходимости формирования бездефицитного баланса гумуса в отличие от второго варианта, где это условие является обязательным (см. таблицу). На пашне с крутизной склонов до 3°, как показывают расчетные данные, оптимизация структуры ее использования при соблюдении всех севооборотных требований приводит к отрицательному значению балансового сальдо по гумусу в первом случае (минус 4739,0 т на всей площади, или 0,53 т в расчете на 1 га) и к бездефицитному его балансу – во втором. При этом перечень выращиваемых культур на указанной категории пашни в обоих вариантах отличается незначительно, тогда как их удельный вес в структуре посевных площадей существенно разнится. На пахотных землях со склонами 3-5° по вариантам оптимизации использования наблюдаются гораздо большие отличия как по составу культур, так и по соотношению посевных площадей, что соответствующим образом сказывается на величине баланса гумуса – от положительного значения до нулевого. Пахотные угодья, расположенные на склонах свыше 5° и в значительной степени эродированные с низким почвенным плодородием, выводятся из состава севооборотной площади для их сплошного залужения, поскольку, исходя из современных научных представлений, в активном обороте не должно быть так называемых «дестабилизирующих угодий», к которым как раз и относят деградированную пашню [12].

Оптимизированная по обоим вариантам структура использования пашни органически увязывается с системой севооборотов и не является препятствием для соблюдения намеченного чередования культур. Так, на пашне **интенсивного использования** вблизи животноводческих ферм КРС в целях организации надежного зеленого конвейера и уменьшения транспортных расходов введены *кормовой севооборот*: 1) Однолетние (зернобобовые смеси на зеленый корм) с подсевом многолетних трав, 2-4) Многолетние травы на 2-3 укоса, 5) Многолетние травы на 1 укос, 6) Озимые на зеленый корм (поукосно кукуруза на зеленый корм), 7) Кормовые корнеплоды, 8) Кукуруза на силос и *плодосменные свекловичные севообороты* (доля кормовых культур до 40%): **№ 1** – 1) Клевер на 1 укос, 2) Озимая пшеница, 3) Сахарная свекла, 4) Кукуруза на силос, 5) Ячмень с подсевом клевера; **№2** – 1) Клевер на 1 укос, 2) Озимая пшеница, 3) Сахарная свекла, 4) Ячмень с подсевом клевера, 5) Клевер на 2 укоса; **№ 3** – 1) Чистый

Таблица – Баланс гумуса (т) при разных вариантах оптимизации структуры использования пашни (%) в ООО «Завет Ильича» Горшеченского района Курской области

Показатель	Пашня с крутизной склонов до 3° по вариантам использования*		Пашня с крутизной склонов 3-5° по вариантам использования*	
	I	II	I	II
Перечень выращиваемых культур:				
озимые зерновые	22,7	21,1	33,6	27,6
яровые зерновые	30,8	27,3	2,0	12,0
зернобобовые	3,4	—	—	13,1
кукуруза на зерно	2,3	2,3	—	—
технические	14,2	10,5	—	10,1
кормовые – всего	17,6	32,4	64,4	37,2
в том числе:				
однолетние травы	9,9	8,3	20,4	4,8
многолетние травы	1,6	21,7	44,0	32,4
Чистые и сидеральные пары	9,0	6,4	—	—
Итого пашни	100,0	100,0	100,0	100,0
Баланс гумуса (+,-)	– 4739,0	0,0	2721	0,0

*I – без учета условия по обеспечению бездефицитного баланса гумуса;

II – с учетом условия по обеспечению бездефицитного баланса гумуса

и занятый (однолетние травы) пары, 2) Озимая пшеница, 3) Сахарная свекла, 4) Ячмень с подсевом клевера, 5) Клевер на 1 укос, 6) Озимая пшеница, 7) Кукуруза на зерно и силос; № 4 – 1) Клевер на укос, 2) Озимая пшеница, 3) Сахарная свекла, 4) Ячмень с подсевом клевера; № 5 – 1) Занятый (однолетние травы) пар, 2) Озимая пшеница, 3) Сахарная свекла, 4) Ячмень с посевом многолетних трав, 5) Многолетние травы, 2 укоса, 6) Многолетние травы на 1 укос, 7) Озимая пшеница, 8) Подсолнечник; на удаленных от центральной усадьбы земельных массивах при наличии удобных дорог освоены *зернопаропропашные свекловичные севообороты* со следующим чередованием культур: 1) Чистый пар; 2) Озимая пшеница; 3) Сахарная свекла; 4) Ячмень. Остальная пашня интенсивного использования отведена под *зернопаровой севооборот*: 1) Чистый и занятый (однолетние травы на сено) пары, 2) Озимая пшеница, 3) Соя, 4) Ячмень и *зернопаропропашной* (с подсолнечником и кукурузой): 1) Чистый пар, 2) Озимая пшеница, 3) Подсолнечник, 4) Просо с отсроченным сроком посева, 5) Ячмень, 6) Горох, 7) Кукуруза на зерно.

На пашне **умеренного использования** практикуются *зернотравяные севообороты*. Доля трав в них на ближних к фермам землях в два раза больше и используются они как на зеленый корм, так и на сено. На удаленных землях доля зерновых культур составляет 75-80% (достигается за счет размещения между колосовыми зернобобовых и крупяных культур) и травы используются

преимущественно на сено: № 1 – 1) Однолетние травы (вико-овес) на зеленый корм с подсевом клевера, 2) Клевер, 2 укоса, 3) Клевер на 1 укос, 4) Озимая пшеница, 5) Просо (узкорядный способ посева), 6) Ячмень, овес; № 2 – 1) Клевер на 1 укос, 2) Озимые пшеница и рожь, 3) Вика на зерно, 4) Ячмень, овес, 5) Просо ширококрядное с подсевом клевера, 6) Клевер на 2 укоса. На удаленных землях доля зерновых культур составляет 75-80% (достигается за счет размещения между колосовыми зернобобовых и крупяных культур) и травы используются преимущественно на сено: № 3 – 1) Эспарцет на 1 укос, 2) Озимая пшеница, 3) Просо (узкорядный способ посева), 4) Ячмень с подсевом эспарцета; № 4 – 1) Эспарцет на 1 укос, 2) Озимая пшеница, 3) Горох, 4) Озимые пшеница и рожь, 5) Ячмень с подсевом эспарцета.

При научно-обоснованной смене агрофитоценозов достигается обеспечение такого чередования сельскохозяйственных культур в севооборотах, которое по своему влиянию на почвенную среду становится подобным многокомпонентному естественному растительному сообществу – только в первом случае это действие является растянутым по времени, а во втором оно происходит одновременно. Дифференцированное использование пашни в системе разных видов севооборотов повышает эффективность производства растениеводческой продукции без дополнительных материально-денежных затрат путем целесообразного набора культур и их чередования с одновременным созданием условий по рациональному применению удобрений, защите от сорняков, болезней и вредителей, внедрению малоэнергоёмких технологий. Обеспечивая высокую гетерогенность севооборотов через сортовое и видовое разнообразие выращиваемых культур, различную временную и территориальную организацию их посевов, применение смешанных посевов и промежуточных культур, тем самым можно достигнуть повышения к.п.д. фотосинтеза, устойчивости урожайности и продуктивности пахотных земель [13]. Возможности по формированию научно обоснованного чередования культур в каждом конкретном хозяйстве имеются значительные, поскольку сложившийся к настоящему времени набор возделываемых культур достаточно широк, а для организации их правильного чередования в наличии есть необходимые научные рекомендации с указанием типовых схем существующих и перспективных видов севооборотов.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах/В.И.Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С.Кауричев и др. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – 99 с.
2. Новые схемы севооборотов и усовершенствованная структура посевных площадей для хозяйств зерно-свекло-скотоводческой специализации Центрального Черноземья/Г.Н. Черкасов, А.С.Акименко, В.И.Свиридов и др. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2006.- 36 с.Свиридов В.И. Формирование рациональной структуры посевных площадей методом оптимального компромиссного программирования/ В.И. Свиридов, В.Г. Комов // Вестник КГСХА. – 2012. – № 9. – С.11-13.
3. Черкасов Г.Н. Совершенствование структуры использования пахотных земель в Курской области/ Г.Н. Черкасов, В.И. Свиридов, А.Н. Лихачев // Земледелие. – 2006. – №3. – С.27-29.

4. Свиридов В.И. Региональное землепользование: экономика, экология, управление: монография / В. И. Свиридов, О. В. Свиридова. – М.: Изд-во РГСУ «Союз», 2007. – 217 с.
5. Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе / А.Н. Каштанов, А.П. Щербаков, В.М. Володин и др. – Курск: Изд-во КГСХА, 1996. – 132 с.
6. Методика проектирования и проекты усовершенствованной структуры посевных площадей в хозяйствах различной специализации / Г.Н. Черкасов, Н.П. Масютенко, В.И. Свиридов и др. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2008. – 50 с.
7. Бутко И.В. Оптимизация структуры использования пашни как важное условие повышения эффективности полевого растениеводства/ И.В. Бутко, Д.Е. Ванин, В.И. Свиридов, Н.Н. Петренко// Вестник КГСХА. – 2011. – № 4. – С.17-19.
8. Свиридов В.И. Формирование рациональной структуры посевных площадей методом оптимального компромиссного программирования/ В.И. Свиридов, В.Г. Комов // Вестник КГСХА. – 2012. – № 9. – С.11-13.
9. Кольцов А.А. Обоснование экономически эффективного и экологически безопасного землепользования в сельскохозяйственных организациях /А.А. Кольцов, В.И. Свиридов //Теоретическая и прикладная экономика. – 2016. – №1. – С.12-33.
10. Свиридов В.И. Формирование адаптивного землепользования в условиях сельского самоуправления: монография. - М.: Изд-во РГСУ «Союз», 2016. – 184 с.
11. Свиридов В.И. Моделирование оптимальной структуры использования пашни при разработке новых адаптивно-ландшафтных систем земледелия/В.И. Свиридов, Н.Н.Петренко, О.В.Свиридова // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 4. – С.24.
12. Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе / А.Н. Каштанов, А.П. Щербаков, В.М. Володин и др. – Курск: Изд-во КГСХА, 1996. – 132 с.
13. Кирюшин В.И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России/ В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2018. – №3. – С. 3-8.
14. Свиридов В.И. Моделирование оптимальной структуры использования пашни при разработке новых адаптивно-ландшафтных систем земледелия / В.И. Свиридов, Н.Н. Петренко, О.В. Свиридова // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 4. – С.24.
15. Дудкин В.М. Севообороты в современном земледелии России/ В.М. Дудкин. – Курск: Изд-во КГСХА, 1997. – 155 с.

УДК 632.51:631.582:631.82

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЗАСОРЁННОСТЬ ПОСЕВОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

Дудкина Т.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail. dt5dt@mail.ru

Резюме. В статье рассматриваются результаты исследований по влиянию севооборота, доз минеральных удобрений и их сочетаний на сорный компонент агрофитоценозов в посевах сахарной свёклы. Показано, что засорённость посевов не является ограничивающим фактором для более широкого использования сидерального пара в севооборотах Центрально-Чернозёмного региона.

Ключевые слова: сорные растения, севооборот, минеральные удобрения, сахарная свёкла.

В посевах сельскохозяйственных культур наряду с культурными растениями, которые высеваются человеком с целью получения продукции, присутствуют сорные растения, конкурирующие с культурными растениями за факторы жизни.

Борьба с сорными растениями была и остаётся одной из важнейших проблем земледелия. Пропашные культуры, такие как сахарная свёкла, являются более слабыми конкурентами сорняков, по сравнению с культурами сплошного сева. Поэтому фактор засорённости посевов при выращивании этих культур имеет большое значение [1,2,3,4].

В 2020 г. в опыте по биологизации земледелия Курского ФАНЦ проведены исследования по влиянию севооборота (зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром, зернопаропропашной севооборот с чёрным паром) и минеральных удобрений (без удобрений, NPK-30, NPK-40, NPK-52) на сорный компонент агрофитоценозов в посевах сахарной свёклы.

Биологизация земледелия вместе с оптимизацией агроландшафтов являются двумя главными взаимосвязанными задачами, комплексное решение которых позволяет сбалансировать агроландшафты и повысить продуктивность агроценозов [5]. По праву главное место среди факторов биологизации земледелия занимает севооборот, который практически без затрат позволяет регулировать фитосанитарное состояние посевов, в том числе и засорённость посевов сорняками.

Отмечается [6], что севооборот по своей природе является противовесом негативным последствиям интенсификации земледелия.

Результаты исследований, выполненных в Мичуринском ГАУ [7] показывают, что правильно составленный севооборот снижает общую засорённость культур сплошного сева в три – пять, а пропашных – в два раза.

Минеральные удобрения, хотя и не являются непосредственно средством борьбы с сорными растениями, тем не менее, оказывают существенное влияние на количественные и качественные показатели засорённости посевов сельскохозяйственных культур.

Преимущество по сороочищающему действию зернопаропропашного севооборота с сидеральным паром (таблица) особенно сильно проявилось в вариантах с невысокими дозами удобрений и без удобрений. Так, в варианте с NPK-30 сорняков в посевах сахарной свёклы в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром было в 3,5 раза больше, чем в севообороте с сидеральным паром.

Таблица – Влияние севооборота и минеральных удобрений на количество сорных растений в посевах сахарной свёклы, шт./м²

Севооборот	Минеральные удобрения			
	без удобрений	NPK-52	NPK-40	NPK-30
Зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром	356,8	219,2	242,4	109,1
Зернопаропропашной севооборот с чёрным паром	724,8	262,8	544,0	385,2

В опыте сформирован малолетний тип засорённости. Преобладающей биологической группой были яровые ранние сорные растения. Исключением

являлся лишь вариант с внесением NPK-52 в сидеральном севообороте, где было отмечено наиболее высокое количество яровых поздних сорняков.

Из ранних яровых сорняков преобладали горец шероховатый и чистец однолетний, а из яровых поздних сорняков – щирица запрокинутая и паслён чёрный. Зимующие сорняки находились в посевах в небольшом количестве и были представлены в основном желтушником левкойным.

Как уже отмечалось, зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром обеспечил лучшее фитосанитарное состояние в отношении засорённости посевов, чем зернопаропропашной севооборот с чёрным паром. Особенно заметно это было в отношении биологической группы ранних яровых сорняков.

Применение минеральных удобрений в опыте положительно сказалось на засорённости посевов. Внесение туков обеспечивало снижение количества сорных растений в посевах. Вероятно, в какой-то мере, это связано с повышением конкурентной способности культуры по отношению к сорнякам, особенно на ранних этапах её развития. Так в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром в варианте с NPK-52 сорняков было в 2,8 раза меньше, чем на неудобренном фоне. В сидеральном севообороте этот показатель был равен 1,6 раза.

Самые чистые от сорняков посева были в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром при NPK-30, в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром – при NPK-52.

Сырая масса сорных растений на всех фонах удобренности была больше в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром. На неудобренном фоне этот показатель был больше, чем при применении минеральных удобрений.

В варианте без удобрений двулетние и многолетние сорные растения отсутствовали. Многолетние корнеотпрысковые сорняки в опыте в посевах сахарной свёклы присутствовали в небольшом количестве только в одном варианте (зернопаропропашной севооборот с чёрным паром, NPK-30).

Определение содержания сорных растений различных биологических групп в общем количестве сорняков в посевах сахарной свёклы подтвердило отмеченные выше закономерности.

Полученные в опыте по биологизации земледелия опытные данные показывают, что засорённость посевов не является препятствием для более широкого использования сидерального пара в севооборотах Центрального Черноземья.

Библиографический список

1. Дудкин В.М., Дудкин И.В., Ланина Н.В. Контроль засоренности полей в условиях биологизации земледелия // Достижения науки и техники АПК. – 1997. – № 4. – С. 22-24.
2. Баздырев Г.И. Агроэкологические основы интегрированной защиты полевых культур от сорных растений на равнинных и склоновых землях // Известия ТСХА. – 2002. – Вып. 1. – С. 15-35.
3. Долгополова Н.В., Железняков Н.А. Засоренность яровой твердой пшеницы в зависимости от предшественников и фонов удобрений // Вестник Курской ГСХА. – 2012. – № 6. – С. 41-42.
4. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Севооборот – один из приёмов контроля численности ма-

лолетних сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур в экологически безопасных системах земледелия // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология – 2016): материалы XII Международной научно-технической конференции. – Уфа: РИК УГАТУ, 2016. – С.246-251.

5. Турьянский А.В., Котлярова Е.Г., Лицуков С.Д. Оптимизация агроландшафтов Белгородской области – путь к биологизации земледелия // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 9. – С. 48-50.

6. Дудкин В.М., Дудкин И.В. Экологическая роль севооборота в современных системах земледелия // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии. Коллективная монография. – г. Суздаль, ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». – Иваново, ПресСто, 2015. – С. 195-199.

7. Полевщиков С.И. Эффективность севооборотов в борьбе с сорняками и болезнями // Сахарная свекла. – 2006. – № 1. – С.32-34.

УДК: 633.11 «324»:631.559:631.51.021:631.82

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗЕРНОТРАВЯНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ ЦЧР

Нитченко Л.Б.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» –
Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, г. Курск
E-mail: *Nitchenko58@yandex.ru*

Резюме. Установлено, что в зернотравянопропашном севообороте основным фактором, влияющим на повышение урожайности озимой пшеницы, содержания клейковины в зерне являются минеральные удобрения. При минимизации обработок почвы на склоне северной экспозиции урожайность и содержание клейковины в зерне достоверно снижались.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, качество зерна, севооборот, обработка почвы, минеральные удобрения.

Озимая пшеница является важнейшей продовольственной зерновой культурой в нашей стране. Размещение озимой пшеницы по наиболее целесообразным предшественникам обеспечивает получение наибольшего урожая с высоким качеством зерна [1].

Многолетние травы являются одними из наиболее целесообразных предшественников озимой пшеницы. Повышение доли многолетних бобовых культур в севооборотах для обогащения почвы биологическим азотом является важным условием ресурсосберегающих агротехнологий [2].

Основным фактором, влияющим на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и качества урожая, является применение минеральных удобрений. Причем, минеральные удобрения повышают качество зерна по всем изучаемым способам основной обработки почвы [3].

По мнению Воронина А.Н. [4], удобрения следует считать необходимым и обязательным элементом любой технологии, даже на таких сравнительно плодородных почвах, как черноземы, так как этот ресурс позволяет в два раза увеличить продуктивность пашни.

В научных публикациях выявлена неоднозначность мнений по вопросам влияния обработок почвы на урожайность озимой пшеницы.

Результаты исследований Айдиева А.Я. [5] показали, что самым эффективным способом основной обработки почвы была вспашка на 20-22 см, обеспечивавшая формирование урожайности озимой пшеницы на уровне 53,1 ц/га, замена отвальной обработки почвы на плоскорезную приводила к ее снижению на 1,6 ц/га, на поверхностную – на 3,9 ц/га.

По данным научных исследований [6] в севооборотах с многолетними травами на водораздельном плато лучшее качество зерна формируется по отвальной обработке. Минимальная обработка почвы, хотя и не снижает урожайность, но приводит к существенному ухудшению качества зерна пшеницы и на склонах, и на водораздельном плато, независимо от типа севооборота.

Другие исследователи [7,8,9] считают, что приемы основной обработки почвы не оказывали достоверного влияния на урожайность озимой пшеницы. Качество зерна озимой пшеницы определялось в основном действием удобрений, при этом оно практически не зависело от приемов обработки почвы.

Наиболее эффективной обработкой почвы под озимую пшеницу после гороха, по мнению авторов статьи [10], является поверхностная обработка почвы на глубину 6-8 см.

Исследования по изучению влияния систем основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте на урожайность и качество зерна озимой пшеницы проводились в 2008-2016 гг., в многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ», заложенном в 1984 году на водораздельном плато и склоне северной экспозиции.

В зернотравянопропашном севообороте (многолетние травы - озимая пшеница - кукуруза на зеленый корм – ячмень+ многолетние травы) изучались систематические отвальные и безотвальные системы основной обработки почвы под озимую пшеницу и комбинированная (сочетание поверхностных обработок почвы под зерновые культуры со вспашкой под кукурузу на зелёный корм), без внесения минеральных удобрений и с внесением $N_{20}P_{40}K_{40}$ и $N_{40}P_{80}K_{80}$ под озимую пшеницу. Глубина отвальных и безотвальных обработок почвы под озимую пшеницу 20-22 см, поверхностной - 8-10 см.

Почва опытного участка, расположенного на водораздельном плато и склоне северной экспозиции, представлена черноземом типичным среднесуглинистым среднегумусным. Агрометеорологические условия в период весенне-летней вегетации озимой пшеницы с апреля по июль можно характеризовать - как недостаточно увлажнённые (2008 г., ГТК = 1,25), засушливые (2012 г., ГТК = 0,95), избыточно увлажнённые (2016 г., ГТК = 1,80).

Результаты проведенных исследований (таблица 1) показали, что на водораздельном плато урожайность озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте в вариантах без внесения минеральных удобрений и с внесением $N_{20}P_{40}K_{40}$ была ниже соответственно на 14,6-15,0% при безотвальной системе обработки почвы, по сравнению с отвальной системой обработки. При комби-

нированной системе основной обработки почвы с аналогичными дозами минеральных удобрений различия в урожайности, по сравнению с отвальной системой обработки, незначимы ($НСР_{05} = 0,26$ т/га).

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ различия в урожайности озимой пшеницы между безотвальной и отвальной системами обработки почвы незначимы. При комбинированной системе обработки почвы урожайность выше на 0,33 т/га, по сравнению с отвальной системой обработки почвы.

Таблица 1 – Урожайность озимой пшеницы и окупаемость минеральных удобрений в зависимости от систем основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте (2008-2016 гг.)

Система обра- ботки почвы в севообороте	Способ обра- ботки почвы под культуру	Минеральные удобрения	Урожай- ность, т/га	Прибавка, +/- т/га		Окупае- мость удоб- рений, кг зерна / кг д.в.
				обра- ботка почвы	удоб- рения	
Водораздельное плато						
Отвальная	Отвальная	Без удобрений	2,73	—	—	—
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,49	—	+0,76	7,6
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,54	—	+0,81	4,1
Безотвальная	Безотвальная	Без удобрений	2,33	–0,40	—	—
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,08	–0,41	+0,75	7,5
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,39	–0,15	+1,06	5,3
Комбиниро- ванная	Поверхност- ная	Без удобрений	2,88	+0,15	—	—
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,40	–0,09	+0,52	5,2
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,87	+0,33	+0,99	5,0
НСР ₀₅				0,26	0,26	
Склон северной экспозиции						
Отвальная	Отвальная	Без удобрений	2,85	—	—	—
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	3,35	—	+0,50	5,0
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,29	—	+0,44	2,2
Безотвальная	Безотвальная	Без удобрений	2,44	–0,41	—	—
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	2,95	–0,40	+0,51	5,1
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	2,97	–0,32	+0,53	2,6
Комбиниро- ванная	Поверхност- ная	Без удобрений	2,40	–0,45	—	—
		N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	2,97	–0,38	+0,57	5,7
		N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	3,16	–0,13	+0,76	3,8
НСР ₀₅				0,20	0,20	

При внесении минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте урожайность озимой пшеницы достоверно ($НСР_{05} = 0,26$ т/га) повышается при всех изучаемых системах основной обработки почвы. При минимизации обработок почвы урожайность выше при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$. При безотвальной системе основной обработки почвы прибавка урожая составила 1,06 т/га, при комбинированной – 0,99 т/га, по сравнению с вариантами без внесения минеральных удобрений.

Окупаемость минеральных удобрений при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ выше, по сравнению с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$. При отвальной системе основной обработки почвы она составила 7,6 кг зерна/кг д.в., при безотвальной – 7,5 кг зерна/кг д.в., при комбинированной – 5,2 кг зерна/кг д.в. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ окупаемость при безотвальной и комбинированной системах основной обработки почвы составила соответственно 5,3 и 5,0 кг зерна /кг д.в., при отвальной системе она равнялась 4,1 кг зерна/кг д.в.

На склоне северной экспозиции (таблица 1) в зернотравянопропашном севообороте при минимизации обработок почвы урожайность озимой пшеницы достоверно снижается ($НСР_{05} = 0,20$ т/га) как в вариантах без внесения минеральных удобрений, так и с внесением минеральных удобрений, по сравнению с отвальной системой основной обработки почвы. Исключение составляет вариант с комбинированной системой основной обработки с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$, где различия в урожайности с отвальной обработкой почвы незначимы.

Урожайность озимой пшеницы, прибавки урожая от внесения минеральных удобрений и окупаемость удобрений на склоне северной экспозиции ниже, по сравнению с водораздельным плато. При отвальной системе основной обработки почвы прибавка урожая озимой пшеницы от внесения минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ составила 0,44 т/га, при безотвальной системе - 0,53 т/га, при комбинированной – 0,76 т/га, по сравнению с вариантами без внесения минеральных удобрений.

Окупаемость минеральных удобрений при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ при отвальной системе основной обработки почвы составила 5,0 кг зерна/кг д.в., при безотвальной – 5,1 кг зерна/кг д.в., при комбинированной – 5,7 кг зерна/кг д.в., при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ – соответственно 2,2 кг зерна/кг д.в., 2,6 кг зерна/кг д.в., 3,8 кг зерна/кг д.в.

Влияние изучаемых факторов на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы показано на рисунке.

Рисунок – Влияние систем основной обработки почвы и доз минеральных удобрений на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы

Как видно из рисунка, на водораздельном плато и склоне северной экспозиции применение минеральных удобрений способствовало повышению содержания клейковины в зерне озимой пшеницы по всем изучаемым системам основной обработки почвы. Системы основной обработки почвы на водораздельном плато на содержание клейковины не оказывали достоверного влияния, на склоне северной экспозиции при минимизации обработок почвы содержание клейковины снижалось, по сравнению с отвальной системой основной обработки почвы, что подтверждается результатами регрессионного анализа данных (таблица 2).

Таблица 2 – Уравнения множественной регрессии зависимости урожайности и содержания клейковины в зерне озимой пшеницы от систем основной обработки почвы и доз минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте

Показатели	Уравнения регрессии	R^2	F_{ϕ}	F_{05}
Водораздельное плато				
Урожайность	$Y=2,71+0,48X_2$	0,76	20,97	5,59
Клейковина	$K=21,70+0,59X_1X_2$	0,60	10,55	5,59
Склон северной экспозиции				
Урожайность	$Y=2,80-0,16X_1+0,28X_2$	0,73	8,24	5,14
Клейковина	$K=21,84-0,85X_1+0,88X_2$	0,77	10,17	5,14

где: X_1 – системы основной обработки почвы (0 – отвальная, 1 – безотвальная, 2 – комбинированная), X_2 – минеральные удобрения (0 – без удобрений, 1 – 100 кг/га д.в. NPK, 2 – 200 кг/га д.в. NPK)

Результаты проведенного регрессионного анализа (таблица 2) показали, что на водораздельном плато и склоне северной экспозиции системы основной обработки почвы и дозы минеральных удобрений оказывали статистически значимое влияние ($F_{\phi} > F_{05}$) на урожайность и содержание клейковины в зерне озимой пшеницы. Коэффициенты множественной детерминации R^2 показывают, что вариация урожайности зерна озимой пшеницы на 76% и 73%, содержания клейковины в зерне – на 60 и 77% связана с действием изучаемых факторов. Коэффициенты уравнения при X_2 (минеральные удобрения) по изучаемым показателям имели положительную направленность. Коэффициенты уравнения при X_1 (системы основной обработки почвы) на водораздельном плато были незначимы, на склоне северной экспозиции – имели отрицательную направленность. На водораздельном плато отмечено положительное взаимодействие обработок почвы и минеральных удобрений.

В результате проведенных исследований установлено, что на водораздельном плато и склоне северной экспозиции в зернотравянопропашном севообороте основным фактором, влияющим на повышение урожайности озимой пшеницы, содержания клейковины в зерне являются минеральные удобрения. Окупаемость минеральных удобрений выше при внесении в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$. Системы основной обработки почвы на водораздельном плато на урожайность озимой пшеницы и содержание клейковины в зерне не оказывали достоверного влияния, на склоне северной экспозиции при минимизации обработок почвы

урожайность и содержание клейковины в зерне достоверно снижались, по сравнению с отвальной системой основной обработки почвы.

Библиографический список

1. Парахин, Н.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от факторов биологизации [Текст] / Н.В. Парахин, А.Ф. Мельник // Зерновое хозяйство России, 2015. – №4. – С. 1-12.
2. Шакиров, Р.С. Факторы повышения эффективности земледелия в Республике Татарстан [Текст] / Р.С. Шакиров, М.Ш. Тагиров // Земледелие. – М., 2014. – № 7. – С. 9-12.
3. Черкасов, Г.Н. Способ основной обработки, урожай и качество зерна [Текст] / Г.Н. Черкасов, Д.В. Дубовик, Е.В. Шутов, С.И. Казанцев // Земледелие. – 2011. – №5. – С. 18-19.
4. Воронин, А.Н. Влияние элементов систем земледелия на продуктивность чернозёма [Текст] / А.Н. Воронин, В.И. Мельников // Земледелие. – М., 2014. – № 5. – С. 9-12.
5. Айдиев, А.Я. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области [Текст] / А.Я. Айдиев, В.И. Лазарев, М.Н. Котельникова // Земледелие, 2017. – №1. – С. 37-39.
6. Черкасов Г.Н. Влияние способа основной обработки почвы на качество зерна озимой пшеницы [Текст] / Г.Н. Черкасов, Д.В. Дубовик // Земледелие, 2007. – №6. – С.10-11.
7. Болучевский, Д.А. Урожайность и качество озимой пшеницы в зависимости от приемов биологизации и обработки почвы [Текст] / Д.А. Болучевский // Агрохимический вестник, 2014. – № 2. – С. 39-40.
8. Шабалкин, А. В. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от способов подготовки пара и средств интенсификации [Текст] / А.В. Шабалкин, О.М. Иванова, В.А. Воронцов, Ю.П. Скорочкин // Достижения науки и техники АПК, 2019. – Т. 33. – № 2. – С. 52-55.
9. Тютюнов, С. И. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы [Текст] / С.И. Тютюнов, П.И. Солнцев, Ю.В. Хорошилова, М.В. Емец, Ж.Ю. Горохова // Достижения науки и техники АПК, 2020. – № 5. – С. 18-23.
10. Турусов, В.И. Продуктивность культур зернопаропропашного севооборота при различных способах обработки почвы в условиях юго-востока Центрально-Черноземной полосы [Текст] / В.И. Турусов, В.М. Гармашов // Сельскохозяйственный журнал, 2019. – № 55 (12). – С. 85-101.

УДК 631.51:633.16

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Дубовик Д.В., Шумаков А.В., Дубовик Е.В.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

www.kurskfarc.ru

Резюме. В четырехпольном плодосменном севообороте изучена эффективность различных способов основной обработки почвы под яровой ячмень. В результате исследований установлено, что при переходе от вспашки к комбинированной и поверхностной обработке почвы, и далее к прямому посеву происходит существенное увеличение засоренности посевов ячменя с максимумом на фоне прямого посева. Также происходит значительное снижение урожайности зерна ячменя.

Введение. В современном сельскохозяйственном производстве большое

внимание уделяется снижению затрат энергоресурсов за счет уменьшения количества и глубины обработок почвы [1]. Значительная часть сельхозтоваропроизводителей переходит на безотвальные, поверхностные, а также различные комбинированные способы обработки почвы, вплоть до полного отказа от обработки – прямого посева. Минимизация обработки почвы способствует накоплению влаги в почве, снижению эрозионных процессов, уменьшению затрат [2]. Однако, при этом, проявляется и ряд негативных моментов, одним из наиболее значимых является увеличение засоренности посевов, а также количества насекомых вредителей [3, 4]. Также при прямом посеве может снижаться урожайность, по сравнению с посевами, где применялась механическая обработка почвы [5]. Минимальные способы обработки, а также прямой посев, получили широкое распространение на зерновых культурах, в том числе и на яровом ячмене.

Яровой ячмень является одной из ведущих зерновых культур в Центрально-Черноземном регионе, поэтому изучение влияния минимизации способов основной обработки почвы на его урожайность представляется весьма актуальным вопросом.

Целью работы было определение влияния способов основной обработки почвы на продуктивность ярового ячменя.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» в четырехпольном плодосменном севообороте со следующим чередованием культур: горохо-овсяная смесь – озимая пшеница – кукуруза – ячмень, развёрнутом в пространстве всеми четырьмя полями.

Изучалась эффективность различных способов основной обработки почвы под яровой ячмень. Схема опыта включала следующие варианты: 1 – вспашка с оборотом пласта (20-22 см); 2 – комбинированная обработка (дискование + чизель) (20-22 см); 3 – поверхностная обработка (дискование) (до 8 см); 4 – без обработки (прямой посев – No-till).

Варианты в полевом опыте размещались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60 × 100). Сорт ярового ячменя – Суздалец. Норма посева 5 млн. всхожих зерен на 1 га.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,40-5,51%, подвижного фосфора (по Чирикову) – 15,7-19,3 мг/100 г, обменного калия (по Чирикову) – 10,8-11,7 мг/100 почвы. Реакция почвенной среды слабокислая (рН 5,3-5,6).

Результаты и обсуждение. Различные способы основной обработки почвы оказывали существенное влияние на засоренность посевов ячменя (табл. 1). Самая низкая засоренность посевов отмечалась при возделывании его по отвальной обработке почвы – в среднем 76 шт./м². По мере уменьшения глубины обработки количество сорных растений значительно увеличивалось. Так, при комбинированной обработке их число повысилось в 1,63 раза, при поверхностной обработке в 2,47 раза, при прямом посеве в 3,73 раза по сравнению со

вспашкой. Такой рост засоренности посевов при минимизации основной обработки почвы объясняется накоплением семян сорных растений в верхнем слое почвы.

Таблица 1 – Влияние способов обработки почвы на засоренность посевов ячменя

Способ основной обработки почвы	Состав сорных растений, шт./м ²		Всего сорных растений, шт./м ²
	однодольные	двудольные	
1. Вспашка	36	40	76
2. Комбинированная	92	32	124
3. Поверхностная	116	72	188
4. No-till	268	16	284
НСР ₀₅	2,7	2,6	2,7

Также можно отметить изменение состава сорных растений. Если при использовании в качестве способа основной обработки вспашки количество однодольных и двудольных видов было примерно одинаковым, то с уменьшением глубины обработки однодольные виды доминировали. Особенно это проявилось при прямом посеве ячменя – число однодольных сорняков было в 16,75 раза больше, чем двудольных. Доминирующими видами однодольных сорных растений являлись: Щетинник зеленый (*Setaria viridis*), Просо куриное (*Echinochloa crusgalli*); двудольных – Осот полевой (*Sonchus arvensis*), Горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*), Щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), Марь белая (*Chenopodium album*).

Способы основной обработки почвы повлияли на некоторые показатели структуры урожая ячменя. Так, наибольшее количество продуктивных стеблей к уборке сформировалось при использовании в качестве способа основной обработки вспашки (табл. 2). При применении комбинированной обработки число продуктивных стеблей снизилось на 37 шт./м², поверхностной – на 38 шт./м², прямом посеве – на 68 шт./м². Средняя высота растений в зависимости от способа обработки почвы существенно не изменялась. Можно лишь отметить, наименьшую высоту на фоне вспашки, что очевидно связано с большей густотой стояния растений.

Таблица 2 – Влияние способов обработки почвы на элементы структуры урожая ячменя

Способ основной обработки почвы	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Высота растений, см	Количество зерен в колосе, шт.	Урожайность, ц/га
1. Вспашка	261	45	15	23,2
2. Комбинированная	224	49	16	17,3
3. Поверхностная	223	48	13	14,6
4. No-till	193	47	11	13,3
НСР ₀₅	2,3	2,6	2,2	0,5

Среднее количество зерен в колосе было наименьшим при прямом посеве – 11 шт. Также можно отметить тенденцию к уменьшению числа зерен в колосе на фоне поверхностной обработки по сравнению со вспашкой и комбинированной обработкой.

Урожайность ячменя была наибольшей на фоне вспашки. При использовании комбинированной обработки почвы урожайность снижалась на 5,9 ц/га, поверхностной обработки – на 8,6 ц/га, прямом посеве – на 9,9 ц/га. Такое снижение урожайности при минимизации обработки почвы очевидно связано с увеличением засоренности посевов, а также с уменьшением количества продуктивных стеблей.

Выводы. В результате исследований установлено, что с уменьшением глубины обработки почвы наблюдается увеличение засоренности посевов ячменя с максимумом на фоне прямого посева. Также происходит значительное снижение урожайности зерна ячменя.

Библиографический список

1. Ленточкин А.М., Ширококов П.Е., Ленточкина Л.А. Нулевая, минимальная или отвальная обработка почвы // Земледелие, 2016. – №3. – С. 9-13.
2. Бакиров Ф.Г., Петрова Г.В., Долматов А.П., Петров Д.Г. Ресурсосберегающие технологии на черноземах южных Оренбургской области // Достижения науки и техники АПК, 2014. – №5. – С. 3-5.
3. Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А. разработка технологии No-Till на черноземе выщелоченном Лесостепи Западной Сибири // Земледелие, 2011. – №5. – С. 20-22.
4. Власенко Н.Г., Садохина Т.П. Приемы агротехники, способствующие оптимизации фитосанитарного состояния посевов ячменя // Земледелие, 2010. – №6. – С. 30-31.
5. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Егорова Н.И., Штро Е.В. Совершенствование технологии возделывания ячменя в Лесостепи Западной Сибири // Земледелие, 2013. – №2. – С. 26-28.

УДК 631.51:631.582(470.55)

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЗЕРНОПАРОВОМ СЕВООБОРОТЕ

Шаталина Л.П., Агеев А.А.

ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», г.Челябинск

E-mail: lubashatalina@mail.ru

Резюме. Проведена сравнительная оценка элементов питания сельскохозяйственных культур при различных системах обработки почвы в зернопаровом севообороте. Установлено, что отвальная и минимальная система обработки почвы оказывает сильное влияние на содержание подвижного фосфора на 68-81%. Сильная зависимость содержания нитратного азота была установлена от отвальной и комбинированной системы обработки почвы на третьей культуре (яровая пшеница) на 66-77%.

Ключевые слова: система обработки почвы, севооборот, нитратный азот, подвижный фосфор, плодородие.

Современные системы земледелия в части инновационной составляющей в процессе обеспечения продукцией растениеводства представляют собой одно

из направлений по регулированию плодородия и сокращению топливно-энергетических ресурсов. Ресурсосберегающие системы обработки почвы – один из элементов систем земледелия, способные регулировать антропогенную нагрузку на биосферу и затраты ресурсов. При производстве растениеводческой продукции в части энергетических затрат 40-50% ресурсного потенциала расходуется на технологию системы обработки почвы [1]. Возрастающие потребности населения мира в продукции растениеводства по прогнозам ООН должны увеличиться не менее чем на 70% [2]. В связи с этим выдвигаются новые задачи и поиск решения их состоит в моделировании систем обработки почвы с целью увеличения продуктивности растениеводческой продукции в направлении не только экономии затрат, но и оптимизации режима питания растений. Системы обработки почвы дифференцированы по агроландшафтным зонам Южного Урала. Для внедрения инновационных технологий обработки почвы необходим автоматизированный мониторинг плодородия почв сельскохозяйственных земель по важнейшим агрохимическим показателям, это может обеспечить применение «ГИС Агроэколог Онлайн», создавая базу картографических данных [3]. Получение устойчивой продуктивности сельскохозяйственных культур обеспечивается при выборе системы обработки почвы с корректировкой по обеспечению оптимального режима питания растений. Основная часть показателей плодородия имеет значения в оптимальных для культур параметрах или в зависимости от основных элементов системы земледелия изменяется также в оптимальных границах, что является предпосылкой для снижения антропогенного воздействия на агроэкосистемы [4]. Для сохранения плодородия пахотных земель сельскохозяйственного назначения необходима экологизация современного земледелия [5]. Мировой и отечественный опыт земледелия допускает разнообразное применение ресурсосберегающих технологий [6]. Одной из проблем экологического земледелия считают развитие минимизации обработки почвы и прямого посева [7]. Наиболее важными среди элементов питания растений являются азот и фосфор.

Цель исследований была установить влияние систем обработки почвы на основные элементы питания в зернопаровом севообороте. Опыт был заложен на территории опытного поля ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в рамках выполнения государственного задания по направлению «Фундаментальные основы создания систем земледелия и агротехнологий нового поколения, с целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и производства заданного количества и качества сельскохозяйственной продукции».

Схема опыта предусматривала изучение четырёх систем обработки почвы: отвальная (контроль), комбинированная, минимальная и нулевая в зернопаровом севообороте с чередованием: пар – озимая рожь – горох – пшеница – однолетние травы – ячмень. Почва опытного участка представлена черноземом, выщелоченным маломощным среднесуглинистым с содержанием гумуса 6,6-7,3%. Система удобрений предусматривала внесение N_{20-30} P_{20-35} кг/га пашни, которые дифференцируются под отдельные культуры в зависимости от

технологии их возделывания и размещения в севообороте. При нулевой системе обработки почвы дополнительно на 1 га севооборотной площади вносится 15 кг д.в. азота.

Установлено, что системы обработки почвы в различной степени оказывают влияние на продуктивность культур севооборота. Ресурсосберегающие технологии, снижающие агрогенное воздействие на пахотный слой почвы при умеренных дозах минеральных удобрений, удерживают уровень его плодородия [8]. Однако, влияние систем обработки почвы на основные элементы питания культур в зернопаровом севообороте на чернозёме выщелоченном в условиях северной лесостепи Челябинской области изучено не достаточно.

В результате проведённых исследований установлено, что обеспеченность нитратным азотом в начале вегетации культур слоя почвы 0-40 см была более благоприятной при отвальной системе обработки почвы, на уровне средней (15-20 мг/кг) (табл.1). Характер изменений содержания нитратного азота при других системах обработки почвы является различным в зависимости от предшественника. При комбинированной и минимальной системах обработки почвы на первых четырёх культурах уровне очень низкого и низкого, а на замыкающей культуре севооборота отмечено увеличение этого показателя до среднего. Интенсивность обработки почвы способствовала усилению процессов нитрификации. При нулевой системе обработки почвы процессы нитрификации замедляются вследствие накопления корневой массы растений, пожнивных остатков и соломы, отмечается недостаток азотного питания.

Таблица 1 – Содержание нитратного азота в 0-40 см слое почвы в зависимости от систем обработки почвы и предшественников мг/кг, 2013-2019 г.

Культура/предшественник Фактор А	Система обработки почвы Фактор В				Среднее
	отвальная (контроль)	комбини- рованная	мини- мальная	нулевая	
Озимая рожь по пару	2,8	2,7	4,5	3,40	3,4
Горох	15,2	12,4	12,7	11,0	12,8
Пшеница по гороху	16,7	12,8	10,6	9,5	12,4
Однолетние травы	16,0	13,6	13,9	11,2	13,7
Ячмень	13,6	17,1	17,3	13,0	15,2
Среднее по обработке	12,9	11,7	11,8	9,6	
НСП ₀₅ A=2,84 мг/кг, НСП ₀₅ B=2,84 мг/кг,					

Выщелоченный чернозём, по мнению многих учёных, как правило, характеризуется дефицитом подвижного фосфора, поэтому припосевное внесение фосфорных удобрений при уменьшении интенсивности обработки пашни считается обязательным [9,10]. Исследования показывают, что при различных системах обработки почвы обеспеченность зернопарового севооборота подвижным фосфором в 0 - 40см слоя почвы отмечена средняя (табл.2).

Таблица 2 – Содержание подвижного фосфора в 0-40 см слое почвы под культурами полевого севооборота в зависимости от систем обработки почвы, мг/кг, 2013-2019 гг.

Культура/предшественник	Система обработки почвы				Среднее
	отвальная (контроль)	комбини- рованная	мини- мальная	нулевая	
Озимая рожь по пару	62,6	68,9	69,4	71,6	68,1
Горох	66,1	71,1	64,7	72,8	68,7
Пшеница по гороху	63,8	64,8	62,2	74,1	66,2
Однолетние травы	65,4	57,0	60,4	59,2	60,5
Ячмень	63,8	64,5	66,6	62,4	65,6
Среднее по обработке	64,3	65,3	63,4	68,0	
НСР ₀₅ A=5,70 мг/кг, НСР ₀₅ B=5,10 мг/кг не сущ.					

Более высокое содержание P_2O_5 в среднем по системам обработки почвы, отмечено на варианте с озимой рожью по паровому предшественнику и гороху. Существенно низким показателем характеризовался вариант с однолетними травами после зерновых культур, в среднем по системам обработки почвы. Лучшей обеспеченностью P_2O_5 в среднем по всем предшественникам отличался вариант с нулевой системой обработки почвы.

Интенсивность агрогенного воздействия на пахотный слой почвы при минимальных и нулевых системах обработки почв не нарушала оптимального обеспечения подвижным фосфором культур зернопарового севооборота. Норма припосевного внесения фосфорных удобрений в опыте была оптимальной.

Процесс обеспечения питания растений нитратным азотом и подвижным фосфором можно скорректировать по моделям корреляционных зависимостей этих параметров от продуктивности культур шестипольного зернопарового севооборота. Построенная модель корреляционной зависимости параметров основных элементов питания от продуктивности севооборота в зависимости от вариантов систем обработки почвы представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Корреляция содержания фосфора подвижного P_2O_5 и азота нитратного $N-NO_3$ в среднем с урожайностью культур севооборота при различных системах обработки почвы

Методом корреляционного анализа установлено, что степень влияния содержания подвижного фосфора в 0-40 см слое почвы на продуктивность культур севооборота в среднем по культурам зернопарового севооборота составляет 68-81%, при коэффициенте корреляции $r=0,82-0,89$ на фоне отвальной и минимальной систем обработки почвы. Зависимость между системой обработки почвы и содержанием нитратного азота в среднем по культурам зернопарового севооборота сильная 66-77%, при отвальной и комбинированной системах обработки почвы при коэффициенте корреляции $r=0,81-0,88$. Очень слабая зависимость 18-40% установлена между P_2O_5 и средней продуктивностью севооборота, при комбинированной и нулевой системах обработки почвы. На фоне минимальной и нулевой систем обработки почвы влияние содержания $N-NO_3$ в среднем на продуктивность севооборота составило 46-48%. Модель 1 рассматривает зависимость основных параметров питания в среднем по всем культурам севооборота от различных систем обработки почвы. Основной акцент делается на выбор системы обработки почвы.

Таким образом, корреляционный анализ между продуктивностью культур при различных системах обработки почвы и содержанием азота нитратного, а также подвижного фосфора чернозёма выщелоченного шестипольного зернопарового севооборота позволяет моделировать показатели плодородия пахотного горизонта почвы и корректировать дозы внесения минеральных удобрений в зависимости от предшественников. Минимализация систем обработки почвы не ухудшает уровень плодородия пахотного слоя чернозёма выщелоченного и обеспечивает устойчивую продуктивность севооборота.

Библиографический список

1. Тарасенко Б.Ф., Оськин С.В., Карпов С.Н., Костюченко Н.В. Имитационное моделирование для формирования ресурсосберегающих составов агрегатов обработки почвы при возделывании зерновых культур и программ «Точного земледелия» // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2016. – №2-3 (26-27). – С.155-162.
2. Войтюк В.А. Цифровые технологии в растениеводстве: отечественная практика, перспективы развития // Инновации в сельском хозяйстве. – №4 (29). – 2018. – С.311-320.
3. Костин И.Г., Малышева Е.С. Мониторинг плодородия почв с применением геоинформационных систем // Плодородие. – №1 (112). – 2020. – С.24-28. DOI:0.25680/S19948603.2020.112.08
4. Оленин О.А., Зудилин С.Н. Оптимальная модель плодородия чернозёма обыкновенного для яровой пшеницы в лесостепи Поволжья // Плодородие. – №1 (112). – 2020. – С.28-33. DOI:10.25680/S19948603.2020.112.09
5. Сатаров Г.А., Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Динамика агроэкологического состояния чернозёмов в условиях изменяющегося климата Ульяновской области // Плодородие. №2(107). – 2019. – С.50-54. DOI:10.25680/S19948603.2019.107.16
6. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Никитина Л.Б., Плотников В.А. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Земледелие – 2016. – №6. – С.16-19.
7. Кирюшин В.И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. – 2018. – №3. – С.3-8.
8. Агеев А.А., Анисимов Ю.Б., Калюжина Е.Л. Опыт применения минимальной и нулевой технологий в земледелии Южного Зауралья // АПК России. – том 27. – №1. – 2020. – С.17-23.

9. Глухих, М.А., Собянин, В.Б., Собянина, О.Б. Плодородие черноземов Зауралья и его динамика//монография. – Челябинск. – ЧГАА. – 2010. – 300 с.
10. Синещев В.Е., Ткаченко Г.И., Дудкина, Е.А. Особенности мобилизации подвижного фосфора в черноземах выщелоченных при минимизации основной обработки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – №5. – С. 5-11.

УДК 631.452; 631.459.01; 502.5; 504; 911.6

ИННОВАЦИОННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕХОДА К ВЫСОКОПРОДУКТИВНОМУ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОМУ АГРОХОЗЯЙСТВУ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Яковлева Е.П.

ФГБНУ Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
имени В.Р. Вильямса, г. Лобня, Московская обл.

E-mail: viktrofi@mail.ru

Резюме. В результате проведенного нами агроландшафтно-экологического районирования Восточно-Сибирского природно-экономического района установлено пространственное распределение биологических и экологических закономерностей в агроэкосистемах степной зоны республики Хакасия.

Summary. As a result of our agrolandshapt-ecological zoning of the East Siberian natural-economic region, the spatial distribution of biological and ecological patterns in the agroecosystems of the steppe zone of the Republic of Hakassia has been established.

Нерациональное использование сельскохозяйственных земель во многих регионах России привело к их критическому состоянию. Сохранение, регулирование и рациональное использование почвенных ресурсов агроэкосистем является важнейшей не только государственной, но и региональной проблемой.

В результате проведенного нами агроландшафтно-экологического районирования Восточно-Сибирского природно-экономического района с использованием картографических, литературных, статистических материалов установлены закономерности пространственного распределения биологических и экологических закономерностей агроэкосистем республики Хакасия. Приведен анализ состояния, необходимости биологизации и экологизации сельского хозяйства в степной зоне республики Хакасия.

Территория республики Хакасия (площадь 6156,9 тыс. га) очень неоднородна по комплексу природных условий. Западная часть занята горами Кузнецкого Алатау, восточная представлена равнинными пространствами межгорных котловин Минусинской и Чулымо-Енисейской, на юге расположены высокие хребты Западного Саяна. Климат резко континентальный. Средняя температура июля на равнинных территориях 17,7°C, января -24,0°C, осадков выпадает 340 мм в год. В горах средняя температура июля 7-20°C, осадков выпадает от 400 до 1000 мм в год.

Равнинные территории Хакасии относятся к Степной зоне, которая в Восточной Сибири носит островной характер. Горная часть республики тяготеет к Лесостепной зоне. На территории Степной зоны (С) выделена 1 провинция – Минусинская (С₁), в составе которой 2 округа – Ширинско-Уйбатский (С₁І) и

Абакано-Енисейский (С₁II). Горные территории вошли в 1 горную провинцию – Салаиро-Кузнецко-Саянскую (Г_{лс1}) и 2 округа – Кузнецко-Алатауский (Г_{лс1Г}) и Западно-Саянский (Г_{лс1ГIII}).

Степная зона. Минусинская провинция

С₁I. Ширинско-Уйбатский округ приурочен к Чулымо-Енисейской котловине. Здесь преобладают эрозионно-денудационные цокольные ландшафты. Рельеф преимущественно равнинный куэстово-грядовый, на западе холмистовалистый. Дренируется реками Чулым и Енисей, много озер. Почвенный покров представлен черноземами обыкновенными и южными. Значительно реже встречаются каштановые и темно-каштановые почвы. Луговые, лугово-болотные, солончаковые и солонцеватые приурочены к поймам и надпойменным террасам рек, прибрежным участкам озер. Лесами занято 11% территории округа. В основном это берзовые, осиново-берзовые, сосново-лиственничные леса и перелески.

Сельскохозяйственные угодья занимают 73,0% площади округа: под пашней 33,3%, под пастбищами 33,7%, под сенокосами 5,0%, под залежами 1,0%.

Преобладают степные пастбища. Луговые, лесные, залежные пастбища занимают меньшие площади. Наиболее распространены мелкодерновиннозлаковые пастбищные травостои: типчаковые, тонконоговые, житняковые разной степени сбитости. Значительны площади деградированных твердоватосочковых и полынных группировок. В южной части округа распространены крупнодерновиннозлаковые пастбища – ковыльные и овсецовые. В первом случае доминирует ковыль волосатик, в меньшем обилии ковыль сибирский, типчак, тимopheевка степная, многовидовое разнотравье. Во втором случае овсец пустынный сопровождается мелкодерновинными злаками, осочкой стоповидной, полынями. На юге округа встречаются пастбища по каменистым степям. Эти угодья пригодны под выпас мелкого рогатого скота (МРС). Травостои их невысокие, сильно изреженные. В их основе типчак, тонконог, мятлик даурский; менее обильны ковыли, пыреи, житняк, осочки; из разнотравья – лапчатки, ирис желтеющий и др. Продуктивность всех степных пастбищ низкая – преобладающие значения от 1,5 до 4 ц/га, реже 4-5 ц/га сухой массы.

Основные сенокосные угодья в округе приурочены к долинным и низинным местоположениям. Это самые урожайные, с травостоями хорошего качества кормовые угодья. Наиболее распространены злаковые полидоминантные, злаково-разнотравные, полевицево-злаково-разнотравные с полевицей гигантской, пырейно-злаково-разнотравные травостои. Втрое меньшие площади занимают засоленные луговые сенокосы с ячменево-лисохвостными, бескильничевыми, злаковыми, злаково-осоковыми солончаковыми травостоями. Средняя урожайность сена всех сенокосов 9-13 ц/га, но такие показатели характерны для благоприятных по погодным условиям лет. В сухие годы урожайность снижается до 4-6 ц/га сена. Сильно снижает урожайность и ухудшает видовой состав травостоев бессистемный выпас скота ранней весной как на пойменных, так и на низинных сенокосах.

Экологическое состояние пастбищ и сенокосов округа оценивается как

напряженно-кризисное, пашни – от напряженного на юге до кризисного на севере, лесов – кризисное [1].

С₁П. Абакано-Енисейский округ расположен в Минусинской котловине, для которой характерны равнинные древнеаллювиальные ландшафты и ландшафты возвышенных предгорий. Рельеф куэстово-грядовый с широкими межгрядовыми понижениями, в центральной части холмисто-увалистый. Гидрографическая сеть в округе развита слабо. Это р. Абакан с несколькими притоками, впадающая в Енисей, по которому проходит восточная граница округа. Почвенный покров состоит из черноземов обыкновенных и южных. На террасах долины Абакана темно-каштановые почвы. Встречаются солонцы, реже солончаки луговые. Для пойм Абакана и Енисея характерны пойменные слоистые темно-бурые, лугово-болотные почвы. Лесной растительностью занято 11% площади округа, в основном это сосновые, сосново-березовые и березовые перелески.

Более трех четвертей площади округа занимают сельскохозяйственные угодья, в том числе пашни – 33,3%, пастбища – 36,9%, сенокосы – 3,3%, залежи – 1,7%.

Среди пастбищных травостоев наибольшие площади занимают мелкодерновиннозлаковые разной степени сбитости. Значительные площади, главным образом на солонцеватых почвах, заняты овсецовыми травостоями и их производными. При интенсивном выпасе этих степей возрастает обилие осочки стоповидной и ириса двучешуйного, иногда последний разрастается, образуя сплошные заросли. Особенно быстрое зарастание ирисом происходит при перетравливании пастбищ на пониженных элементах рельефа. Такие участки можно отнести только к зимним пастбищам, поскольку летом ирис двучешуйный практически не поедается скотом. В западной части округа встречаются каменистые степи, травостои которых при умеренном выпасе пригодны для МРС, особенно ранней весной. Также они могут использоваться в качестве зимних пастбищ, поскольку располагаются по вершинам и южным склонам холмов, где снега всегда мало. Имеющиеся в округе залежи используются в основном как пастбища для крупного рогатого скота. Среди залежных травостоев наиболее распространены пырейные, полынные, вострецовые, часто с большой долей бурьянистого разнотравья. На юге округа встречаются незначительные площади самых низкопродуктивных песчаных пастбищ.

Основные площади природных сенокосов расположены в пойме Абакана. Здесь наиболее распространены злаковые полидоминантные, кострцовые и пырейные луга с урожайностью около 12 ц/га сена. Выкашиваются также долинные и низинные солончаковые луга с ячменевыми, бескильницевыми, лисохвостными травостоями производительностью 6-11 ц/га, а по отдельным типам 4-9 ц/га сена. Низкая урожайность связана с практикой весеннего выпаса скота на сенокосах.

Экологическое состояние земельных угодий в округе – пашни, ПКУ, лесов – оценивается как напряженное [1].

Приоритет в биологизации и экологизации сельского хозяйства связан с

многолетними травами и травяными экосистемами, которые являются основными почвообразователями и обеспечивают устойчивость сельскохозяйственных земель к воздействию засух, эрозии, дефляции.

Основным источником пополнения запасов гумуса и азота в почвах являются многолетние травы. В рациональной структуре посевных площадей должно быть максимальное количество многолетних трав и бобовых культур (не менее 20-25%) [2].

В Хакасии кормовые травы и прочие кормовые культуры в структуре посевных площадей занимают 61% [3], причем преобладают посевы многолетних трав, используемые на сено, зеленый корм, силос, сенаж. Однако этого явно недостаточно, т. к. потери гумуса не снижаются.

Внесение удобрений на пашни республики критически низкое. составило 0,3 т органических и 4,0 кг минеральных удобрений на 1 га пашни. Исследования показали, что воспроизводство органического вещества в республике и предотвращение дегумификации возможно при условиях наличия в севообороте 40% многолетних трав, мелкой обработке почвы и совместном внесении навоза с минеральными удобрениями [4,5].

Библиографический список

1. Эколого-географическая карта Российской Федерации. М 1:4000000. Географический ф-т МГУ, 1996. Роскартография, 1996.
2. Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Экологические проблемы черноземов в агроландшафтных исследованиях / Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны, VII съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, материалы докладов, ч. I, Белгород, 15-22 августа 2016.
3. Сельское хозяйство Хакасии [электронный ресурс]: Экспертно-аналитический центр агробизнеса. WWW. ab-centre.ru, дата обращения 01.12.2019.
4. Карбутов А.П., Уваров Г.И. Гумусное состояние чернозема типичного в зависимости от интенсивности использования (Почвоведение - продовольственной и экономической безопасности страны, VII съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, материалы докладов, ч. I, Белгород, 15-22 августа 2016.
5. Градобоева Н.А., Елизарьев В.В., Игнатенко Л.П., Сиренева Н.В. Состояние почвенного плодородия пахотных почв Республики Хакасия // Плодородие. – 2011.– №2(59)

УДК 631.421: 631.6.02

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Сухановский Ю.П.

ФБГНУ Курский ФАНЦ, г. Курск

E-mail: soil-er@kursknet.ru

Резюме. Рассмотрено возможное применение методов математического и физического моделирования для оценки долгосрочных последствий агротехнологий (оценка урожайности, запасов гумуса, эрозии почвы, впитывающей способности почвы, потери из почвы растворённых веществ).

Abstract. The application of mathematical and physical modeling methods to assess the long-term consequences of agricultural technologies is considered (assessment of crop yield, humus reserves, soil erosion, soil infiltration capacity, loss of soluble substances from the soil).

На ближайшее будущее к приоритетному направлению определён «переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству» [1]. Для этого требуются агротехнологии, обеспечивающие повышение урожайности, сохранение почвы и окружающей среды. Полевые опыты, по своей сути, представляют испытание разных вариантов агротехнологий производства растениеводческой продукции (далее – просто технологии). Достоверные результаты испытаний должны отвечать на следующие вопросы: 1) Какую урожайность можно ожидать? 2) Как технология повлияет на почву и на окружающую среду? Для ответа на эти вопросы необходимы специальные данные и методы. Прогресс в науке определяют, в частности, новые методы, приборы и установки. Рассмотрены методы математического и физического моделирования для оценки ожидаемой урожайности и некоторых почвенных процессов, влияющих на состояние почвы и на состояние окружающей среды.

Использование методов математической статистики для оценки урожайности. В полевых опытах для каждой культуры в каждом варианте технологии получают ряд значений урожайности: $\{Y_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$, где Y_i – урожайность с порядковым номером i , n – количество значений урожайности. Если урожайность получена за каждый год, то n равняется продолжительности испытаний технологии. Поскольку урожайность зависит от случайных факторов (например, от метеоусловий), то урожайность Y является случайной величиной. Указанный выше ряд называют случайной выборкой с объёмом n . Для случайной величины полной характеристикой является её функция распределения вероятности. Она является математической моделью урожайности как случайной величины. Зная функцию, можно решать много разных задач. Для поиска этой функции используют выборку и критерии для проверки гипотез, что рассматриваемая функция описывает эту выборку. Для разных выборок урожайности (для разных технологий) была подтверждена гипотеза, что усечённое нормальное распределение описывает эти выборки и оно очень близко к нормальному распределению [2, 3]. Используя функцию нормального распределения и его свойства, можно для каждой технологии оценивать следующие характеристики урожайности: достоверность средней урожайности за произвольное количество лет; достоверность разницы урожайностей для двух разных технологий; риск (вероятность), что урожайность может быть меньше любого заданного её значения; необходимую продолжительность испытаний; репрезентативность выборки; ожидаемую урожайность (т.е. прогноз). Анализ данных урожайности, полученных в полевых опытах [3], привёл к выводу, что продолжительность испытаний должна быть не менее 15 лет. За такое время технология может устареть. Предложен метод, который позволит значительно сократить продолжительность испытаний [3]. Эти простые и доступные методы существенно увеличивают и улучшают информативность технологии и сокращают продолжительность её испытания. На применение методов требуются очень малые затраты.

Использование методов математического моделирования для оценки некоторых почвенных процессов. Оценка изменения запасов гумуса. От запасов

гумуса в слое почвы 0 – 50 см зависит урожайность [4, 5]. Этот параметр почвы оценивает её качество относительно производства растениеводческой продукции. Чтобы достоверно оценивать его изменение требуется период наблюдений не менее 20 лет [6]. За это время испытываемая технология устареет. Для почвы с горизонтальной поверхностью ранее разработана математическая модель, описывающая динамику процессов трансформации органического вещества в почве, которая с погрешностью 2,5% описывает изменение запасов гумуса за 20 лет [6]. Для сравнения, погрешность метода определения содержания гумуса в почве больше в четыре раза и равняется 10% [7]. Для использования этой модели необходимо задать: запасы гумуса в начале испытания, урожайности культур в севообороте, дозы внесения органического удобрения (навоза) и интересующий интервал времени. На всё это требуется очень мало времени.

Оценка водной эрозии почвы (т.е. стока воды и потери почвы при выпадении дождей и при весеннем снеготаянии). По данным американских учёных для дождевой эрозии необходимо проводить наблюдения не менее 22 лет [8], чтобы получить достоверное значение среднемноголетних потерь почвы. За это время испытываемая технология устареет. Ранее разработана математическая модель водной эрозии почв, которая с погрешностью 13% оценивает потери почвы за 200 лет [9]. Для её использования нужно задать: гранулометрический состав почвы; севооборот; даты стадий развития растений и проведения агротехнических мероприятий; обработку почвы; длину, уклон и экспозицию склона; интервал времени, для которого необходимо рассчитать водную эрозию. Важно: испытание технологии не обязательно проводить на склоне. Модель даёт возможность провести моделирование для склонов. На всё это требуется очень мало времени. Результаты моделирования также можно использовать для заиления водных объектов. При известном содержании химических веществ в почвенных частицах и в стекающей воде результаты можно использовать для оценки эвтрофикации и загрязнения водных объектов.

Оценка динамики эрозии почвы, трансформации органического вещества в почве и почвообразования. Ранее для склонов разработана комплексная модель, описывающая динамику этих процессов [10]. Результатом моделирования является долгосрочная динамика мощности гумусового слоя и запасов гумуса в почве. Для чернозёмных почв Курской области погрешность расчётов за 200 лет для мощности гумусового слоя равняется 13%, для запасов гумуса – 15%. Эту модель можно использовать и при отсутствии эрозии (для опытов на горизонтальных участках). Размещать опыт на склонах не обязательно. Для испытываемой технологии модель даёт возможность провести моделирование для склонов. На всё это требуется очень мало времени.

Использование методов физического моделирования для оценки некоторых почвенных процессов. Ранее разработаны три таких метода дождевания для оценки смыва почвы, впитывающей способности почвы и потерь из почвы растворённых веществ (биогенных и тяжёлых металлов). Физическое моделиро-

вание основано на понятии подобия объектов и на критериях подобия. Наглядным примером является «продувка» физической модели (макета) самолёта в аэродинамической трубе. Самолёт является оригиналом. Условно примем его длину 20 м. В аэродинамической трубе проводится «продувка» его копии (модели), уменьшенной в 20 раз, т.е. длиной 1 м. При выполнении критериев подобия результаты измерений на модели можно использовать для оригинала, т.е. для самолёта. Достоинства этих методов следующие: 1) если с оригиналом невозможно провести эксперимент, то его можно провести с моделью; 2) затраты на эксперимент с моделью намного меньше, чем с оригиналом. Принято: любые дожди (искусственные и естественные) являются подобными, если при выпадении на одинаковую почву они производят одинаковый эффект (например, одинаковый смыв почвы, одинаковый сток, одинаковые потери из почвы растворённых веществ). В начале были предложены два критерия подобия [11]: A – эрозионная характеристика искусственных дождей; AI – эрозионный индекс естественных дождей. Между ними выполняется равенство

$$AI = 2,3 \times 10^4 A. \quad (1)$$

Применение критериев подобия заключается в следующем. Для искусственных дождей (по данным дождевания) получаем от эрозионной характеристики A линейную зависимость для смыва почвы, а для впитывающей способности почвы экспоненциальную зависимость. Используя равенство (1), заменяем эту характеристику на индекс AI . В результате получаем зависимости для любых естественных дождей. Для смыва почвы на стоковой площадке должен происходить размыв почвы потоком воды. Достаточно, чтобы длина площадки была 3 м, а ширина 1 м. Для этого использована большая дождевальная установка (ДУ). Для впитывающей способности почвы использовали портативную ДУ со стоковой площадкой в форме круга площадью 0,05 м² (в 60 раз меньше). По данным наблюдений была проведена проверка критериев подобия. Например, для впитывающей способности почвы проверка проведена следующим образом. Были использованы данные наблюдений за стоком [12], который образовывался при выпадении естественных дождей за 28 лет на водосбор с площадью 5 га. Это оригинал. Его физической моделью может быть портативная дождевальная установка, создающая искусственный дождь для стоковой площадка размером 0,05 м² (меньше оригинала в 1 миллион раз). Измеренный средний слой стока 1,2 мм/год, а рассчитанный по методу дождевания 1,0 мм/год, т.е. на 17% меньше. Это означает, что экспериментальные данные, полученные при дождевании, можно использовать для естественных дождей, выпадающих на большую площадь за многолетний период наблюдений. Этот метод [13] включен в Глобальную базу данных по измерению инфильтрации почвы [14], разработанную авторами, представляющими 94 научные организации из 54 стран.

Установлено глобальное загрязнение почвы [15], в частности тяжёлыми металлами [16, 17], которые с дождевым стоком загрязняют водные объекты. При дождевом стоке происходят потери из почвы биогенных веществ, которые

также загрязняют водные объекты [18]. Для физического моделирования потерь из почвы растворённых веществ принят третий критерий подобия: содержание их в воде искусственного и естественного дождя должно быть одинаковое. Для этих исследований можно использовать портативную дождевальную установку. В России отсутствуют систематические натурные наблюдения за потерей из почвы растворённых веществ при выпадении дождей. Поэтому метод дождевания является единственным методом экспериментальных исследований этих процессов (полученные данные можно использовать для естественных дождей).

Вывод: применение методов математического и физического моделирования обеспечивает возможность существенно увеличить и улучшить информативность результатов испытания агротехнологий, а также сократить затраты на проведение этих испытаний.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации»
2. Сухановский Ю.П., Дубовик Д.В., Виноградов Д.Ю. Оценка влияния детерминированных и случайных факторов на урожайность зерновых культур // *Агрофизика*. 2011. – № 4. С. 10-15.
3. Оценка ожидаемой урожайности по данным краткосрочных полевых опытов / Д.В. Дубовик, Ю.П. Сухановский, Л.Б. Нитченко, А.В. Прущик // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 8. С. 5–9. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10801.
4. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Санжарова С.И. Оценка и динамика ресурсов чернозёмов и серых лесных почв сельскохозяйственных угодий Курской области // *Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2013. – №6. – С. 53-59.
5. Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Санжарова С.И. Зависимость урожайности зерновых и пропашных культур от запасов гумуса в чернозёмах и серых лесных почвах // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2014. – № 4. – С. 49-52.
6. Долгосрочное прогнозирование изменения запасов гумуса в почве / Ю.П. Сухановский, Н.П. Масютенко, С.И. Санжарова, А.В. Прущик // *Земледелие*. – 2010. – № 4. – С. 22-25.
7. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества
8. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses. *Agricultural handbook* № 537. Washington. – 1978. – 65 p.
9. Сухановский Ю.П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы. // *Почвоведение*. – 2013. – №4. – С. 474-481.
10. Сухановский Ю.П., Санжарова С.И., Прущик А.В. Модель динамики содержания гумуса в эродированном чернозёме Центрального Черноземья // *Агрохимия*. – 2011. – № 12. – С. 45-52.
11. Sukhanovski, Y.P., Ollesh, G., Khan, K.Y., Meisner, R. A New Index for Rainfall Erosivity on a Physical Basis // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2002. 165. – P. 51-57.
12. Сухановский Ю.П. Зависимость инфильтрации от эрозионной характеристики дождя // *Почвоведение*. – 2003. – № 10. – С. 1248-1257.
13. Assessment of soil infiltration capacity by using portable rainfall simulator / Y.P. Sukhanovskij, V.A. Vitovtov, A.V. Prushchik et al. // *Dokuchaev Soil Bulletin*. – 2015. – Vol. 78. – P. 26-35.
14. Development and analysis of the Soil Water Infiltration Global database / M. Rahmati, L. Weihermuller, J. Vanderborght et al. // *Earth System Science Data*. – 2018. – Vol. 10. – P. 1237-1263. doi: 10.5194/essd-10-1237-2018.
15. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Italy: Rome, 2015

[Электронный ресурс] URL: <http://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf> (Дата обращения: 08.06.2020).

16. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. Тяжелые металлы в склоновом агроландшафте. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. – 170 с.

17. Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование / под редакцией чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, к.б.н. П.Н. Цынгвинцева. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019. – 398 с.

18. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Современные особенности и динамика баланса биогенных веществ в бассейне реки Кудьмы 1. Годовой баланс биогенов // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47. – № 2. – С. 151-161. doi: 10.31857/S0321059620020030.

УДК 519.22

ДВУХФАКТОРНАЯ ПОЛНАЯ ФАКТОРИАЛЬНАЯ СХЕМА ОПЫТА 4x2

Цыгуткин А.С.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»

E-mail: asz.ru@mail.ru

Аннотация. Двухфакторная полная факториальная схема опыта 4x2 включает четыре повторения, которые разбиты на три типа повторений (столбцы по вертикали, прямоугольники по горизонтали и вертикали), которые выровнены между собой.

Ключевые слова. Двухфакторная полная факториальная схема опыта, тип повторения, полевой опыт.

Теория планирования эксперимента включает большое количество факториальных схем опыта [1-9]. Многие из них прошли экспериментальную проверку, которая показала возможность их использования в полевых, микрополевых, вегетационных и лабораторных опытах [10-12]. Разнообразие сконструированных схем опыта не позволяет утверждать, что их количество даёт возможность исследователю гарантированно выбрать ту схему опыта, которая позволит эффективнее решить поставленную перед исследователем задачу.

Ежегодно на рынок поступают новые товары, отличающиеся по своим свойствам от аналогичных предшественников. Это требует постоянной корректировки существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, изучения их влияния на плодородие почвы, величину урожай и качество продукции [13-14].

Для решения данной проблемы спланирована полная факториальная двухфакторная схема 4x2, включающая четыре повторения по 8 вариантов и предназначенная для изучения факторов, имеющих количественные градации (табл. 1). Общее число делянок – 32. Такое количество делянок даёт возможность придать опыту форму латинского прямоугольника, где число вариантов кратно числу повторений. Схема спланирована таким образом, что в ней можно выделить три типа повторений: столбцы по вертикали, прямоугольники по горизонтали и вертикали (табл. 2).

При составлении схемы применена цифровая кодировка вариантов: первая по порядку цифра соответствует первому фактору, вторая – второму, а её

значение – градации фактора. Схема позволяет изучать два фактора, в т.ч. четыре градации (включая нулевую) первого фактора и две градации – второго. С учётом повторений схема остаётся столь обширной, что из-за пестроты плодородия почвы могут возникнуть трудности при обеспечении приемлемой точности. Сохранение точности полевого опыта возможно при использовании метода блоков [15-16]. Суть его состоит в разделении всех повторений на группы со специально подобранными вариантами. Варианты, набранные в компактные группы, называемые блоками, равнозначны в отношении главных эффектов и взаимодействий факторов. Благодаря этому ошибка эксперимента определяется варьированием плодородия почвы не внутри повторения, а внутри его части – блоке и находится на уровне обычного маловариантного опыта, что позволяет без потери в точности включать в опыт достаточно большое число вариантов. Характерной особенностью схемы является однократная блокировка вариантов внутри повторения.

Таблица 1 – Схема размещения вариантов в опыте 4x2

00 (1)	10 (9)	21 (17)	31 (25)
11 (2)	01 (10)	30 (18)	20 (26)
21 (3)	31 (11)	00 (19)	10 (27)
30 (4)	20 (12)	11 (20)	01 (28)
01 (5)	11 (13)	20 (21)	30 (29)
10 (6)	00 (14)	31 (22)	21 (30)
20 (7)	30 (15)	01 (23)	11 (31)
31 (8)	21 (16)	10 (24)	00 (32)

Примечание 1. **00, 11, ..., 00** – закодированные варианты схемы опыта.

Примечание 2. В круглых скобках цифры 1, 2, ..., 32 – номера делянок.

Всего схема опыта содержит шестнадцать блоков внутри двух типов повторений (столбцы по вертикали и прямоугольники по вертикали), каждый из которых включает в себя четыре специально подобранных варианта. Внутри одного блоков варианты встречаются один раз. Признаком однородности блоков в отношении главных эффектов и парном взаимодействий факторов является наличие у каждого из двух факторов внутри блоков всей совокупности градаций от нуля до трёх у первого фактора и от нуля до единицы у второго. При этом каждая из градаций первого фактора встречается в блоке один раз, а второго факторов – по два раза. Кроме того, сумма чисел всех градаций каждого из факторов внутри блока равна 8, сумма произведений двух чисел – 3, сумма квадратов чисел – 1462.

Использование положений теории информации эксперимента позволяет оценить информативность полной факториальной схемы 4x2 и на основе этого

финансировать исследования по объёму получаемой информации [17-18]. Общее количество информации составляет три единицы информации (бит), в т.ч. на одну делянку приходится 0,09375 бит.

Таблица 2 – Состав повторений полной факториальной схемы 4x2

Тип повторения	Номер повторения	Номера делянок, в составе повторения
Столбцы по вертикали	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
	2	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
	3	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
	4	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32
Прямоугольники по вертикали	5	1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12
	6	5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16
	7	17, 18, 19, 20, 25, 26, 27, 28
	8	21, 22, 23, 24, 29, 30, 31, 32
Прямоугольники по горизонтали	9	1, 2, 9, 10, 17, 18, 25, 26
	10	3, 4, 11, 12, 19, 20, 27, 28
	11	5, 6, 13, 14, 21, 22, 29, 30
	12	7, 8, 15, 16, 23, 24, 31, 32

Теоретически средние урожаи по блокам должны быть равными, чего, как правило, не случается из-за неоднородности плодородия почв опытного участка. Отличие средних урожаев по блокам от среднего урожая повторения объясняется не разным составом вариантов, входящих в блоки, а неоднородностью почвенного плодородия внутри блоков. Эти различия устраняются через корректировку данных.

Корректировка данных позволяет учесть и исключить неоднородность плодородия почвы между блоками, тем самым снизить ошибку опыта. Корректировку проводят по обычной схеме, которая используется у неполных факториальных схем. После проведения корректировки данных можно приступать к их математической обработке дисперсионным, корреляционным или регрессионным методами анализа.

Обработку данных дисперсионным методом анализа проводят по алгоритму, используемому при расположении вариантов в полевом опыте методом латинского прямоугольника [19-21].

Разработка теоретических основ опытного дела, дает возможность шире использовать факториальные схемы при закладке и проведения полевых, но и демонстрационных опытов, позволяет повысить их эффективность, получая больший объём информации по сравнению с не факториальными схемами [22].

Библиографический список.

1. Агрохимический словарь. Термины и определения. Под общ. ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 1999. – 48 с.
2. Перегудов В.Н. Задачи и особенности закладки многофакторных длительных опытов с удобрениями // Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 3. Под общ. ред. В.Д.Панникова. – М.: ВИУА, 1976. – С. 52-79.

3. Проведение многофакторных опытов с удобрениями и математический анализ их результатов (методические указания). Под общей редакцией В.Н.Перегудова. – М.: 1976. – 112 с.
4. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка их результатов. – М.: «Колос», 1978. – 184 с.
5. Перегудов В.Н., Иванова Т.И., Сошникова М.И. Методика постановки и математическая обработка результатов полевого опыта по изучению закономерностей действия минеральных удобрений, поставленного по неполной факториальной схеме 1/9 (6х6х6) // Агрохимия. – 1978. – №10. – С. 122-132.
6. Иванова Т.И., Рубанов В.С., Юршевич А.С. Экспериментальная проверка факториальной схемы 4х4х4 при изучении зависимости урожая и качества зерна озимой пшеницы от доз удобрений // Агрохимия. – 1975. – №7. – С. 130-136.
7. Цыгуткин А.С. Особенности планирования и конструкции неполной факториальной схемы 1/16(8х8х8) с последующей подготовкой данных опыта для статистической обработки // Доклады РАСХН. – 2001. – №2. – С. 30-32.
8. Цыгуткин А.С. Особенности планирования и конструкции полной факториальной схемы 4х2х2 для изучения эффективности применения агрохимических средств при возделывании сельскохозяйственных культур // Материалы Всероссийского совещания Географической сети опытов с удобрениями «Экологические функции агрохимии в современном земледелии» (Москва, 27-28 февраля 2008 г.). – М.: ВНИИА, 2008. – С. 236-238.
9. Цыгуткин А.С. Двухфакторная неполная факториальная схема опыта $\frac{1}{2}(6 \times 6)$ и ее использование в полевом опыте // Агрохимия. – 2013. – №4. – С. 81-86.
10. Иванова Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с.
11. Иванова Т.И., Цыгуткин А.С., Костина Л.П. Изучение влияния доз и сроков внесения азотных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы на основе постановки опыта по неполной факториальной схеме // Агрохимия. – 1999. – №4. – С. 56-60.
12. Иванова Т.И., Цыгуткин А.С., Костина Л.П. Изучение влияния доз и сроков внесения азотных удобрений на физические свойства зерна озимой пшеницы на основе постановки опыта по неполной факториальной схеме // Агрохимия. – 1999. – №5. – С. 41-47.
13. Сычев В.Г., Цыгуткин А.С. Продовольственная безопасность страны и мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения // Плодородие. – 2003. – №5. – С. 6-9.
14. Гатаулина Г.Г., Цыгуткин А.С. Основа белковой независимости России // Белый люпин. – 2014. – №2. – С. 2-6.
15. Перегудов В.Н., Иванова Т.И. К вопросу о главных эффектах и взаимодействии факторов в многофакторных опытах с удобрениями. Сообщение 1 // Агрохимия. – 1979. – №9. – С. 110-118.
16. Перегудов В.Н., Иванова Т.И. Эффективность метода блоков в уточнении данных полевых многофакторных опытов с удобрениями. Сообщение 2 // Агрохимия. – 1980. – № 2. – С. 135-140.
17. Цыгуткин А.С. Информативность опыта и ее оценка // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – №6. – С. 45-46.
18. Цыгуткин А.С., Кустова А.А., Стоянова Т.А. Концептуальный подход к изучению вопросов экономики полевого опыта // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №3. – С. 5-7.
19. Цыгуткин А.С. Методология статистической обработки многолетних данных опыта. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 27 с.
20. Цыгуткин А.С. О возможности трансформации повторения во времени в дополнительный фактор схемы опыта // Агрохимия. – 2002. – №2. – С. 77-85.
21. Цыгуткин А.С. Главные эффекты и взаимодействия факторов в многофакторном опыте // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – №5. – С. 53-56.
22. Цыгуткин А.С. Демонстрационный опыт в системе методов опытного дела // Агрофизика. – 2012. – №2. – С. 37-42.

**ПОКАЗАТЕЛИ ПРИЗНАКОВ КАЧЕСТВА НОВЫХ СОРТОВ РИСА
СЕЛЕКЦИИ «ФНЦ РИСА» В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ**

Кумейко Т.Б., Туманьян Н.Г.
ФГБНУ «ФНЦ риса», г. Краснодар
E-mail: tatkumejko@yandex.ru

***Резюме.** Изучены технологические признаки качества зерна новых сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» (Наутилус, Диамант, Каурис, Романс), в экологическом сортоиспытании в полевых условиях на ЭСОС «Красная» Красноармейского района Краснодарского края по двум предшественникам озимой пшенице и люцерне в 2019 году. Сорта риса, обладали достоверно различными признаками качества зерна. Лучшее качество по предшественникам - озимая пшеница, люцерна имел сорт риса Каурис.*

В реестре селекционных достижений Российской Федерации из 69 сортов риса, допущенных к использованию, 35 сорта риса – кубанской селекции [4]. Новые сорта риса позволяют увеличить урожайность, улучшить качество зерна в условиях оптимальных сортовых технологий возделывания. Актуальность исследований заключается в изучении новых сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса», выращенных в экологическом сортоиспытании в зависимости от предшественников для прогнозирования качества урожая.

Цель исследования – изучить технологические признаки качества зерна новых сортов риса Наутилус, Диамант, Каурис, Романс селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» и определить лучший предшественник в экологическом сортоиспытании в связи с признаками качества зерна.

Материалы и методы исследования. Материалом исследований служили сорта селекции ФГБНУ «ФНЦ риса»: Наутилус, Диамант, Каурис, Романс и Флагман (стандарт), выращенные в 2019 г. в экологическом сортоиспытании на ЭСОС «Красная» Красноармейского района Краснодарского края. В Красноармейском районе почвы рисовые, лугово-черноземные, мощность гумусового горизонта – 100-130 см, содержание гумуса – 2,8-3,7%, содержание общего азота и фосфора соответственно 0,20-0,25 и 0,18-0,20%. Содержание легкогидролизуемого азота 5-7 мг/100 г, подвижного фосфора 2-3 мг/100 г, pH – 7,1. Плёнчатость определяли по ГОСТу – 10843-76 [1], стекловидность – по ГОСТу 10987-76 и трещиноватость – по ГОСТу 10987-76 [2], линейные размеры зерновки и индекс шелушенной зерновки на сканере (система анализа изображений LA 2400, WinFOLIA, WinRHIZO, WinSEEDLE, Канада) с использованием компьютерной программы Seedling Математическую и статистическую обработку данных проводили по методикам Дзюбы [3].

Результаты исследований. В связи с актуальностью прогнозирования качества урожая новых сортов селекции ФНЦ риса следует изучить комплекс технологических признаков в зависимости от предшественника в экологическом сортоиспытании. Данные по технологическим признакам качества новых

сортов риса Наутилус, Диамант, Каурис, Романс экологического сортоиспытания на ЭСОС «Красная» Красноармейского района Краснодарского края урожая 2019 г. представлены в таблицах 1, 2. Сорта риса Флагман и Диамант отнесены к короткозерным сортам, Наутилус, Каурис и Романс к среднезерным сортам риса.

Таблица 1 – Технологические признаки качества сортов риса Наутилус, Диамант, Каурис, Романс по предшественнику озимая пшеница, урожай 2019 г.

Сорт	Пленчатость, %	Стекловидность, %	Трещиноватость,%	Индекс зерновки, l/b
Флагман, стандарт	17,6	90	11	2,0
Наутилус	16,0	91	10	2,1
Диамант	18,4	93	7	2,0
Каурис	16,4	95	6	2,3
Романс	16,0	91	10	2,1
НСР ₀₅	1,13	1,2	1,4	0,18

Таблица 2 – Технологические признаки качества сортов риса Наутилус, Диамант, Каурис, Романс по предшественнику люцерны, урожай 2019 г.

Сорт	Пленчатость, %	Стекловидность, %	Трещиноватость,%	Индекс зерновки, l/b
Флагман, стандарт	19,0	93	19	2,0
Наутилус	19,8	96	17	2,1
Диамант	19,2	95	25	2,0
Каурис	18,8	95	11	2,3
Романс	17,4	93	9	2,1
НСР ₀₅	1,10	1,2	1,3	0,18

Пленчатость у всех сортов риса по предшественнику люцерны средняя и находится в пределах от 17,4 до 19,8%, по предшественнику озимая пшеница средняя и низкая (Наутилус и Романс по – 16,0%). Стекловидность у сортов риса по предшественнику люцерны высокая у Наутилуса (96%), что на 5% выше по отношению к сорту, выращенному по предшественнику озимая пшеница, у Диаманта по предшественнику люцерны стекловидность увеличилась на 2% и стала высокой (95%). По градациям признака «стекловидность» независимо от предшественника сорта риса Флагман и Романс отнесены к группе со средней стекловидностью (90-93%). Трещиноватость эндосперма зерновки у сортов риса по предшественнику озимая пшеница низкая (6-10%), исключение сорт Флагман со средней трещиноватостью (11%). У сортов риса, выращенных по предшественнику люцерны, трещиноватость средняя (11-25%), исключение Романс с низкой трещиноватостью (9%).

Выводы. Изучены технологические признаки качества зерна новых сортов селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» по двум предшественникам в экологическом сортоиспытании ЭСОС «Красная» Красноармейского района Краснодар-

ского края в полевых условиях в 2019 г. Сорта достоверно обладали различными признаками качества зерна. У сорта риса Диамант по предшественнику люцерны увеличивается трещиноватость эндосперма зерновки в 3,6 раза по отношению к показателю при возделывании по предшественнику озимая пшеница. Лучшее качество имел сорт риса Каурис при возделывании по разным предшественникам.

Библиографический список

1. ГОСТ 10843-76. Метод определения пленчатости; введ. 1976-07-01. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 11 с.
2. ГОСТ 10987-76. Метод определения стекловидности; введ. 1977-06-01. – Москва: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 53 с.
3. Дзюба, В.А. Многофакторный опыт и методы биометрического анализа экспериментальных данных / В.А. Дзюба // Методические рекомендации (доп.). – Краснодар. – 2007. – 76 с.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 680 с.

УДК 635.63:631.82

УРОЖАЙНОСТЬ ОГУРЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Селиванова М.В., Айсанов Т.С.

ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ, г. Ставрополь

seliwanowa86@mail.ru

Резюме. Целью исследований была оценка урожайности огурца в условиях защищенного грунта в зависимости от применения подкормок органоминеральными удобрениями. Огурец выращивали методом малообъемной технологии. В статье приведены данные по урожайности и выходу стандартной продукции огурца.

Summary. The purpose of the research was to evaluate the yield of cucumbers in protected soil conditions, depending on the application of organo-mineral fertilizers. Cucumber was grown using low-volume technology. The article presents data on the yield and yield of standard cucumber products.

В защищенном грунте Российской Федерации огурец лидирует по площадям и выращивается в зимне-весенней культуре (занимает 60-70% зимних теплиц), в весенне-летней (85-90% весенних теплиц, выращивается в них после рассады), в летне-осенней (15-20% всех площадей теплиц).

Урожайность огурца и качество получаемого урожая в значительной мере зависит от условий внешней среды. Существует целый ряд приемов, направленных на повышение продуктивности данной культуры. Одним из перспективных направлений повышения продуктивности огурца и качества его урожая, кроме создания новых высокопродуктивных сортов и гибридов, является регуляция роста в зависимости от подкормок органоминеральными удобрениями, в состав которых входят биологически активные вещества.

Цель исследований – оценка урожайности огурца в условиях защищенного грунта в зависимости от применения подкормок органоминеральными удобрениями.

Опыт был заложен в зимней остекленной теплице шестой световой зоны. Огурец выращивали в зимне-весенний оборот 2020 г. методом малообъемной технологии.

Объектами исследования были растения огурца Артист F1, Мамлюк F1, органоминеральные удобрения Максифол Рутфарм, Аминофол Плюс, Басфолиар Актив, Квик-Линк. Удобрения применяли в качестве корневых и внекорневых подкормок.

В течение всей вегетации огурца на минераловатном субстрате, имеющем нулевое плодородие, применяли стандартные по периодам выращивания растворы. Эти растворы с соответствующим сбалансированным соотношением элементов питания, уровнями pH и ЕС были контролем и фоном для всех вариантов опыта (табл. 1).

Таблица 1 – Состав питательных растворов для огурца

Период	ЕС, мСМ/см	pH	Элемент питания, мг/л					
			N- NH ₄ ⁺	N- NO ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺ +	P ⁵⁺
Рассада Запитка минераловатных матов, кубиков	1,8-2,0	5,7	10	220	220	220	60	40
Первые 4-6 недель после посадки	2,2-2,4	5,7	10	220	270	180	40	40
Период массового плодоношения	2,4-2,6	5,7	10	220	310	200	65	40

Сборы огурца проводили по мере созревания плодов. В конце оборота определяли общую урожайность культуры. Урожайность огурца изменялась в зависимости от применяемых согласно схеме опыта органоминеральных удобрений, которые вносили на фоне основного минерального питания в качестве внекорневых и корневых обработок, в результате урожайность огурца увеличилась относительно контроля в среднем по опыту на 0,8-2,8 кг/м².

При внекорневой подкормке огурца удобрением Аминофол Плюс, содержащего макроэлементы и комплекс аминокислот, урожайность была существенно выше по сравнению с контролем в среднем по опыту на 0,8 кг/м² (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние органоминеральных удобрений на урожайность огурца, кг/м²

Удобрение, А	Гибрид, В		А, НСР _{0,05} = 0,7
	Артист F1	Мамлюк F1	
Контроль (фон)	23,3	21,9	22,6
Фон + Максифол Рутфарм	26,2	24,6	25,4
Фон + Аминофол Плюс	24,6	22,2	23,4
Фон + Квик-Линк	25,8	24,1	25,0
Фон + Басфолиар Актив	25,1	23,0	24,1
В, НСР _{0,05} = 0,6	25,0	23,2	НСР _{0,05} = 1,2

Использование Басфолиар Актив стимулировало цветение растений и завязывание плодов, как в благоприятных, так и в неблагоприятных условиях, в результате урожайность огурца в среднем по опыту была достоверно больше относительно контроля на 1,5 кг/м². При применении в корневую подкормку Квик-Линк, в состав которого входят макроэлементы и комплекс аминокислот, урожайность огурца существенно увеличилась относительно контроля в среднем по опыту на 2,4 кг/м².

Максифол Рутфарм является эффективным корнестимулирующим органоминеральным удобрением. Подкормка растений огурца Максифол Рутфарм способствовала получению максимальной урожайности в среднем по опыту – 25,4 кг/м², существенная разница по сравнению с контролем составила 2,8 кг/м², по отношению к применению удобрений Аминофол Плюс и Басфолиар Актив – 2,0 и 1,3 кг/м² соответственно, не существенная разница относительно использования Квик-Линк – 0,4 кг/м².

Каждый гибрид обладает определенным потенциалом к реализации потенциала урожайности. В результате исследований получено, что урожайность огурца Артист F1 была достоверно выше относительно Мамлюк F1 на 1,8 кг/м².

Важной хозяйственной характеристикой овощной продукции является процент стандартных плодов в полученном урожае. В исследованиях был проведен анализ выхода стандартной продукции огурца в зависимости от применения органоминеральных удобрений, так как для производителей овощей важен не только факт увеличения урожайности, но и количество более дорогой стандартной продукции. При проведении подкормок выход стандартной продукции был существенно выше относительно контроля в среднем по опыту на 5-9%. Самый высокий выход стандартной продукции был получен при применении удобрений Максифол Рутфарм и Квик-Линк – 87%. Выход стандартной продукции огурца Артист F1 был больше, чем у Мамлюк F1 в среднем на 2% (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние органоминеральных удобрений на выход стандартной продукции огурца, %

Удобрение, А	Гибрид, В		А, НСР _{0,05} = 2
	Артист F1	Мамлюк F1	
Контроль (фон)	79	77	78
Фон + Максифол Рутфарм	89	85	87
Фон + Аминофол Плюс	83	82	83
Фон + Квик-Линк	86	87	87
Фон + Басфолиар Актив	84	81	83
В, НСР _{0,05} = 1,5	84	82	НСР _{0,05} = 3,5

Такая образом, в зимне-весенний оборот в условиях шестой световой зоны 2020 г. наибольшая урожайность была получена при применении удобрения Максифол Рутфарм – 25,4 кг/м² в среднем по опыту, существенная разница по сравнению с контролем составила 2,8 кг/м². Самый высокий выход стандартной продукции был получен при применении Максифол Рутфарм и Квик-Линк – 87%.

Библиографический список

1. Гиш Р.А. Овощеводство Юга России. Учебник / Р.А. Гиш, Г.С. Гикало. – Краснодар: «ЭДВИ», 2012. – 640 с.
2. Глазунова Д.Ю. Особенности выращивания огурца на малолбъемной гидропонике / Д.Ю. Глазунова, А.В. Юрина // Молодежь и наука. – 2018. – № 7. – С. 32.
3. Кирш Р.В. Применение биопрепаратов на огурцах гибрида Мелен F1 в зимних теплицах на малообъемной гидропонике / Р.В. Кирш // Сборник материалов XXIII научно-технической студенческой конференции. – Омск: Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2017. – С. 105-108.
4. Колесниченко Е.Ю. Влияние органоминеральных удобрений на выращивание рассады культуры огурца гибрида гладиатор F1 в условиях защищенного грунта / Успехи современной науки. – 2016. – Т. 10. – № 11. – С. 136-140.
5. Колесниченко Е.Ю. Влияние органоминеральных удобрений на выращивание рассады культуры огурца гибрида Гладиатор F1 в условиях защищенного грунта / Успехи современной науки. – 2016. – Т. 10. – № 11. – С. 136-140.

УДК 633.11:632.938.1(470.44)

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФИТОПАТОГЕННЫЙ КОМПЛЕКС ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА

Конькова Э.А.

ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», г. Саратов, ул. Тулайкова, д. 7, 410010,
Российская Федерация
E-mail: Baukenowaea@mail.ru

Аннотация. Освещены результаты исследований мировой коллекции яровой мягкой пшеницы и сортов отечественной селекции на устойчивость к болезням. Выявлено влияние абиотических факторов на состав фитопатогенного комплекса яровой мягкой пшеницы в регионе.

Ключевые слова. Пшеница, бурая ржавчина, септориоз, вирусные болезни, климатические факторы.

INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON THE PHYTOPATHOGENIC COMPLEX OF SPRING SOFT WHEAT IN THE LOWER VOLGA REGION

Konkova E.A.

Agricultural Research Institute for South-East Regions of Russia
410010 Saratov, Tulaikov St., 7, Russian Federation
E-mail: Baukenowaea@mail.ru

Abstract. The results of research of the world collection of spring soft wheat and varieties of domestic selection for resistance to diseases are highlighted. The influence of abiotic factors on the composition of the phytopathogenic complex of spring soft wheat in the region was revealed.

Key words: Wheat, brown rust, septoria, virus diseases, climatic factors.

Ухудшение фитосанитарной обстановки в агробиоценозах приводит к увеличению поражения посевов грибными, а также вирусными болезнями.

С целью выявления источников устойчивости для селекционного процесса в лаборатории иммунитета растений ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» проводится иммунологическая оценка образцов пшеницы к болезням в естественных и искусственно созданных условиях эпифитотий.

В результате анализа фитопатогенного комплекса пшеницы вегетационного периода 2016-2019 гг. в зоне Юго-Востока были выявлены особо опасные заболевания: бурая ржавчина, септориоз и вирусные заболевания.

Среди патогенного комплекса листостебельных инфекций на пшенице одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний является бурая ржавчина. Бурая ржавчина – возбудитель *Puccinia triticina* Erikss = *P.recondita* Rob. ex Desm f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. Оценку проводили по модифицированной шкале Cobba и реакции хозяина на внедрение патогена [1]. В 2017 году наблюдалась сильная эпифитотия бурой ржавчины. В остальные исследуемые годы наблюдалась депрессия данного заболевания. Засушливые условия 2016, 2018 и 2019 гг. не позволили проявиться бурой ржавчине.

За период 2016-2019 гг. была проведена иммунологическая оценка пораженности пшеницы пятнистостями листьев. Изучение типа эпидемической устойчивости сортов к септориозу проводили по специализированной методике [2]. Было отмечено эпифитотийное распространение септориозных пятнистостей пшеницы (*Septoria tritici*) в 2017 году в зоне Юго-Востока, которое было обусловлено благоприятными климатическими факторами для их развития. Полученные данные показали, что районированные сорта на территории Юго-Востока уязвимы к эпифитотийно опасному заболеванию пшеницы – септориозу.

В исследуемые годы была проведена иммунологическая характеристика яровой мягкой пшеницы на пораженность вирусными заболеваниями. Степень поражения пшеницы вирусными заболеваниями проводили по методике Н.Н. Артемьевой [3]. В 2016 году климатические условия послужили среднему развитию вирусных заболеваний. Но стоит отметить, что среди них преобладали мозаичные заболевания. Вирус желтой карликовости ячменя (ВЖКЯ), в отличие от мозаики, относится к типу «желтизна злаков». В 2017 году были отмечены единичные симптомы поражения пшеницы ВЖКЯ. Сильное поражение яровой пшеницы ВЖКЯ проявилось в 2018-2019 гг., когда наблюдалось увеличение численности переносчика ВЖКЯ – *Schizaphis graminum* Rond., по сравнению с предыдущими годами, когда популяция тли находилась в депрессии. Массовое размножение переносчика стало следствием усиления развития и распространения ВЖКЯ. Вегетационные периоды 2018-2019 гг. можно охарактеризовать как засушливые. Известно, что высокая температура воздуха является необходимым условием для развития насекомых-переносчиков, а соответственно и самих вирусов.

Изменения климатических условий в регионе оказывают значительное влияние на состав фитопатогенного комплекса. Это приводит к тому, что значительно учащаются и усиливаются эпифитотии наиболее вредоносных забо-

леваний, таких как бурая ржавчина, пятнистости листьев, вирусные заболевания и др.

Библиографический список

- 1 Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust Diseases of Wheat. Concepts and Methods of Disease Management. Mexico, 1992. DF: CIMMYT.
- 2 Санин С.С., Стрижекозин Ю.А., Чуприна В.П. Оценка эпидемической устойчивости сортов пшеницы к болезням и использование этого показателя для оптимизации биологической и химической защиты // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ВНИИБЗР «Биологическая защита растений, как основа экологического земледелия и фитосанитарной стабилизации агроэкосистем», 21-24 сентября 2010, Вып. 6. – С. 540-547.
- 3 Артемьева Н.Н. Методические указания по выявлению и учету вирусных болезней злаков / Н.Н. Артемьева. – М.: Колос, 1971. – 21 с.

УДК 631.417:608.2

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОСТОВ ИЗ БИОМАССЫ *HERACLEUM SOSNOWSKYI*

Орлова Е.Е., Гуртовая А.В., Орлова Н.Е.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

E-mail: orlova55@mail.ru

Резюме. Рассмотрена возможность получения компостов из надземной массы борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) с целью рациональной утилизации его биомассы. Высокая питательная ценность и отсутствие фитотоксичности полученных компостов позволяют рассматривать их в качестве перспективных для растениеводства форм органических удобрений.

Summary. The possibility of obtaining compost from the green mass of *Heraculum sosnowskyi* for the purpose of its biomass rational utilization is considered. The high nutritional value and lack of phytotoxicity allow to consider this composts as promising forms of organic fertilizers for plant growing.

В настоящее время борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) является, наверное, наиболее известным агрессивным инвазионным видом [1]. Он активно заселяет обочины дорог, зелёные рекреационные зоны в населенных пунктах и необрабатываемые территории сельскохозяйственных угодий. Высокая опасность как для местных экосистем, так и для человека, делает очевидным необходимость ограничения его экспансии.

Однако традиционные методы борьбы с борщевиком малоэффективны и применяются не повсеместно, доказательством чего служит обширное распространение борщевика на территории европейской части России и Европы. Одним из самых массовых способов борьбы с борщевиком является его скашивание. После этого образуется большое количество биомассы, которая никак не утилизируется и попутно подавляет рост и развитие других растений за счёт своей фитотоксичности [2]. Создание компостов на основе фитомассы борщевика Сосновского, возможно, могло бы решить вопросы её рациональной и безопасной утилизации.

С этой целью была проведена агроэкологическая оценка компостов из

наземной массы *Heracleum sosnowskyi*.

В данной работе представлены результаты изучения агрохимических свойств полученных компостов и их сравнение с компостами, часто используемыми на практике.

Материалы и методика. В качестве одного из ускорителей компостирования опробован биоуголь, поскольку ранее показано, что в лабораторных условиях он проявлял промоуторную активность при разложении органических веществ [3, 4, 5]. Биоуголь произведен быстрым пиролизом из древесины березы при 550°C, его подробная характеристика приведена ранее [6]. Биомасса борщевика Сосновского богата азотом, белками, сахарами и зольными элементами (табл. 1.). Это может обеспечить высокое качество органического удобрения, полученного при компостировании его биомассы.

Таблица 1 – Макроэлементный и биохимический состав биомассы *H. sosnowskyi*, % на сухую массу

Сорг.	N	C/N	P	K	Зола	Белки	Жиры	Сахара
39,4	2,5	16	0,2-0,3	0,4-0,5	10,5	10-17	3-5	10-31

Отбор растительной массы (листьев с частями стеблей) борщевика Сосновского для приготовления компостируемых смесей был проведён в конце сентября 2019 г. в окрестностях г. Пушкин (Ленинградская обл.) на залежи в 50 метрах от грунтовой дороги. В процессе приготовления субстратов для компостирования наземная масса борщевика Сосновского была измельчена до размера 0,5-2,0 см. Далее были подготовлены смеси биомассы борщевика Сосновского с песком, прокалённым при 700°C. Соотношение биомассы борщевика к песку – 1:10. Песок выступал в качестве наполнителя, улучшающего аэрацию компоста.

В подготовленную смесь были добавлены агенты, традиционно используемые для увеличения скорости разложения органического материала – хлорид аммония (1 мг/100 г) и карбонат кальция (1%), а также биоуголь (1%). Контролем в опыте служил субстрат без добавок. Компостирование субстратов проводилось в пластиковых сосудах объёмом 300 мл, масса каждой смеси не превышала 140 г. В процессе компостирования температура составляла 22°C; влажность компостов поддерживалась на уровне 60% от полной влагоёмкости; аэрация компостов обеспечивалась перемешиванием смеси каждые 2-4 дня; длительность компостирования составляла 90 суток; повторность опыта – четырёхкратная. В итоге были получены компосты на основе наземной массы борщевика Сосновского в безгумусовой среде с добавлением в начале эксперимента минеральных и органических агентов.

В полученных компостах проведено определение основных агрохимических показателей: pH_{H_2O} – потенциометрическим методом, содержание азота в форме NH_4 – методом Несслера (в 2% KCl вытяжке), содержание азота в форме NO_3 – дисульфифеноловым методом, содержание подвижных форм P_2O_5 и K_2O – методом Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91). Фитотоксичность водной вытяжки из зелёной массы борщевика и полученных из этой

массы компостов оценивалась по всхожести семян и длине корней и проростков [7], соотношение навески к воде составляло 1:10, 1:50, 1:100.

Результаты и обсуждение. Наземная масса *H. sosnowskyi* активно подвергается трансформации во всех вариантах опыта, чему способствует высокая обогащенность растительного материала азотом. Содержание гуминовых кислот (ГК) в органическом веществе компостов было максимальным при добавлении биоугля и хлорида аммония. В то время как степень гумификации компоста, полученного при добавлении биоугля, была ниже, чем в вариантах с кальцием. По-видимому, в присутствии биоугля новообразованные ГК и полученный компост в целом становятся более устойчивыми к микробиологическому воздействию, а, следовательно, медленнее подвергаются дальнейшей трансформации.

Прежде, чем использовать полученные компосты в качестве органических удобрений, необходимо было убедиться в отсутствии у них аллелопатического действия, свойственного сырой зеленой массе *H. sosnowskyi*. Результаты фитотестирования свидетельствуют о значительном снижении токсичных свойств исследуемого материала (на 45-70%), а в вариантах опыта с добавлением биоугля и о полном устранении токсичности.

Результаты определения агрохимических показателей полученных компостов представлены в таблице 2. Анализ агрохимических показателей полученных компостов говорит об их оптимальных кислотности и обогащенности органического вещества азотом. Однако, по причине низкого соотношения биомассы к песоку (1:10 на начало эксперимента) содержания основных элементов питания невысоки. Это, в дальнейшем, можно изменить путём повышения доли органического вещества в компосте. Однако если рассматривать содержание основных элементов питания и гуминовых веществ не в компосте в целом, а в органической составляющей полученных компостов, то по этим показателям все они вполне сопоставимы с другими компостами, которые на данный момент используются в сельском хозяйстве [8, 9, 10].

Таблица 2 – Сравнительная характеристика органического вещества различных компостов

Показатель	Компост – борщевик	Компост – жом, дефекат	Вермикомпост (биогумус)
pH _{H2O}	6,4-6,9	7,9-8,4	6,8-7,2
ГК, %	32-36	Не опр.	32-37
N _{общ.} , %	1,2-2,0	1,0-2,2	0,8-2,0
N-NH ₄ , мг/кг	727-798	620-860	3020-4000
N-NO ₃ , мг/кг	787-861	780-900	2240-4200
P ₂ O ₅ , мг/кг	953-1133	720-840	4100-4630
K ₂ O, мг/кг	1160-1367	900-1200	3255-3728

Закключение. Проведенные исследования показали, что компостирование

наземной массы *H. sosnowskyi* с добавками и без них не только полностью снимает начальную фитотоксичность биомассы, но и позволяет получить компосты, обогащенные гумусовыми веществами, элементами минерального питания растений и, по-видимому, пригодные для дальнейшего использования в качестве органических удобрений или сырья для выделения препаратов гуминовых кислот. Добавление в компосты хлорида аммония, биоугля или карбоната кальция активизировало минерализацию и гумификацию надземной массы борщевика. Биоуголь успешно использован в качестве ускорителя компостирования. После длительного компостирования наибольшим содержанием гумусовых веществ характеризовались компосты, полученные в комбинации с хлоридом аммония и биоуглем. По содержанию гумусовых веществ и элементов питания компосты из надземной массы борщевика были сопоставимы с традиционными компостами. Высокая питательная ценность и отсутствие фитотоксичности у компостов из борщевика позволяют рассматривать их в качестве перспективных для растениеводства форм органических удобрений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-016-00208а.

Библиографический список

1. Афонин А.Н., Лунева Н.Н., Ли Ю.С., Коцарева Н.В. Эколого-географический анализ распространения и встречаемости борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в связи со степенью аридности территорий и его картирование для европейской территории России // Экология. – 2017. – № 1. – С. 66-69.
2. Никольский А.Н., Бочкарев Д.В., Смолин Н.В. Борщевик Сосновского. Изд-во LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 140 с.
3. Luo Y., Durenkamp M., De Nobili M., Lin Q., Devonshire B.J., Brookes P.C. Microbial biomass growth, following incorporation of biochars produced at 350°C or 700°C, in a silty-clay loam soil of high and low pH//Soil Biology and Biochem. 2013. – pp. 513-523.
4. Kätterer, T.; Roobroeck, D.; Andrén, O.; Kimutai, G.; Karlton, E.; Kirchmann, H.; Nyberg, G.; Vanlauwe, B.; Röing de Nowina. K. Biochar addition persistently increased soil fertility and yields in maize soybean rotations over 10 years in sub-humid regions of Kenya, *Field Crops Research*, 2019. – vol. 235. – pp. 18-26.
5. Orlova N., Abakumov E., Orlova E., Yakkonen K., Shahnazarova V. Soil organic matter alteration under biochar amendment: study in the incubation experiment on the Podzol soils of the Leningrad region// Journal of Soils and Sediments. 2019. – vol. 19. – pp. 2708-2716.
6. Орлова Н.Е., Орлова Е.Е., Банкаина Т.А. Агроэкологическая оценка применения биоугля для повышения плодородия дерново-подзолистых низко гумусированных почв. В сб.: *Почвы в биосфере*. Томск, 2018: – 113-115.
7. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней и проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв (ФР.1.39.2006.02264 М-П-2006).
8. Кузнецов А.Е. Экологические особенности разложения в черноземе типичном жомодефекатных компостов и их влияние на показатели продуктивности почв. Автореф. на соиск. уч. ст. к.б.н., Владимир. 2013. 24 с.
9. Филиппова А.В. Эколого-биологические аспекты вермикомпостирования органосодержащих отходов /Вестник ОГУ №12 (106). 2009. – С.61-65.
10. Якушев А.В., Бызов Б.А. Микробиологическая характеристика вермикомпостирования методом мультисубстратного тестирования // Почвоведение. 2008. – №11. – С. 98-104.

ЗАВИСИМОСТЬ МИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ В ПОСЕВАХ СОИ

Полунина Т.С., Лавринова В.А., Леонтьева М.П.

Среднерусский филиал ФГНБУ «ФНЦ имени И.В. Мичурина», г. Тамбов

E-mail: lawrinowa777@mail.ru

Резюме. Определено фитопатологическое состояние почвы, выявлена численность почвенных фитопатогенов и сапротрофов. Идентифицированы микромицеты поражающие вегетативные органы растений, выделены представители нанофауны и микрофауны. Установлена доля почвенных фитопатогенов в структуре соевого агробиоценоза.

Ключевые слова: Соя, фитопатогены, сапротрофы, обработка почвы, удобрения

Summary. The phytopathological state of the soil in the grain-steam rotation is determined. The number of soil phytopathogens and saprotrophs was revealed. Micromycetes affecting the vegetative organs of plants were identified; representatives of nanofauna and microfauna were identified. The proportion of soil phytopathogens in the structure of soybean agrobiocenosis has been established.

Keywords: soy, phytopathogens, saprotrophs, tillage, fertilizers

Основная обработка почвы является решающим звеном в системе земледелия, и применение ее рациональных способов лежит в основе борьбы с почвенной инфекцией [1]. Многие приемы агротехники, направленные на сохранение полезной микробиоты и стимуляцию биологической активности почвы, в частности чередование научно обоснованных систем обработки, т.е. отвально-безотвальной и отвально-поверхностной. В почве сохраняется инфекционное начало практически всех возбудителей болезней [2]. Внедрение отвально-поверхностной обработки позволило практически создать оптимальные условия для микробиологической активности почвы такое же, как и при вспашке (1008 шт. против 970 шт.). Почва после поверхностной обработки не подвергалась механическому рыхлению, что способствовало накоплению влаги. Однако численность полезной микробиоты было несколько слабее (587 шт.) по отношению к другим обработкам.

Микроорганизмы, населяющие почву, весьма многочисленны, доминируют бактерии, актиномицеты, грибы и микроскопические водоросли [3]. Подавление защитных функций почвы ведет к росту инфекционного фона [4]. По результатам фитоэкспертизы в почвах Тамбовской области явно доминируют популяция грибов *Rhizium* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp. и *Fusarium* sp., а важный почвенный супрессор из рода *Trichoderma*, либо находится в депрессивном состоянии, либо вообще отсутствует, особенно с внедрением поверхностной обработки [5]. Микологический состав почвы в агроценозах зависит от многих факторов, однако определяется в основном предшествующей культурой. В нашем опыте состав микробиоты почвы зависел от погодных факторов, предшественника, коим была озимая пшеница, и способов обработки почвы. В то же время систему обработки почвы нельзя рассматривать отдельно от си-

системы удобрений. Зависимость биологических показателей почвы от вышеперечисленных факторов изучена недостаточно. Поэтому целью исследований являлось изучение действия различных способов основной обработки почвы и минерального питания на микрофлору почвы.

Исследования проводили в лаборатории защиты растений Среднерусского филиала «ФНЦ им. И.В. Мичурина» в 2019 году. Материалом для изучения служили почвенные образцы, взятые с опытных участков Тамбовского НИИСХ филиала «ФНЦ им. И.В. Мичурина» в конце вегетации. В экспериментах использовались дозы удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$), и естественные условия (без удобрений). Применялся четырехпольный зернопаровой севооборот: пар – пшеница – соя – ячмень. Изменение комплексов микроскопических грибов изучалось на пяти системах обработки: отвальной, поверхностной, безотвальной, отвально-безотвальной, отвально-поверхностной на глубине 0-10 см. Отбор, приготовление инфекционного материала и расчет количества микроструктур вредоносной и полезной микобиоты осуществляли согласно методикам Лавриновой В.А. и др. [5;6]. Определение родов микроструктур патогенных и сапрофитных грибов в почве проводили по определителю Билай [7].

Одной из важнейших задач являлась фитоэкспертиза почвы, на выявление полезной и вредоносной микобиоты. В почвенных образцах типичного чернозема ЦЧР отмечались микроструктуры почвенных грибов pp. *Bipolaris*, *Fusarium*, *Pythium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. По всем обработкам почвы доминировали виды грибов *Pythium* (1653-2421 шт.), затем *Alternaria* (412-539), далее *Fusarium* (273-364 шт.) и *Bipolaris* (53-380 шт.). Максимальному накоплению питиевых (2421 шт.) и гельминтоспориозных (380 шт.) микромицетов способствовала отвальная обработка, альтернариевых (534-539 шт.) – безотвальная и отвально-поверхностная, фузариевых (364 шт.) – поверхностная. Погодные условия текущего года способствовали максимальному накоплению патогенной микобиоты в поверхностном слое отвальной обработки (3539 шт./г), хотя в 2017 году, наоборот, вспашка сильнее угнетала развитие патогенов. По безотвальной – 2593 шт., по поверхностной до 3017 штук, по отвально-поверхностной – 2870 и отвально-безотвальной – 3135 штук. Лучшей дозой поверхностной, безотвальной и отвально-безотвальной обработках оставалась $N_{30}P_{30}K_{30}$, для отвальной – $N_{60}P_{60}K_{60}$, для отвально-поверхностной $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Численность микроструктур полезной микобиоты увеличивалась по отвально-поверхностной обработке (1008 шт.), уменьшалась по поверхностной (587 шт.), которая была представлена плесневыми микромицетами *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. (886 шт.), и агентом биоконтроля *Trichoderma* (167 шт.). Исчезновение представителей последнего рода приведет к выделению токсинов плесневыми грибами, что вызовет стресс у растений.

Кроме почвенных грибов так же были идентифицированы микромицеты поражающие вегетативные органы растений зерновых и зернобобовых культур. По отвальной обработке мучнисторосяные (40 шт.), ржавчинные (20 шт.), аскохитозные (86 шт.); по поверхностной отмечалось сильное увеличение муч-

нисторосных до 134 штук, ржавчинных до 159 шт., минимальное – аскохитозных (7 шт.), по безотвальной – 21, 34, 51 соответственно. В комбинированных обработках (отвально-безотвальной и отвально-поверхностной) – мучнисторосяные (54-73 шт.), ржавчинные (33-73 шт.) с превышением в первой технологии, аскохитозные (66-87 шт.).

Были выделены представители нанофауны – инфузории, численность которых по отвальной и поверхностной обработкам с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$ максимальное (100 и 66 экз.), на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – минимальное (20 и 13 экз.), без удобрений – 47 и 34 экземпляра соответственно. По безотвальной – количество одноклеточных микроорганизмов с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$, как и по поверхностной обработке, возросло до 80 экз., значительно снизилось в естественных условиях – 33 экз. и на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 47 экземпляров. В образцах почвы отвально-безотвальной обработки частота встречаемости почвенных инфузорий с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$, как и по поверхностной и безотвальной, оставалась максимальной (33 экз.), в варианте без средств химизации – 20 экз., после внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ – минимальной (14 экз.). По отвально-поверхностной в естественных условиях численность увеличилась до 100 экземпляров, с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 13 экз., значительно снизилась после внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ до 7 экземпляров. В целом, высокая численность одноклеточных микроорганизмов отмечалась в отвальной (167 экз.) и безотвальной (160 экз.) обработках, низкая в отвально-безотвальной (67 экз.).

По вспашке представители микрофауны, почвенные клещи, были малочисленны (14 экз.), на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$ только по 7 экземпляров, в естественных условиях членистоногие отсутствовали. Поверхностная обработка сосредоточила их популяцию в основном после внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ в количестве 14 экземпляров, однако без средств химизации, как и по вспашке, членистоногие отсутствовали. А вот нематода, наоборот, только в этих условиях и существовала. По безотвальной обработке членистоногие, в основном, были сосредоточены в естественных условиях (7 экз.), в почвенных образцах по отвально-безотвальному способу – только после внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ (7 экз.). По отвально-поверхностной они отсутствовали после внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$, в малом количестве отмечались на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$, активизировались в естественных условиях (20 шт.). В итоге, почвенные клещи, в основном, локализовались по отвально-поверхностной (34 экз.), низкая же численность (7 экз.) наблюдалась по безотвальной и отвально-безотвальной. По всем вариантам опыта встречались многочисленные колонии бактерий.

В результате проведенного микологического анализа в почвенных образцах между отвальной и безотвальной обработками по численности вредоносной и полезной микобиоты наблюдалось существенное различие. Фитопатогены поражающие надземные (146 по отношению к 62 экз.) и подземные (3859 и 2787 экз.) органы растений вышеперечисленных обработок, и при этом численность сапротрофов оставалась на уровне 970 и 614 экземпляров соответственно. Доля фитопатогенов в агроценозе сои по отвальной обработке дости-

гала 75,8%, по безотвальной – 78,0%. В почве поверхностной обработки произошло увеличение фитопатогенов поражающие надземные (300 экз.) органы растений по отношению к предыдущим обработкам. Численность же подземных (3224 экз.) и сапротрофов (587 экз.) оставалось средней. В наших исследованиях доля фитопатогенов достигала 83,3%. Что касается отвально-поверхностной и отвально-безотвальной обработок, то между ними также существовала разница по подземным патогенам (3608 и 3110 экз.) и сапротрофам (680 против 1008 экз.). Количество же вредоносных грибов, поражающих надземные органы в комбинированных обработках, было практически на одном уровне (193 и 200 экз.). Доля фитопатогенов достигала 83,4 и 69,5%.

Полученные результаты исследований выявили, что вредоносная микобиота по всем обработкам намного превышала положенные 15% от общего числа микромицетов. Это соотношение не достигнуто, вероятнее всего, за счет недостаточного обогащения почвы растительными остатками и как следствие присутствие микромицета *Trichoderma* в малом количестве и в большом плесневого гриба-паразита рода *Rhizopus*.

Выводы. По всем обработкам почвы в севообороте доминировали виды патогенных грибов *Rhizium*. Максимальное накопление вредоносной микобиоты отмечалось в поверхностном слое отвальной обработки, минимальное – по безотвальной. Лучшей дозой по поверхностной, безотвальной и отвально-безотвальной обработках оставалась $N_{30}P_{30}K_{30}$, для отвальной – $N_{60}P_{60}K_{60}$, для отвально-поверхностной $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$. Количество микроструктур полезной микобиоты увеличивалось в почвенных образцах по отвально-поверхностной обработке, уменьшалось – по поверхностной. Высокая численность почвенных инфузорий отмечалась в отвальном и безотвальном способах обработки, почвенные клещи, в основном, локализовались по отвально-поверхностной.

Библиографический список

1. Лавринова В.А., Воронцов В.А., Лавринова Т.С. Эффективность применения минеральных удобрений при различных системах обработки почвы в посевах ярового ячменя // *Зерновое хозяйство России*. – 2012. – №5. – С. 47-52.
2. Полунина Т.С., Лавринова В.А., Леонтьева М.П. Структура популяции почвенных грибов в паровом агроценозе // *Правовые, экономические и экологические аспекты рационального использования земельных ресурсов: материалы 3-й международной науч.-практ. конф.* Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. – С. 303-307.
3. Лавринова В.А., Полунина Т.С., Леонтьева М.П., Евсеева С.А. Структура популяции почвенных грибов в агроценозе плодовых и ягодных культур // *Современное садоводство России – состояние и перспективы развития: материалы 8 международной науч.-практ. конф.* – 2018. – С. 38-44.
4. Лавринова В.А., Полунина Т.С., Леонтьева М.П. Влияние средств химизации на численность патогенной микобиоты в посевах ярового ячменя // *Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: материалы международной науч.-практ. конф.* Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2018. – С. 239-241.
5. Лавринова В.А., Лавринова Т.С., Евсеева И.М. Методическое пособие по определению заселенности почвы ооспорами, склероциями *Rhizium* spp. – возбудителя корневых гнилей // *Методическое пособие*. Тамбов: Принт-Сервис, 2015. – 18с.
6. Лавринова В.А., Полунина Т.С., Евсеева И.М. Состояние популяции грибов рода

Fusarium spp. и определение их численности в черноземных почвах // Методическое пособие. Тамбов: Принт-Сервис, 2016. – 31с.

7. Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль И.Г. Микроорганизмы – возбудители болезней растений / Киев: Наукова думка, 1988. – 552 с.

УДК 631.41

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЯРОВЫХ КУЛЬТУР В РАЗЛИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ НА ЧЕРНОЗЕМАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Дериглазова Г.М.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия

E-mail: g_deriglazova@mail.ru

Резюме: анализ данных по выявлению наилучшего предшественника для ярового ячменя показал, что наиболее эффективным является возделывание культуры в зернопаропропашном севообороте, так как в данном случае мы получаем высокий урожай с пивоваренным качеством зерна. Этому способствовало достаточное обеспечение растений фосфатным питанием, которое было самым высоким по сравнению с остальными исследуемыми севооборотами, а также большее накопление влаги и уменьшение засоренности посевов по сравнению с травяными севооборотами. Повышение доли трав в составе севооборота приводит к понижению урожайности ячменя и качества его зерна.

Ключевые слова: севооборот, урожайность, качество зерна.

Введение. Курская область располагается на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности. Площадь территории области составляет 2999,7 тыс. га и по площади среди областей Центрального Черноземья она занимает третье место после Воронежской и Тамбовской областей [1].

Территория Курской области характеризуется умеренным континентальным климатом. Хотя для возделывания большинства культур такой климат и почвенное плодородие черноземных почв является благоприятными, но урожайность и качество продукции пока не использует полностью биологический потенциал культур, так как он зависит не только от рассматриваемых параметров, но и в значительной степени от технологий возделывания культур. Поэтому разработка современных технологий возделывания культур в изменяющихся климатических условиях является приоритетной задачей земледелия [2].

Наиболее распространенной яровой культурой Курской области является яровой ячмень. Площадь его возделывания в области с 2000 до 2017 гг. изменялась с 178,7 до 398,6 тыс. га., что составляет 13,2-31,5% от общей площади посевов или 39,9 – 70,3% от площади посева зерновых культур.

Важным агротехнологическим приемом получения высоких урожаев качественного зерна является размещение культур в севообороте по хорошим предшественникам [3, 4]. Поэтому комплексная агроэкологическая оценка предшественников яровых культур в почвенно-климатических условиях Курской области, имеет важное теоретическое и практическое значение [5, 6].

Материалы и методика. Изучения по возделыванию ярового ячменя проводились в ФГБНУ «Курского ФАНЦ». в многофакторном полевом опыте (Курской области, Медвенского района, село Панино) в зернопаропропашном

(чистый пар; озимая пшеница; сахарная свекла; ячмень), зернотравянопропашном (клевер; озимая пшеница; сахарная свекла; ячмень + клевер) и зернотравяном (клевер; клевер; озимая пшеница; ячмень с подсевом клевера) севооборотах за 8 ротаций. Обработка почвы была традиционная – вспашка на глубину 20-22 см. Минеральные удобрения в схеме опыта под ячмень вносились разовой дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Исследования проводились на черноземе типичном. Опыт заложен методом расщепленных делянок. Расположение делянок рендомизированное. Возделываемый сорт ярового ячменя Суздалец.

Результаты и обсуждение. В наших исследованиях при посевах ярового ячменя в ФГБНУ «Курского ФАНЦ» в трех классических севооборотах ЦЧР показали, что урожайность культуры подвержена значительным колебаниям по годам в зависимости от предшественника, метеорологических условий года, системы удобрения и других факторов.

При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо следить за изменением агрохимических свойств почвы. Мы выяснили, что кислотность почвенной среды за период вегетации культуры значительно не изменялась, так же разница не наблюдалась в зависимости от севооборота. При внесении минеральных удобрений содержание щелочногидролизуемого азота достоверно увеличивалось при посеве ячменя в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах (на 0,61 и 2,53 мг/100г соответственно), но так и не достигало высокого его содержания в зернотравяном севообороте независимо от внесения удобрений. Поэтому наиболее благоприятный режим для роста и развития культуры по щелочногидролизуемому азоту складывался в зернотравяном севообороте. Содержание подвижного фосфора с внесением минеральных удобрений увеличивалось во всех севооборотах. А наибольшее его содержание наблюдалось в зернопаропропашном севообороте. По калийному режиму достоверной разницы между вариантами опыта не наблюдалось. Содержание калия было средним.

Средняя урожайность ярового ячменя в севооборотах независимо от внесения удобрений, показала, что наиболее эффективным является зернопаропропашной севооборот, где урожайность культуры выше 5 и 14% чем в зернотравянопропашном и зернотравяном соответственно. Применение минеральных удобрений положительно повлияло на урожайность культуры, достоверно увеличивая ее (рис. 1).

В зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах от внесения удобрений культура в среднем за 8 ротаций увеличивала свою урожайность на 5,9 и 7,2 ц/га соответственно или на 18 и 24% соответственно. Хотя в процентном увеличении прибавка от удобрений в зернотравянопропашном севообороте была более существенной, но по сравнению с зернопаропропашным севооборотом она находилась на одинаковом уровне, так как не превышала наименьшую существенную разницу $НСР_{05} = 1,6$. В зернотравяном севообороте прибавка от внесения удобрений была наименьшей и составила всего 2,2 ц/га.

Рисунок 1 – Урожайность ячменя при возделывании в системе севооборотов за 8 ротаций

Рассматривая статистические показатели урожайности ярового ячменя за 8 ротаций трех исследуемых севооборотов (табл. 1) мы наглядно можем увидеть на сколько поднимается максимальная и минимальная урожайность культуры в зависимости от внесения удобрений.

Таблица 1 – Статистические показатели урожайности ячменя за 8 ротаций в севооборотах

Севооборот	Удобрения	max	min	Интервал колебаний	Среднее ± отклонение
Зернопаропропашной	контроль	43,3	12,9	30,4	32,5±3,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	50,4	18,2	32,2	38,4±3,7
Зернотравянопропашной	контроль	45,0	12,1	32,9	30,0±3,9
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	51,9	17,3	34,6	37,2±4,2
Зернотравяной	контроль	41,8	17,7	24,1	29,7±3,1
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	51,5	19	32,5	32,7±3,9

Интервал колебаний урожайности зависит от погодных условий и устойчивости выбранной системы земледелия. Наибольшая устойчивость показателя наблюдалась только на контрольном варианте зернотравяного севооборота. В остальных вариантах опыта она была примерно одинаковой, немного увеличиваясь при внесении удобрений.

Исследуя доли вклада в урожайность ярового ячменя, мы выяснили, что наибольшее варьирование показателя обеспечивали погодные условия года (43%), после погодных условий значение имеет севооборот, определяющий 19% варьирования урожайности и третьим фактором, являлось внесение минеральных удобрений (16%).

Для полноты исследований необходимо учитывать не только урожайность культуры, но и качественные показатели полученной продукции. Для этого мы проанализировали качество зерна.

В зернопаропропашном севообороте зерно ярового ячменя соответствовало пивоваренному качеству по ГОСТу 5060-86. В данном севообороте зерно имело высокую натуру, крупность и энергию прорастания, в то же время содержание белка было ниже 12%. Таким высоким показателям способствовало достаточное обеспечение растений фосфатным питанием, которое было самым высоким по сравнению с остальными исследуемыми севооборотами. Так же в данном севообороте наблюдалось большее накопление влаги и уменьшение засоренности посевов по сравнению с травяными севооборотами.

В зернотравянопропашном севообороте вне зависимости от внесения удобрений содержание белка уже превышало 12%, но так как натура оставалась высокой (≥ 630 г/л), то зерно соответствовало крупяному качеству (ГОСТ 6378-84 «Ячмень, для переработки в крупу»).

В зернотравяном севообороте полученное зерно уже не соответствовало ни пивоваренному ни крупяному качеству, так как являлось средненатуральным с высоким содержанием белка. Зерно, выращенное в данном севообороте, может быть использовано только на корм скоту.

Таким образом, выяснилось, что, включая в состав севооборотов многолетние травы, мы вызываем уменьшение натуры, массы, крупности, выравнивания и экстрактивности зерна, при этом в зерне увеличивалось содержание питательных элементов. Данному явлению способствовало увеличение количества гидролизуемых и подвижных форм азотных соединений.

Выводы. Анализ данных по выявлению наилучшего предшественника для ярового ячменя показал, что наиболее эффективным является возделывание культуры в зернопаропропашном севообороте, так как в данном случае мы получаем высокий урожай с пивоваренным качеством зерна. Повышение доли трав в составе севооборота приводит к понижению урожайности ячменя и качества его зерна.

Библиографический список

1. Черкасов Г.Н., Дубовик Д.В., Масютенко Н.П., и др. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области. – Курск: ГНУ ННИИЗиЗПЭ РАСХН, 2017. – 188 с.
2. Чуян О.Г., Дериглазова Г.М. Оценка агроклиматического потенциала продуктивности пашни для модели управления агрохимическими свойствами почв // Земледелие 2018. – №7 – С. 6-11
3. Соловиченко В.Д., Логвинов И.В., Ступаков А.Г. Влияние основных элементов систем земледелия на продуктивность ячменя в зернопропашном севообороте юго-западной части ЦЧЗ // Аграрная наука. – 2019. – №10. – С. 59-61.
4. Сычев В.Г., Беличенко М.В., Романенков В.А. Результаты мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборотов и изменения свойств почв в длительных опытах Географической сети // Плодородие. – 2017. – №6. – С. 2-7.
5. Технологии XXI века в агропромышленном комплексе России. М.: Россельхозакадемия, 2011. – 328 с.
6. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии. СПб.: Лань, 2015. – 463 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА (NO-TILL) В КРЫМУ

Караева Н.В., Сусский А.Н.

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г.
Симферополь

E-mail: turin_e@niishk.ru

Резюме. В статье представлены результаты изучения влияния системы земледелия без обработки почвы в сравнении с традиционной для Крыма технологией и применение комплексного микробиологического препарата на урожайность и качество продукции в условиях вегетационного периода 2018/2019 годов, при выращивании различных полевых культур.

Summary. The article presents the results of studying the influence of the farming system without tillage in comparison with the traditional Crimean technology and the use of a complex microbiological preparation on the yield and quality of products under the conditions of the growing season 2018/2019, when growing various field crops.

Введение. Проблема питания населения земного шара за время существование человечества не только не утратила своей актуальности, но и, в определенном смысле, стала еще более острой и более сложной, так как общее число людей, живущих на Земле, достигло в июне 2017 года 7,5 миллиардов человек. Поэтому сегодня, как и прежде, она привлекает и в будущем будет привлекать к себе пристальное внимание ученых, земледельцев и политиков. В решении этой проблемы особая роль принадлежит сельскому хозяйству и в первую очередь растениеводству и земледелию [1-4].

Развитие общества на каждом этапе сопровождается формированием производственных сил, и соответственно – производственных отношений в земледелии, к которым относится та или другая ее системы. Они должны обеспечивать всех людей продуктами питания, а промышленность – дешевым и качественным сырьем. Из-за низкого уровня развития продукционных сил общества, в прошлом, земледелие носило экстенсивный характер, суть которого лежит в использовании природного плодородия. Благодаря развитию продукционных сил тенденция земледелия изменилась на интенсивную, основой которой является уже использование новой техники, средств защиты растений и минеральных удобрений, мелиоративных приемов. Все это способствует сохранению и повышению плодородия почвы [5,6].

Вместе с тем, сельское хозяйство оказывает серьезное воздействие на окружающую среду: освоение новых земель и фрагментация среды обитания угрожают биоразнообразию, обработка почвы способствует проявлению таких нежелательных явлений, как ветровая и водная эрозия, а в долгосрочной перспективе – снижению запасов гумуса и ухудшению физических свойств почвы, необдуманное внесение удобрений может повлечь за собой не только экономические затраты, но и нанести вред морским, пресноводным и наземным экосистемам. Кроме того, параллельно стоит вопрос о снижении затрат на получае-

мую продукцию. По мнению, как отечественных, так и зарубежных исследователей, традиционная система земледелия (ТС), часто характеризуется высокими темпами потребления энергии ископаемого топлива, чрезмерным использованием питательных веществ, деградацией почвы. Однако глобальный (мировой) императив сформулирован в следующем – «производить больше с меньшими затратами» [7-11].

Для достижения этой цели человечество стало выдвигать различные стратегии, одной из которых стала эколого-энергосберегающая малозатратная технология возделывания сельскохозяйственных культур, именуемая системой земледелия прямого посева (no-till, zero-till, нулевая технология, технология без обработки почвы, природная технология) [6-9].

Также следует заметить, что применение различных микробиологических препаратов, также может способствовать воспроизводству плодородия наших почв [11].

Цель исследований изучить систему земледелия прямого посева (ПП), а также применение комплексного микробиологического препарата.

Методика и условия исследований. Стационарный опыт по изучению систем земледелия заложен в 2015 году на поле ФГБУН НИИСХ Крыма согласно методике Доспехова Б.А. [12]. Почва опытного участка представлена чернозем южным, с содержанием гумуса 2,2%. В пахотном слое содержание подвижных фосфатов – 4,4 мг/100 г почвы, обменного калия 39,1 мг/100 г почвы. Климат степного агроклиматического района характеризуется резко выраженной континентальностью [13, 14].

Севообороты в опыте: ТС – пар чистый – озимая пшеница – лен масличный – озимый ячмень – сорго зерновое; ПП – горох – озимая пшеница – лен масличный – озимый ячмень – сорго зерновое. Делянки в опыте расположены в два яруса со смещением. Опыт заложен в трехкратной повторности. Площадь делянок на опыте составляет 300 м², учетная площадь 50 м². В состав изучаемого комплексного микробиологического препарата (КМП) входят: 1. Микроорганизмы способные усваивать азот из воздуха; 2. Фосфоромобилизирующие микроорганизмы; 3. Микроорганизмы, которые угнетают рост и развитие фитопатогенных бактерий и грибов. Данные в статье представлены за вегетационный период 2018/2019 гг. по озимым культурам и за 2019 г. по яровым культурам (ПП 3 год).

Химический состав определялся в агрохимлаборатории НИИСХ Крыма. Дисперсионный анализ рассчитывался согласно Доспехову Б.А [12].

Результаты исследований. Урожайность всех изучаемых культур по обеим системам земледелия и КМП представлена в таблице 1. Урожайность льна масличного на ПП составила на 0,1 т/га (12%) больше, чем по ТС. Урожайность сорго зернового по ТС составила на 0,51 т/га (34%) больше, чем по ПП. На озимой пшенице и озимом ячмене урожайность по системам земледелия, в отчетном году, не имела достоверной разницы.

Низкая урожайность сорго в ПП объясняется низкой полевой всхоже-

стью. Дисковые сошники сеялки Gherardi G-117 при максимальной глубине заделки не смогли обеспечить качественный сев, т.е. семена были положены в верхний сухой слой почвы (в связи с весенней засухой), а во влажный более глубокий слой попало лишь 61 шт./м² семян, в то время как полозовидные сошники сеялки «Клен», которые осуществили посев по традиционной системе, обеспечили полевую всхожесть 97 шт./м² семян. На льне масличном большая урожайность по прямому посеву, вероятно, объясняется удлиненным на 19 дней вегетационным периодом, что способствовало расходу продуктивной влаги и меньшему ее содержанию во время уборки по системе земледелия ПП в сравнении с ТС.

При применении биопрепарата на горохе посевной урожайность была больше на 0,15 т/га (10%) с контролем. На озимой пшенице КМП дал достоверную прибавку 0,58 т/га (14,0%), по сравнению с контролем. Инокуляция семян льна масличного, озимого ячменя и сорго зернового не оказала влияния на продуктивность растений.

Таблица 1 – Влияние микробных препаратов на урожайность полевых культур при различных системах земледелия, 2018/2019 гг.

Система земледелия (Фактор А)	Инокуляция семян КМП (Фактор В)	Сельскохозяйственная культура				
		Горох посевной	Озимая пшеница	Лен масличный	Озимый ячмень	Сорго зерновое
		Урожайность, т/га				
ТС А1	В1 - без обработки	–	3,40	0,85	5,80	2,02
	В2 - обработка КМП	–	4,51	0,81	5,50	2,02
Средняя по фактору А1		–	3,95	0,83	5,65	2,02
ПП А2	В1 - без обработки	1,36	3,90	0,96	5,37	1,50
	В2 - обработка КМП	1,51	3,95	0,87	5,65	1,52
Средняя по фактору А2		–	3,92	0,91	5,51	1,51
Средняя по фактору В	Без обработки	–	3,65	0,90	5,58	1,76
	Обработка КМП	–	4,23	0,84	5,57	1,77
НСР ₀₅	А	–	0,18	0,05	0,23	0,10
	В	0,06	0,20	0,06	0,23	0,08
	АВ	–	0,29	0,07	0,33	0,13

Качество продукции некоторых культур, полученное в опытах, представлено в таблицах 2–3. В результате проведения агрохимических анализов, в зависимости от системы земледелия и применения КМП, было установлено следующее. На озимой пшенице по ТС содержание протеина было больше на 2,10%. Применение КМП увеличило этот параметр на 0,9%. Содержание клейковины на 5,60% было больше по ТС. Применение КМП способствовало увеличению содержания клейковины на 2,50%. На содержание крахмала, массу 1000 семян, натуру зерна и стекловидность все изучаемые факторы не повлияли.

Таблица 2 – Параметры качества зерна пшеницы озимой в зависимости от систем земледелия и применения КМП, 2019 г.

Система земледелия (Фактор А)	Инокуляция семян КМП (Фактор В)	Параметры качества					
		Протеин, %	Клейковина, %	Крахмал, %	Масса 1000 семян, г	Натура зерна, г/л	Стекловидность, %
ТС А1	В1 – без обработки	16,25	34,2	67,4	30,0	673	51,7
	В2 – обработка КМП	15,45	32,1	67,7	31,0	664	52,7
	Средняя по фактору А1	15,8	33,1	67,5	30,5	668	52,2
ПП А2	В1 – без обработки	12,35	24,0	70,0	32,0	665	51,0
	В2 – обработка КМП	15,08	31,1	67,9	31,1	686	50,5
	Средняя по фактору А2	13,7	27,5	68,9	31,0	675	50,7
Средняя по фактору В	Без обработки	14,3	29,1	68,7	31,0	669	51,3
	Обработка КМП	15,2	31,6	67,8	31,0	675	51,6
НСР ₀₅	А	0,70	1,52	3,21	1,20	24,2	2,44
	В	0,74	1,32	3,01	0,51	20,1	1,24
	АВ	1,01	1,98	3,95	1,34	32,0	3,54

В зерне озимого ячменя содержание протеина при применении традиционной системы повышалось на 2,80%. Применение КМП способствовало увеличению этого параметра на 1,40%. Масса 1000 семян не зависела от технологии и применения КМП. Натура зерна при ПП была на 38 г/л больше, чем по контрольной системе, а применение биопрепарата не оказало влияния на данный параметр.

Таблица 3 – Параметры качества зерна ячменя озимого в зависимости от систем земледелия и применения КМП, 2019 г.

Система земледелия (Фактор А)	Инокуляция семян КМП (Фактор В)	Параметры качества		
		Протеин, %	Масса 1000 семян, г	Натура зерна, г/л
ТС А1	В1 – без обработки	12,9	26,3	497
	В2 – обработка КМП	14,3	28,0	485
	Средняя по фактору А1	13,6	27,1	491
ПП А2	В1 – без обработки	10,1	27,3	526
	В2 – обработка КМП	11,6	27,3	533
	Средняя по фактору А2	10,8	27,3	529
Средняя по фактору В	Без обработки	11,5	26,8	511
	Обработка КМП	12,9	27,6	509
НСР ₀₅	А	0,66	1,25	21,0
	В	0,61	1,32	20,1
	АВ	0,85	1,87	29,5

Выводы. Урожайность льна и пшеницы озимой на ПП была на 0,11 т/га (12,9%) и 0,5 т/га (14,7%) больше, чем по ТС, тогда как урожайность сорго и ячменя озимого снижалась на 0,52 т/га (25,7%) и на 0,43 т/га (7,4%) соответственно. Применение КМП на горохе способствовало увеличению урожайности на 0,15 т/га (11%). В условиях ТС инокуляция также обеспечила прибавку

урожая озимой пшеницы на 1,11 т/га (32,6%), по сравнению с контролем. Предпосевная инокуляция семян ячменя озимого при ПП способствовала повышению урожайности на 0,28 т/га (5,2%) и такому же снижению при ТС по сравнению с контролем. При ПП, в условиях 2019 года, несколько снизилось качество продукции всех изучаемых культур, кроме льна и сорго. Применение КМП для инокуляции семян способствовало повышению качества продукции на озимой пшенице, озимом ячмене и сорго.

Библиографический список

1. Адамень Ф.Ф. Практическое руководство по выращиванию нута в Крыму / Ф.Ф. Адамень, Ю.В. Плугатарь, А.В. Рюмшин и др. // Симферополь, ФГБУН «НИИСХ Крыма». – ИП Гальцовой Н.А. – 2018. – С. 104.
2. Турин Е.Н. Клевер открытозевый – перспективная кормовая культура / Е.Н. Турин // Земледелие. – 2008. – №8. – С. 40.
3. Адамень Ф.Ф., Плугатарь Ю.В., Рюмшин А.В. и др. Нут // Симферополь, Никитский ботанический сад - Национальный научный центр РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма. – ООО «Полипринт». – 2018. – 579 с.
4. Турин Е.Н. Гречиха: значение, ботанические и биологические особенности, технология возделывания / Е.Н. Турин // Агроном. – 2009. – № 1. С. 176.
5. Турин Е.Н. Совершенствование обработки почвы в Крыму / Е.Н. Турин, К.Г. Женченко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Изд-во: РГАУ, Рязань. – 2018. – С. 52-60.
6. Dridiger V.K. Effect of no-till technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil / V.K. Dridiger, E.I. Godunova, E.V. Eroshenko and other // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2018. – №2 (9). – P. 766-780.
7. Турин Е.Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева (обзор) / Е.Н. Турин // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – №2(22). – С. 150-168.
8. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г., Вайцеховская С.С. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 28-32. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10607.
9. Дридигер, В.К. Динамика изменения агрофизических свойств почвы при возделывании полевых культур по технологии No-till / В.К. Дридигер, В.В. Кулинцев, Р.С. Стукалов, Р.Г. Гаджиумаров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5 (73). – С. 35-38.
10. Турина Е.Л. Значение сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) и обоснование актуальности исследований с ним в Центральной степи Крыма (обзор) / Е.Л. Турина // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – №1(21). – С. 100-121.
11. Мельничук Т. Н. Изменение состава микробиома чернозема южного при влиянии систем земледелия и микробных препаратов / Т.Н. Мельничук, С.Ф. Абдурашитов, Е.Е. Андронов и др. // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – № 4. – С. 76-87.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М., 2011. – 315 с.
13. Драган Н.А. Почвы Крыма. Симферополь: СГУ, 1983. – 95 с.
14. Прудок О.И., Адаменко Т.И. Агроклиматический справочник по Автономной Республике Крым. Симферополь: Таврида, 2011. – 344 с.

**СЕКЦИЯ «АГРОГЕННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ,
СОХРАНЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ИХ ПЛОДОРОДИЯ В
АГРОЛАНДШАФТАХ»**

УДК 631:58

**БИОЛОГИЗИРОВАННЫЕ СЕВООБОРОТЫ И
ИХ ВЛИЯНИЕ НА БАЛАНС ГУМУСА
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Попов Ф.А., Денисова А.В.

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого,
г. Киров

E-mail: zemledel_niish@mail.ru

***Резюме.** В биологизированных севооборотах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 1,67-2,00% при использовании навоза, растительной массы сидеральных и промежуточных культур, корнеостерневых остатков и отавы многолетних бобовых трав образуется 8,93-11,51 т/га гумуса, что позволяет получать положительный баланс 0,12-0,72 т/га. Для интенсивного обогащения почвы органическим веществом в восьмипольном севообороте использовали два сидеральных пара и три промежуточные культуры.*

Тема проектирования севооборотов на основе биологизации не потеряет своей значимости на дальнейшую перспективу ввиду неустойчивой экономической и политической ситуации, внедрения новых сортов, культур, технологий их возделывания, ареалов распространения сорных растений и патогенных микроорганизмов в условиях меняющегося климата [1].

Академик Кирюшин В.И. проблему биологизации выносит на широкое обсуждение. Биологическое земледелие занимает свою нишу, которая обоснована желанием избежать загрязнения продукции и окружающей среды. Что касается биологических средств повышения плодородия почв (сидераты, пожнивные посевы, растительные остатки и др.), то для эффективной отдачи от них требуются минеральные удобрения. Перспективы развития биологического направления должны быть сопоставимы и с состоянием животноводства, с условиями использования и качеством его отходов. В небольших предприятиях, которые в большей мере подходят для биологического земледелия, достигается оптимально равномерное распределение животноводства по территории, интеграция животноводства и земледелия, эффективное использование навоза в прифермских севооборотах [2].

Основная цель биологизации земледелия – это повышение плодородия почв [3, 4].

По результатам последнего цикла агрохимического обследования в Кировской области низким содержанием гумуса в почве характеризуется 50% площадей пашни, средневзвешенная величина этого показателя находится в пределах 2,1-2,2%, что характерно для дерново-подзолистых почв. Кислые почвы занимают 74,6%, бедные фосфором 26,1%, калием – 24,5% площади

пашни в области [5].

В повышении плодородия почв, продуктивности пашни, основная роль принадлежит научно обоснованным севооборотам, которые являются главной составляющей частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Результаты исследований, полученные в длительном стационарном опыте по изучению различных видов севооборотов, позволяют не только оценить влияние изучаемых культур на воспроизводство почвенного плодородия, но и вовремя остановить негативные изменения свойств дерново-подзолистых почв.

Цель исследований – определить пути поступления органического вещества в почву в полевых севооборотах и определить баланс гумуса дерново-подзолистых легкосуглинистых почв.

Материал и методы. Исследования проводились в стационарном опыте ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, заложенном в 1976 году. В 2002-2017 гг. изучались полевые восьмипольные севообороты с различными видами паров и промежуточными (поукосные и пожнивные) культурами.

Севообороты размещены в пространстве и во времени, размещение делянок систематическое, повторность четырехкратная. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, сформированная на элювии пермских глин. Агрохимические показатели: pH_{KCl} 4,8-5,5, содержание P_2O_5 – 135-216, K_2O – 150-157 мг/кг почвы (по Кирсанову), содержание гумуса – 1,67-2,00% (по Тюрину).

В севооборотах возделывались культуры районированных сортов: озимая рожь Фаленская 4, ячмень Лель, яровая пшеница Свеча, овес Сельма, горох Лучезарный, пелюшка Надежда, клевер луговой Ратибор, вика Львовская-28, донник желтый, люпин узколистый Снежеть.

Севообороты насыщены бобовыми культурами: одно- и двухгодичными клеверами и их смесями со злаковыми травами, смесями зернобобовых и яровых зерновых культур, а также сидеральными культурами (донник желтый, люпин узколистый, клевер луговой, горчица белая + пелюшка + овес, редька масличная + пелюшка + овес). Насыщение бобовыми культурами до 50%. После уборки озимой ржи на зерно подсеивались промежуточные пожнивные культуры (редька масличная, горчица белая, рапс яровой). Эти же культуры высевались поукосно после зерносмесей на зеленый корм и сенаж. Промежуточные культуры в севооборотах занимали от 12,5 до 37,5%. Удобрения вносились под основные культуры в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$, под пожнивные и поукосные сидераты – N_{30} . Агротехника возделывания культур – рекомендуемая для Нечерноземной зоны. Исследования проводились по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждения. Севооборот был и остается многофункциональной агроэкологической системой агроценозов, позволяющей решать многие задачи современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Усиливается роль севооборота и как фактора регулирования поступления органического вещества почвы.

В севооборотах, направленных на биологическую интенсификацию, важным условием будет являться наличие многолетних бобовых трав, зернобобово-крестоцветных смесей, сидеральных и промежуточных культур, навоза, что будет способствовать созданию положительного баланса гумуса.

Проведенные исследования в двух ротациях восьмипольных севооборотов показали, что для создания положительного баланса гумуса при оптимальной структуре севооборота имеются существенные резервы. Количество образующегося гумуса зависит от поступления растительных остатков возделываемых культур, органических удобрений и условий их гумификации.

Наши исследования показывают, что в восьмипольном севообороте с чистым паром без внесения органических удобрений в год теряется в пахотном слое 0,06 т/га гумуса. Наибольшая минерализация идет в чистом пару – 2,01 т/га. За ротацию образуется 6,90 т/га гумуса. Наличие в данном севообороте 25,0% (два поля) многолетних трав не обеспечивает положительный баланс гумуса [6].

Дальнейшие исследования определили, что даже при невысоких дозах органических и минеральных удобрений возможно сохранение содержания гумуса и обеспечение положительного баланса. В первую очередь учитывалось поступление корнестерневых и пожнивных остатков всех возделываемых культур. В севооборотах их количество колебалось от 4,10 в севообороте с чистым паром (I) до 6,96 т/га в год в севообороте с одной сидеральной и двумя промежуточными культурами (III) (табл.).

Внесение в чистом пару 40 т/га (5 т на 1 га севооборотной площади) навоза обеспечивает вместе с растительными остатками поступление 9,10 т/га органического вещества, из которого образуется 8,93 т/га гумуса при положительном балансе 0,12 т/га.

Ввиду недоступности во многих хозяйствах органических удобрений в виде навоза и компостов, для получения органического вещества, равнозначного количеству навоза, в паровых полях возделывали различные сидеральные культуры, с которыми поступало в почву 12,5-43,9 т/га в год растительной массы. В севообороте (V) с двумя сидеральными парами (клевер и смесь редька масличная + овес + пелюшка) самое высокое поступление органического вещества. Замена навоза в чистом пару донником на сидерат (II) увеличивает поступление органического вещества более, чем в два раза (17,5 т/га). Количество образованного гумуса практически равноценно в этих севооборотах (8,93 и 9,15 т/га), но баланс гумуса увеличивается в положительную сторону до 0,42 т/га в севообороте с сидеральным паром. А если учесть, что навоз (по данным ФГБУ ГЦАС «Кировский») содержит питательных элементов в 1,3-1,6 раза меньше, чем в справочных данных, то наиболее эффективно и экономически выгодно применение в севообороте сидеральной культуры.

Важнейшим резервом оптимизации структуры посевных площадей в севооборотах и повышении биологической интенсификации земледелия являются посевы промежуточных культур.

Таблица – Поступление органического вещества в полевых восьмипольных севооборотах

Севообороты с различными видами паров	Удобрения и промежуточные культуры	Поступление органического вещества, т/га в год				Образовалось гумуса, всего т/га	Баланс гумуса, т/га
		КСО*	сидеральных культур, навоза	промежуточных культур	всего		
I пар чистый – оз. рожь – ячмень с подсевом клевера и тимopheевки – клевер + тимopheевка 1 г.п. – клевер + тимopheевка 2 г.п. – яр. пшеница – вика + яр. пшеница + ячмень (з/фураж) – овес	NPK + навоз	4,10	5,0	-	9,10	8,93	+ 0,12
II пар сидеральный (донник) – оз. рожь – ячмень с подсевом клевера и тимopheевки – клевер + тимopheевка 1 г.п. – клевер + тимopheевка 2 г.п. – яр. пшеница – вика + яр. пшеница + ячмень (з/фураж) – овес с подсевом донника	NPK + 1 сидеральная	4,78	17,5	-	22,28	9,15	+ 0,42
III пар сидеральный (люпин) – оз. рожь + редька масличная (пожнивная) – ячмень с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – яр. пшеница – горох + яровая пшеница + овес (з/сенаж) + рапс яровой (пожнивная) – овес	NPK + 1 сидеральная + 2 промежуточные культуры	6,96	12,5	21,5	40,96	10,43	+ 0,62
IV пар сидеральный (редька масличная + вика + овес) – оз. рожь + горчица белая (пожнивная) – ячмень – пелюшка + яр. пшеница + овес (з/сенаж) с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – яр. пшеница – овес	NPK + 1 сидеральная + 1 промежуточная культура	6,63	20,0	12,0	38,63	10,70	+ 0,68
V пар сидеральный (клевер) – оз. рожь + рапс яровой (пожнивная) – ячмень – вика + яр. пшеница + овес (з/сенаж) + редька масличная (пожнивная) – пар сидеральный (редька масличная + овес + пелюшка) – оз. рожь + оз. вика (з/корм) + горчица белая (пожнивная) – яр. пшеница – овес	NPK + 2 сидеральные + 3 промежуточные культуры	6,33	43,9	33,8	83,03	11,51	+ 0,72

*КСО – корнестерневые остатки

В Кировской области после уборки озимой ржи и ячменя поля пустуют более двух месяцев. За это время выпадает 100-150 мм и более осадков, сумма температур выше 5 °С составляет 30-40% агроклиматических ресурсов всего теплого периода года. ГТК в большинстве лет в пределах 1,1-1,4, что является достаточным для развития промежуточных культур [7].

Получение дополнительного урожая за счет промежуточных культур возможно только при использовании минеральных удобрений. Промежуточные культуры, как важный элемент плодосмена, возможно использовать на кормовые цели и как источник ценного органического вещества.

В промежуточных посевах в наших исследованиях мы использовали крестоцветные культуры. Посев в сидеральном севообороте с люпином узколистным (III) двух промежуточных культур (редьки масличной и рапса ярового) увеличило поступление органического вещества до 40,96 т/га. В севообороте (IV) с использованием смеси редька масличная + вика + овес на сидерат и одной промежуточной культуры (горчица белая) поступление органического вещества незначительно ниже (38,63 т/га), что объясняется более высоким урожаем запахиваемых культур. Образовавшийся за ротацию гумус (10,43 и 10,70 т/га) создает положительный баланс в севооборотах 0,62 и 0,68 т/га.

В производственных условиях Кировской области в сидеральных парах используется в большей степени клевер луговой, который может обеспечить поступление органического вещества в почву 25,5-29,2 т/га, а его отава, запаханная в сентябре 8,50-12,80 т/га, что дает поступление гумуса 1,53-1,75 и 0,51-0,77 т/га соответственно.

Применение двух сидеральных паров (клевер и однолетние травы) в севообороте (V) и дополнительно трех промежуточных культур после озимой ржи на зерно и после зерносмесей на зерносенаж и зеленый корм можно использовать для интенсивного обогащения почвы органикой. Из поступившего от сидеральных, промежуточных культур и корнеотпрысковых остатков органического вещества 83,03 т/га образуется 11,51 т/га гумуса. Минерализация в данном севообороте составляет только 53% от образования гумусовых веществ и создается прирост гумуса 0,72 т/га. Ежегодно почва пополнялась на 1,44 т/га гумуса.

Между поступлением органического вещества и урожайностью сидеральных и промежуточных культур выявлена высокая корреляционная зависимость ($r=0,77$). Содержание гумуса от количества корнеотпрысковых остатков зависело в средней степени ($r=0,67$). Высокой степенью зависимости отмечалось образование гумуса от поступления наземной массы и поукосных остатков бобовых и крестоцветных культур ($r=0,85$).

Выводы. Таким образом, правильно спроектированные севообороты с включением всех факторов биологизации являются главным и наиболее дешевым агротехническим приемом сохранения и улучшения почвенного плодородия дерново-подзолистых почв. За счет введения сидеральных паров, промежуточных посевов, внесения навоза создается положительный баланс гумуса.

Библиографический список

1. Вавин В.Г. Вариант алгоритма проектирования севооборотов в адаптивно-ландшафтном земледелии / Адаптивно-ландшафтное земледелие: вызовы XXI века: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 70-лет. со дня рождения член-корр. РАН Г.Н. Черкасова, 12-14 сентября 2018 г. Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ» – ВНИИЗиЗПЭ, 2018. – С. 144-145.
2. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия // Земледелие. – №3. – 2019. – С. 3-7.
3. Лошаков В.Г. Развитие учения о севообороте в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева // Земледелие. – №2. – 2017. – С. 3-9.
4. Зезин Н.Н., Постников П.А., Намятов М.А. Баланс гумуса в полевых севооборотах // Пермский аграрный вестник. – №2(26). – 2019. – С. 57-64.
5. Молодкин В.Н., Бусыгин А.С. Плодородие пахотных почв Кировской области // Земледелие. – 2016. – №8. – С.16-18.
6. Козлова Л. М., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Совершенствование севооборотов для сохранения плодородия почвы и увеличения их продуктивности в условиях биологической интенсификации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Т. 20. – № 5. С. – 467-477.
7. Мухамадьяров Ф.Ф., Сиротенко О.Д. Изменение климата. Перспективы северного растениеводства / Агротехнологические и экологические аспекты развития растениеводства на Евро-Северо-Востоке РФ: мат. науч. сессии и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам северного растениеводства. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2008. – С. 6-17.

УДК 631.417.1:631.421.1

ТЕМПЫ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ В МНОГОЛЕТНЕМ МНОГОФАКТОРНОМ ПОЛЕВОМ СТАЦИОНАРНОМ ОПЫТЕ

Масютенко Н.П.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ» – ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,
г. Курск, Россия,
E-mail: vninp@mail.ru

Резюме. В многолетнем многофакторном полевом стационарном опыте за 8 ротаций севооборотов установлены темпы потери органического углерода в пахотном слое чернозема типичного тяжелосуглинистого без внесения органических удобрений в зависимости от вида севооборота, экспозиции склона, системы обработки почвы. Показано изменение подвижности гумусовых веществ и качества подвижных гумусовых веществ за 32 года. Оценены темпы накопления органического углерода в почве при внесении раз в ротацию 48 т/га навоза с NPK и без за 4 ротации зернопаропропашного и зернотравяного севооборотов.

Почвенное органическое вещество играет ведущую роль в формировании почвенного плодородия, создании благоприятных условий для роста и развития растений и жизнедеятельности микроорганизмов, снижении отрицательных последствий антропогенного воздействия на почву и повышении устойчивости земледелия при неблагоприятных климатических условиях. От качественного и количественного состава гумуса зависят агрохимические, агрофизические и биологические свойства почвы.

Одним из вызовов современности является снижение в пахотных почвах содержания органического углерода. В этих условиях для оценки влияния различных систем земледелия на содержание органического углерода в почве необходимо изучать темпы его изменения. В.М. Семенов и Б.М. Когут [1] подчеркивают актуальность исследования процессов стабилизации-дестабилизации почвенного органического вещества в зависимости от факторов окружающей среды на уровне экосистемы, изучение динамики его содержания и качества. Такие исследования следует проводить в многолетних полевых стационарных опытах, когда почва при постоянном способе использования переходит в новое квазистационарное состояние, когда почвенный пул органического вещества находится в относительном равновесии с вновь сложившимися агро-экологическими условиями [2, 3].

Целью данной работы было изучение темпов изменения содержания органического углерода и качества подвижных гумусовых веществ в пахотном слое чернозема типичного тяжелосуглинистого на протяжении 4-х и 8-ми ротаций зернопаропропашного и зернотравяного севооборотов без и с внесением органических удобрений в зависимости от вида севооборота, экспозиции склона, системы обработки почвы.

Исследования проводили в многофакторном полевом стационарном опыте ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Медвенский район, Курская обл.), в 1984 году, на пашне в чернозёме типичном тяжелосуглинистом в 4-ю ротацию четырехпольных зернопаропропашного (ЗППС) и зернотравяного (ЗТС) севооборотов с внесением навоза с минеральными удобрениями и без них и в 8-ю ротацию тех же севооборотов при отвальной и безотвальной системах обработки, без внесения удобрений. Чередование культур в зернопаропропашном следующее: ячмень-чистый пар-озимая пшеница-кукуруза; в зернотравяном севообороте: травы - травы-озимая пшеница - ячмень+травы. Глубина обработки под кукурузу –25-28 см, а под остальные культуры севооборотов – на 20-22 см. Вносили 1 раз за ротацию севооборота 48 т/га навоза с NPK под культуру и без. Варианты указаны в таблицах 1, 2.

Образцы почвы для определения органического углерода и подвижных гумусовых веществ отбирали в августе 1984 и 2016 года в слоях 0-10 см и 10-20 см из 6 точек по диагонали делянки. В 2000 году образцы почвы отбирали в слое 0-20 см из 6 индивидуальных проб, отобранных по диагонали делянки. Содержание органического углерода определяли по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель [4]; содержание и состав подвижных гумусовых веществ – в 0.1н вытяжке NaOH из почвы без декальцирования в модификации Почвенного института им. В.В. Докучаева [5] с предварительным компостированием (ВНИИЗиЗПЭ) .

Перед закладкой опыта содержание углерода органического (Сорг) в почве в пахотном слое чернозема типичного тяжелосуглинистого было выше на водораздельном плато, чем на склоне северной экспозиции на 6-11%, а через 32 года эта разница изменилась незначительно и стала 8-11% (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение содержания органического углерода (Сорг) и подвижных гумусовых веществ (СПТВ) в черноземе типичном тяжелосуглинистом за 8 ротаций зернопаропропашного (ЗППС) и зернотравяного севооборота (ЗТС) в зависимости от экспозиции склона и системы обработки в пахотном слое

Вариант	Слой, см	1984 год			2016 год			Изменение содержания в почве			Потери Сорг, в % год ⁻¹	
		Сорг, %	СПТВ		Сорг, %	СПТВ		Спгк: Спфк	Сорг			
			мг/кг почвы	% от Сорг		мг/кг почвы	% от Сорг					
Водораздельное плато												
ЗППС, отвальная вспашка	0-10	3,39±0,04	4020±160	11,9	0,77	3,25±0,04	4739±140*	14,5	0,96	-0,14	2,6	0,0044
	10-20	3,45±0,05	3649±134	10,6	0,74	3,24±0,04	4519±138	14,0	0,95	-0,21	3,4	0,0066
	0-10	3,45±0,03	3904±147	11,1	0,65	3,35±0,03	4799±145	14,3	0,96	-0,10	3,2	0,0031
безотвальная вспашка	10-20	3,34±0,04	3954±161	11,6	0,69	3,27±0,03	4469±135	13,7	0,95	-0,07	2,1	0,0022
	0-10	3,52±0,04	4015±115	11,4	0,75	3,45±0,06	5094±150	14,9	0,96	-0,07	3,5	0,0022
ЗТС, отвальная вспашка	10-20	3,40±0,05	3689±135	10,8	0,76	3,35±0,05	4874±146	14,6	0,97	-0,05	3,8	0,0016
Северный склон												
ЗППС, отвальная вспашка	0-10	3,19±0,06	3706±110	11,6	0,73	2,93±0,05	4223±125	14,4	0,83	-0,26	2,8	0,0081
	10-20	3,17±0,07	3570±105	11,3	0,74	2,91±0,05	4003±120	13,8	0,81	-0,26	2,5	0,0081
	0-10	3,14±0,05	3862±114	12,3	0,65	3,06±0,06	4724±140	15,5	0,88	-0,08	3,2	0,0025
безотвальная вспашка	10-20	3,12±0,06	3417±101	10,9	0,70	3,03±0,05	4504±135	14,8	0,87	-0,09	3,9	0,0028
	0-10	3,16±0,05	3912±116	12,2	0,68	3,13±0,05	5190±155	16,6	0,96	-0,03	4,4	0,0009
ЗТС, отвальная вспашка	10-20	3,12±0,16	3789±112	12,1	0,72	3,11±0,05	4970±150	16,0	0,95	-0,01	3,9	0,0003

* ошибка среднего; Спгк – углерод подвижных гуминовых кислот, мг/кг почвы; Спфк – углерод подвижных фульвокислот, мг/кг почвы.

Исследования показали, что содержание Сорг в черноземе типичном без внесения органических удобрений за 32 года снизилось в слое 0-10 см на 0,03-0,26%, а в слое 10-20 см на 0,01-0,26% в зависимости от экспозиции склона, типа севооборота и системы обработки почвы. Наименьшие потери Сорг в почве отмечены в ЗТС, наибольшие – в ЗППС, в обоих случаях на северном склоне при отвальной обработке.

При безотвальной обработке потери Сорг в ЗППС на водораздельном плато были в 1,4 раза в слое 0-10 см и в 3 раза в слое 10-20 см меньше, чем при отвальной. В ЗТС при отвальной обработке они были в слое 0-10 см в 2 раза, а в слое 10-20 см в 3 раза меньше, чем в ЗППС.

На северном склоне снижение Сорг в почве при безотвальной обработке в ЗППС было в слое 0-10 см в 3,2 раза, а в слое 10-20 см в 2,8 раза меньше, чем при отвальной. В ЗТС на рассматриваемом склоне потери Сорг в пахотном слое почвы значительно снижаются по сравнению ЗППС.

Потери Сорг в почве зависят от вида севооборота, экспозиции склона и системы обработки почвы. Наиболее сильное влияние оказывают севообороты.

Содержание подвижных гумусовых веществ в процентах от Сорг в почве через 32 года увеличилось, особенно в ЗТС (на 30,7-36,1%). В ЗППС оно возросло при отвальной обработке – на 21,8-32,1%, а при безотвальной - на 18,1-35,8%. Таким образом, подвижность гумусовых веществ в почве за 8 ротаций севооборотов растет, а содержание Сорг падает в условиях недостаточного поступления в почву органического вещества. При этом качество подвижных гумусовых веществ, то есть отношение Спгк:Спфк, через 32 года возрастает, особенно в ЗТС и на водораздельном плато.

При внесении органических удобрений изменение содержания Сорг в почве происходит в сторону накопления (таблица 2). Это выявлено нами через четыре первые ротации в вариантах, в которые вносили органические удобрения в виде подстилочного навоза.

Таблица 2 – Изменение содержания органического углерода (Сорг) в черноземе типичном тяжелосуглинистом за первые 4 ротации зернопаропропашного (ЗППС) и зернотравяного севооборота (ЗТС) в зависимости от внесения органических удобрений в слое 0-20 см

Изменение содержания в почве	Зернопаропропашной севооборот			Зернотравяной севооборот		
	Без удоб-рений	Навоз* 48 т/га	Навоз* 48 т/га + НРК**	Без удоб-рений	Навоз* 48 т/га	Навоз* 48 т/га + НРК**
Сорг, %	-0,11	+0,14	+0,13	+0,17	+0,40	+0,31
Сорг в % · год ⁻¹	-0,0069	+0,0086	+0,0084	+0,0104	+0,0248	+0,0196

* – один раз за ротацию севооборота; ** – под культуру

Только в ЗППС на варианте без внесения органических удобрений через четыре первые ротации севооборотов отмечалось снижение содержания Сорг в слое почвы 0-20 см, потери Сорг в год составили 0,0069%. За восемь ротаций ЗППС потери Сорг в год составили 0,0081%, то есть со временем темпы его потери несколько увеличились (таблица 1).

В ЗТС за четыре первые ротации севооборотов на северном склоне наблюдалось накопление Сорг (в слое 0-20 см 0,01045 в год), а по итогам восьми ротаций отмечались незначительные потери (в слое 0-20 см 0,0006% в год).

Внесение 48 т/га навоза один раз в ротацию приводило к увеличению содержания Сорг в пахотном слое почвы в ЗППС и с внесением минеральных удобрений и без них. В ЗТС большее накопление Сорг в почве выявлено на варианте с внесением 48 т/га навоза без NPK.

В зернотравяном севообороте накопление Сорг при внесении 48 т/га навоза в 2,9 раз, а при внесении 48 т/га навоза с NPK в 2,4 раза выше, чем в зернопаропропашном.

Таким образом, в многолетнем полевом стационарном опыте за 8 ротаций севооборотов установлены и оценены темпы потери органического углерода в пахотном слое чернозема типичного тяжелосуглинистого без внесения органических удобрений и темпы его накопления при внесении раз в ротацию 48 т/га навоза с NPK и без за 4 ротации севооборотов в зависимости от вида севооборота, экспозиции склона, системы обработки почвы. Наибольшие его потери выявлены в зернопаропропашном севообороте на северном склоне при отвальной обработке. Применение безотвальной обработки в ЗППС снижает потери Сорг в 1,4-3,2 раза по сравнению с отвальной. Использование ЗТС значительно снижает его потери. За 32 года увеличилась подвижность гумусовых веществ и улучшилось качество подвижных гумусовых веществ, особенно в почве в ЗТС. Внесение 48 т/га навоза с NPK и без способствовало накоплению в течение 4-х ротаций севооборотов органического углерода в слое 0-25 см, как в ЗТС, так и в ЗППС, однако в последнем меньше.

Библиографический список

1. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
2. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин Д.А. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. – М.: Изд-во МСХА им. К.А. Тимирязева, 1993. – 99 с.
3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 325 с.
4. Никитин Б.А. Уточнение к методике определения гумуса в почве // Агрохимия. – 1983. – № 8. – С. 101-106.
5. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв. – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1984. – 96 с.

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

Корчагин А.А.^{1,3}, Шеин Е.В.²,

Ильин Л.И.³, Мазиров М.А.⁴

¹ ФГБОУ ВО Владимирский государственный университет, г. Владимир

² ФГБНУ Почвенный институт им В.В. Докучаева, г. Москва

³ ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», г. Суздаль

⁴ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

E-mail: korchaginaa60@mail.ru

Резюме. Наблюдения за температурным режимом серых лесных почв показали, что серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом имеют иной температурный режим: нагреваются и остывают медленнее, чем фоновые серые лесные почвы, их температура отличается большей инерционностью и меньшим размахом годовых колебаний.

Ключевые слова: Серые лесные почвы, второй гумусовый горизонт, динамика температуры почвы.

Цель исследований. Изучить тепловой режим комплекса серых лесных почв Владимирского ополья.

Условия, материалы и методы. Исследования проведены на комплексе серых лесных почв в многолетнем стационарном полевом опыте, заложенном в 1997 г. Рельеф опытного участка ровный, с уклоном около 1,1° в направлении с северо-запада на юго-восток. По агроэкологической классификации участок принадлежит к зональному автоморфному типу земель. Почвенный покров характеризуется высокой пестротой. Выделяются различной степени оподзоленности серые лесные почвы на покровных суглинках, серые лесные оподзоленные со вторым гумусовым горизонтом на покровных суглинках. Второй гумусовый горизонт (СЛГ), представленный горизонтами A_h и (или) A_hE, расположен под пахотным слоем с глубины 25-30 см. Верхняя часть СЛГ припахана, нижняя граница имеет неровный характер благодаря наличию потеков и гумусированных жилок, выдающихся в нижележащие горизонты. СЛГ подстилается осветленными горизонтами E и EB. Нижняя часть СЛГ (горизонт A_hE) тоже практически всегда оподзолена [1].

Пространственное распределение температуры изучалось на первом повторении опытного стационара, на участке размером 70 x 84 м. Опытный участок был разбит на 40 делянок размером 7 x 21 м, в центре которых измеряли температуру почвы на глубинах 20 и 40 см портативным электротермометром ТЭТ-2. В дальнейшем полученный массив данных соотносили с почвенной картой участка (рисунок 1).

Рисунок 1 – Почвенная карта опытного участка (М 1:2000)

Результаты и обсуждение. При реализации на практике концепции адаптивно-ландшафтного земледелия необходимо учитывать, что температура почвы является одним из ключевых факторов, определяющих функционирование сельскохозяйственных экосистем. От температуры почвы зависит интенсивность эвапотранспирации, а значит и водный режим почвы; температура определяет скорость протекания внутрипочвенных химических реакций, в том числе интенсивность разложения вносимых удобрений; с температурой почвы тесно связан микроклимат растительного покрова, который в свою очередь определяет интенсивность процесса фотосинтеза, а, в конечном счете – продуктивность сельскохозяйственных культур. Поэтому своевременная оценка и прогнозирование температурного режима является одной из необходимых сторон управления и прогноза развития агроэкосистемы и ландшафта в целом [2].

Температура почвы зависит от условий инсоляции на поверхности, которые в свою очередь определяются свойствами растительного покрова, с одной стороны, и характеристиками микрорельефа – с другой. Кроме того, существенную роль в формировании температурного режима почвенного покрова играют особенности внутрипочвенного теплообмена, которые связаны со свойствами почвенного профиля. Поэтому при проведении комплексных исследований температурного режима почвы необходимо наряду с микроклиматическими условиями на деятельной поверхности почвы изучать и собственно почвенные теплофизические характеристики. Как правило, теплофизические характеристики почвы существенным образом зависят от ее минералогического состава, содержания в ней органического вещества, воздуха и влаги.

Латеральная изменчивость теплопроводности почв приводит к тому, что почвенный покров прогревается и остывает неравномерно, и температура почвы на одной и той же глубине оказывается неодинаковой для контрастных почвенных разностей.

Исследования пространственного распределения температуры комплекса серых лесных почв показали, что для сроков весенних наблюдений наименьшие значения температуры на глубинах 20 и 40 см соответствовали областям, занятым серой лесной почвой с СЛГ (рисунок 2 а, б). Температура почвы изменялась в пределах участка весьма причудливым образом, однако форма термоизоплет была связана с контурами почвенных разностей, прежде всего с выделениями почв с СЛГ, отличия составляли до 2-3°C, что для весеннего прогревания почвы весьма заметно. На остальной территории температура почвы варьирует незначительно.

Рисунок 2 – Термоизоплеты температуры почвы (°C): в мае на глубинах 20 см (а) и 40 см (б); в августе на глубинах 20 см (в) и 40 см (г)
Штриховкой показаны контуры серой лесной почвы с СЛГ.

Во время августовских измерений более высокие температуры были приурочены почвам с СЛГ, при этом наибольшие расхождения в температурном

режиме почвы с СЛГ и почв без СЛГ в пределах участка составили 5,5 °С (рисунк 2 в, г).

Таким образом, серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом имеют иной температурный режим: нагреваются и остывают медленнее, чем фоновые серые лесные почвы, их температура отличается большей инерционностью и меньшим размахом годовых колебаний.

Библиографический список

1. Макеев А.О., Дубровина И.В. География, генезис и эволюция почв Владимирского ополья // Почвоведение. – 1990. – № 7. – с. 5-25.
2. Архангельская Т.А. Генезис сильно промерзающих серых лесных почв со вторым гумусовым горизонтом (на примере Владимирского ополья). Криосфера Земли. – 2003. – Т. VII. – № 1. – С. 39-48.

УДК:633.11 + 631.811.1

ПОТОКИ ^{15}N В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ²

Алферов А.А.

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени
Д.Н. Прянишникова, 127550, г. Москва,
E-mail: alferov72@yandex.ru

Резюме. В микрополевым опыте с использованием меченого ^{15}N азотного удобрения и микробных препаратов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве изучены потоки азота при выращивании яровой пшеницы в системе удобрения – почва – растения. Установлено, что применение микробного препарата Ризоагрин способствует повышению использования азота удобрения на 4%, увеличивает в 1,3 раза его вынос растениями пшеницы. В отношении показателей устойчивости агроэкосистемы только отмечается положительная тенденция.

Познание минерализационно-иммобилизационной оборачиваемости азота в почве важно для понимания внутрипочвенных циклов азота и решения практических задач, таких как достижение синхронности процессов накопления в почве минерального азота и его усвоение сельскохозяйственными культурами, что предотвращает чрезмерную аккумуляцию нитратов в объектах окружающей среды, снижает газообразные потери азота. В этой связи поле с возделываемой сельскохозяйственной культурой рассматривается как управляемая целостная агроэкосистема взаимодействующих друг с другом компонентов (почва – микроорганизмы – растения – атмосфера) с характерными свойствами и отвечающая требованиям сейстейнинга [1-5].

Особенностью агроэкосистем является общность признаков: развитие, потоки, энергии, пищевые цепи, управление, круговороты или циклы биофильных элементов. Антропогенный фактор в агроэкосистеме реализуется в виде

² Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 18-016-00200

непосредственного воздействия на ее структуру, пищевые цепи, круговороты энергии и питательных веществ, в результате чего изменяются режимы в почве, численность и видовое разнообразие растений и микроорганизмов, а сама агроэкосистема приобретает ряд специфических характеристик, свойственных конкретному типу хозяйственной деятельности человека [6-7].

Цель работы – определить параметры круговорота азота удобрения, почвенного и биологического азота в агроэкосистеме при выращивании яровой пшеницы, внесении меченного ^{15}N азотного удобрения, применении микробных препаратов на дерново-подзолистой почве.

Методика. Действие биопрепаратов ризосферных микроорганизмов на потоки азота при выращивании яровой пшеницы изучали в микрополевом опыте по схеме, включающей два фона минерального питания растений: фосфорно-калийный и азотно-фосфорно-калийный. На обоих фонах производится посев инокулированных биопрепаратами ризосферных бактерий семян яровой пшеницы [8].

Микрополевой опыт проводили в 2018-2019 гг. в сосудах без дна площадью $0,018 \text{ м}^2$ на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смоленской области со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,91-1,96%, подвижных форм P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – соответственно 125,1-140,8 и 129,0-166,0 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,6-5,7; повторность опыта – 4-кратная. В целях лучшего восприятия результатов опыта соответствующие показатели даны в пересчете на г/м^2 . Предшественник яровой пшеницы – гречиха. Минеральные удобрения вносили при набивке сосудов почвой. В качестве азотного удобрения применяли аммиачную селитру $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ с обогащением 54,04 ат. % в дозе 81 мг/сосуд, что соответствует 45 кг N/га. В качестве фона и контроля применяли суперфосфат двойной и хлористый калий в дозах $\text{P}_{45}\text{K}_{45}$. Семена яровой пшеницы в день посева обрабатывали микробиологическими препаратами: **Ризоагрином (РА)**, созданным на основе штамма 204, относящегося к роду *Agrobacterium radiobacter* (штаммы образуют активные ассоциации между растениями и микроорганизмами, способны фиксировать атмосферный азот и переводить его в легко усваиваемую форму азотсодержащих соединений); **биопрепаратом с рабочим названием 17-1** создан на основе штамма ассоциативных ризобактерий, относящихся к роду *Pseudomonas sp.*, выделен из ризосферы растений ячменя и обладает высокой антифунгальной активностью по отношению к спектру фитопатогенных грибов, а также высокой ростостимулирующей активностью. В почвенных и растительных образцах определяли: $\text{N}_{\text{общ}}$ по принятой методике, атомный % ^{15}N на масс-спектрометре «Delta V». Потоки азота рассчитывали по [9].

Результаты. В результате проведенных исследований определено, что применение азотного удобрения повышает потребление азота растениями яровой пшеницы и увеличивает общий его вынос на 89% (табл. 1). Инокуляция семян микробным препаратом Ризоагрин способствует росту выноса азота яровой пшеницы на 34%, препаратом на основе штамма 17-1 – на 18%, что уступает действию удобрения. Применение азотного удобрения и биопрепаратов

способствует росту потребления азота и повышает его вынос урожаем яровой пшеницей на 97-119%. При этом формирование биомассы яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве осуществляется в основном за счет почвенного азота, доля которого достигает 2/3 общего выноса элемента при применении минеральных удобрений. Величина «экстра»-азота составляет 13%. Инокуляция биопрепаратами не оказывает существенного влияния на долю почвенного азота в структуре его выноса урожаем пшеницы, но способствует повышению доли «экстра»-азота в продукционном процессе.

Таблица 1 – Потребление азота удобрения и почвы яровой пшеницей (среднее за 2 года)

Вариант	Общий вынос N, г/м ²	В том числе N				Дополнитель- ный N	
		удобрения		почвы			
		1	2	1	2	1	2
1. Фон – Р ₄₅ К ₄₅ (Ф)	2,55	–	–	2,55	100	–	–
2. Ф + Ризоагрин (РА)	3,42	–	–	3,42	100		
3. Ф + Штамм 17-1	3,02	–	–	3,02	100	–	–
4. Ф + N ₄₅	4,82	1,63	34	3,19	66	0,64	13
5. Ф + N ₄₅ + РА	5,04	1,79	35	3,25	65	0,70	14
6. Ф + N ₄₅ + Штамм 17-1	5,58	1,67	30	3,91	70	1,36	24
НСР ₀₅	0,31						

Примечание: 1 – г/м², 2 – %

Применение изотопа ¹⁵N позволило выявить статьи баланса азота удобрений (табл. 2). При инокуляции семян микробным препаратом Ризоагрин отмечается положительная тенденция в использовании азота из N₄₅ на формирование урожая яровой пшеницы (+4%), увеличивается его закрепление в 20-сантиметровом слое почвы (на 7%) и снижаются с 39 до 28% потери азота, относящиеся преимущественно к газообразным формам.

Таблица 2 – Баланс азота удобрений при выращивании яровой пшеницы, % от внесенного с удобрением (средний за 2 года)

Вариант	Использовано растениями N		Закреплено в слое почвы 0-20 см		Потери в слое почвы 0-20 см	
	1	2	1	2	1	2
Ф + N ₄₅	1,63	36	1,12	25	1,76	39
Ф + N ₄₅ + РА	1,79	40	1,44	32	1,27	28
Ф + N ₄₅ + Штамм 17-1	1,67	37	1,25	28	1,58	35

Примечание: 1 – г/м², 2 – %

Интенсивность трансформации азота в почве оценивали по величине минерализованного за вегетацию азота (*М*), формирующего потоки нетто-минерализованного (*Н – М*) и реиммобилизованного (*РИ*) азота (табл. 3). На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве показатель *М* при внесении N₄₅ составил 6,8 г/м², при совместном применении азотного удобрения и биопрепарата основе штамма 17-1 – 7,8 г/м². Во всех вариантах большую долю минерализованного азота составлял нетто-минерализованный азот (*Н – М*) – 74-79%. Абсолютная величина *РИ* при внесении N₄₅ и биопрепаратов больше, чем при внесении только азотного удобрения (1,7-1,8 против 1,4 г/м²), что обусловлено положительной тенденцией иммобилизации азота удобрений при их применении.

Таблица 3 – Потоки азота удобрений (^{15}N), почвы и показатели интегральной оценки функционирования системы почва-растение в посевах яровой пшеницы при инокуляции биопрепаратами, (средние за 2 года)

Показатель	$\Phi + \text{N}_{45}$	$\Phi + \text{N}_{45+}$ РА	$\Phi + \text{N}_{45+}$ Штамм 17-1
Минерализованный азот, г/м ² (М)	6,8	6,7	7,8
Нетто-минерализованный азот, г/м ² (Н – М)	5,4	5,0	6,0
Реиммобилизованный азот, г/м ² (РИ)	1,4	1,7	1,8
РИ : М, %	21	26	23
Н – М : РИ	3,9	2,9	3,3

Анализ состояния агроэкосистемы под яровой пшеницей при применении азотного удобрения показал, что она функционирует в режиме резистентности (уровень воздействия – предельно допустимый). При инокуляции семян микробными биопрепаратами только отмечается положительная тенденция устойчивости агроэкосистемы, что обусловлено невысоким ростом иммобилизации азота удобрений (показатель **РИ : М**).

Таким образом, применение микробного препарата Ризоагрин повышает использование азота удобрения и почвы яровой пшеницей в среднем на 4%, снижает газообразные потери. В отношении показателей устойчивости агроэкосистемы только отмечается положительная тенденция.

Библиографический список

1. Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. – М.: ВНИИА, 2016. – 591 с.
2. Миркин, Б.М., Наумова Л.Г., Хазиахметов Р.М. Управление функцией агроэкосистемы: экологический аспект // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121. – №3. – С. 227-240.
3. Помазкина Л.В., Котова Л.Г., Лубнина Е.В. Биогеохимический мониторинг и оценка режимов функционирования агроэкосистем на техногенно загрязняемых почвах. – Новосибирск: СО Наука, 1999. – 208 с.
4. Помазкина Л.В. Новый интегральный подход к оценке режимов функционирования агроэкосистем и экологическому нормированию антропогенной нагрузки, включая техногенное загрязнение почв // Успехи современной биологии. – 2004. – Том. 124. – № 1. – С. 66-76.
5. Помазкина Л.В. Оценка влияния климатических факторов и загрязнения аллювиальных почв тяжелыми металлами на функционирование агроэкосистем байкальского региона // Агрохимия. – 2018. – № 4. – С. 78-87.
6. Сычев В.Г., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырева Н.Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Том 2. Экологические аспекты роли азота в продукционном процессе. – М.: ВНИИА, 2012. – 272 с.
7. Соколов О.А., Завалин А.А., Сычев В.Г., Шмырева Н.Я., Цуриков Л.Н. Потоки азота в агрофитоценозе на эродированных почвах. – М.: ВНИИА, 2015. – 96 с.
8. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / под общ. ред. А.А. Завалина. – М.: РАСХН, 2000. – 82 с.
9. Помазкина Л.В., Котова Л.Г., Зорина С.Ю., Рыбакова А.В. Сравнительная оценка состояния агроэкосистем на разных типах почв Прибайкалья, загрязненных фторидами алюминиевого производства // Почвоведение. – 2008. – № 6. – С. 717-725.

УДК 546.47 631.415 631.432 633.16

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТИОННОГО СОСТАВА И КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ МЕТОДОМ ПРЕССОВАНИЯ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ЦИНКОМ

Анисимов В.С., Санжаров А.И., Анисимова Л.Н., Фригидов Р.А.
ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск.

E-mail: vsanisimov@list.ru

Резюме. При загрязнении цинком в диапазоне продуктивной влаги для типичного чернозема исследовано влияние капиллярно-сорбционного давления на катионный состав и кислотность почвенных растворов

Ключевые слова: почва, кислотность, Zn, макроэлементы, микроэлементы, почвенный раствор, прессование.

Целью работы явилось изучение взаимосвязи между капиллярно-сорбционным давлением почвенной влаги и химическим составом, а также кислотностью различных энергетических фракций почвенных растворов, извлекаемых прессованием в диапазоне продуктивной влажности для типичного чернозема, загрязненного Zn.

Варианты опыта: «ячмень» и «черный пар» (Zn_0 , Zn_{100} , Zn_{250} и Zn_{500}). В качестве тест-культуры в варианте «ячмень» использовали яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Зазерский-85. Во всех вариантах опыта использовалась почва из пахотного горизонта – чернозем типичный (ЧТ) (Курская область, Медвенский район). В почву вносили Zn (водный раствор нитрата) в количестве 0, 100, 250 и 500 мг/кг, после чего добавляли питательные элементы в виде водных растворов солей (NH_4NO_3 , KH_2PO_4 , K_2SO_4) таким образом, чтобы конечная концентрация элементов питания составляла N_{200} .

Отжимание фракций почвенного раствора с помощью пресса – длительный процесс. Извлечение каждой фракции длилось, в среднем, 2-е суток. В полученных образцах почвенного раствора определялись концентрации макро- и микроэлементов, в том числе Zn (по ICP-OES), а также значения pH.

На рисунке 1 представлена зависимость между влажностью исследуемой почвы (типичного чернозема) и энергетическим состоянием воды в ней, которое характеризуется капиллярно-сорбционным давлением (F) в диапазоне влажностей 11-30%. Зависимость $F=f(W)$ идеально аппроксимируется экспоненциальным уравнением (рис. 1).

Рисунок 1 – Зависимость капиллярно-сорбционного давления от влажности типичного чернозема

Кислотность прессовых почвенных растворов (ППР), извлекаемых из почв вариантов «ячмень» и «черный пар» в диапазоне влажностей 11-48% ($MMГ < W < ПВ$), с увеличением влажности снижалась. Изменения достигали 1.5 ед, рН. Для большинства вариантов «ячмень» и «черный пар» установлена средняя или сильная отрицательная корреляционная зависимость (тренд) между показателями $W_{почвы}, \%$ (предиктор) – $pH_{ППР}$ (результативный признак). Такое поведение прослеживалось не во всем диапазоне влажностей и не для всех вариантов исследуемой почвы. Для ППР, выделенных из почвенных образцов вариантов «черный пар» Zn_0 , Zn_{100} , Zn_{250} и Zn_{500} , а также из вариантов «ячмень» Zn_0 и Zn_{500} в диапазоне влажностей, близких водно-энергетической константе ММВ (максимальной молекулярной влагоемкости) и почвенно-гидрологической константе ВРК (влажности разрыва капилляров) наблюдается смена тренда в виде отрицательной корреляционной зависимости $W_{почвы}, \%$ – $pH_{ППР}$ на положительную. Снижение кислотности прессовых почвенных растворов (ППР) с уменьшением остаточной влажности почвы может быть обусловлено совместным воздействием двух возможных механизмов: снижением концентрации положительно заряженных ионов водорода при увеличении модуля давления (pF) в соответствии с теорией нерастворяющего объема [1], а также процессом дыхания почвенных микроорганизмов. Поскольку отпрессовывание почвенных растворов производилось в воздушной среде, выделение CO_2 микроорганизмами не прерывалось. Растворимость выделяющейся углекислоты с повышением приложенного извне давления в почвенном растворе возрастает, следовательно, растет кислотность и экстрагирующая способность образовавшегося водного раствора углекислоты по отношению к катионам макроэлементов (прежде всего Ca), присутствующим в ППК. При отпрессовывании почвенного раствора происходит дегазация растворенного в нем CO_2 и, соответственно, повышение величины pH ППР.

В почвенных растворах определялось содержание основных макроэлементов, присутствующих в форме катионов: Ca , Mg , K , Na , а также исследуемого микроэлемента – Zn . Для ППР вариантов «ячмень» и «черный пар» (Zn_0) установлена положительная нелинейная корреляционная зависимость (средняя и сильная) между показателями $W_{почвы}, \%$ – $[Me]_{ППР}, мг/дм^3$ ($Me = Zn, Ca, Mg, K, Na$) в исследуемом диапазоне влажностей (11-30%). Для элементов Ca , Mg , K и Na варианта «ячмень» (Zn_0) отмечалось также снижение концентрации их во фракциях почвенной влаги, выделенной при максимальной влажности почвенных образцов. Обращает также на себя внимание факт существенного снижения концентрации исследуемых элементов во фракциях ППР (за исключением Zn) в вариантах опыта «ячмень» по сравнению с «черным паром». Это, по-видимому, является следствием деятельности корневых систем ячменя – подщелачивания почв под вегетирующими растениями и ощутимого выноса рассматриваемых элементов с биомассой.

Уменьшение концентраций исследуемых металлов в отпрессовываемых фракциях ППР вариантов Zn_0 по мере роста капиллярно-сорбционного давления, начиная с влажности 25-30%, удовлетворительно объясняется в рамках

концепции конкурентных межфазных взаимодействий почвенной физической системы [1, 2, 3].

Для варианта опыта «черный пар» при дозе Zn_{250} , (также, как и для почвенных образцов обоих вариантов «черный пар» и «ячмень» при Zn_{100}), в диапазоне влажностей 11-28% наблюдается нелинейная (экспоненциальная) корреляционная зависимость (от слабой до сильной) между показателями $W_{\text{почвы}}, \% - [Me]_{\text{ППР}}, \text{мг/дм}^3$ ($Me = Zn, Ca, K$). При $W_{\text{почвы}} > 28\%$ для исследуемых элементов отмечается снижение их концентрации в извлекаемых фракциях почвенной влаги, что, как и в предыдущих случаях связано с эффектом разбавления ППР. Аналогичное поведение зависимости $W_{\text{почвы}} - [Me]_{\text{ППР}}$, где $Me = Zn$, отмечается и для варианта «ячмень» Zn_{250} : при уменьшении остаточной влажности образца в диапазоне 26-11% снижается концентрация Zn в последовательно извлекаемых фракциях ППР вследствие усиления роли твердой фазы почвы в конкурентных межфазных взаимодействиях. В то время как снижение концентрации Zn во фракциях ППР, извлекаемых при $W > 26\%$, обусловлено эффектом разбавления.

При дозе Zn_{250} , (также, как и для обоих вариантов «черный пар» и «ячмень» при Zn_{100}), в диапазоне влажностей 11-24% наблюдается нелинейная (экспоненциальная) корреляционная зависимость (от слабой до сильной) между показателями $W_{\text{почвы}}, \% - [Me]_{\text{ППР}}, \text{мг/дм}^3$ ($Me = Zn, Ca, K, Na$). Для Mg и Na в варианте опыта «черный пар» левой ниспадающей части кривой $W_{\text{почвы}} - [Me]_{\text{ППР}}$ не обнаружено. При $W_{\text{почвы}} > 24-26\%$ для исследуемых элементов отмечается снижение их концентрации в извлекаемых фракциях почвенной влаги, что, как и в предыдущих случаях связано с эффектом разбавления ППР при высокой влажности почв.

Влияние фактора различной кислотности, который обычно оказывает существенное влияние на массовую долю Zn, Ca, Mg и K в почвенных растворах, в ходе экспериментов с фракциями ППР, извлеченными из увлажненных образцов чернозема вариантов «ячмень» и «черный пар» Zn_0, Zn_{100}, Zn_{250} и Zn_{500} , выявить не удалось.

Библиографический список

1. Смагин А. В. Фундаментальная зависимость концентрационных характеристик почвенного раствора от влажности и ее математическое моделирование // Экологический Вестник Северного Кавказа, 2018. – Т. 14. – №3. – С. 14-35.
2. Lorenz S.E., Hamon R.E., Holm P.E., Domingues H.C., Sequeira E.M., Christensen T.H. and McGrath S.P. Cadmium and zinc in plants and soil solutions from contaminated soils // Plant and Soil (1997) V. 189. – P. 21-31. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1004214923372>
3. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. CRC Press. London. 2011. – 505 p.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЫ

Гюлалыев Ч.Г.

Института Географии НАНА, г. Баку

E-mail: ch_gulaliyev@yahoo.com

Резюме. В работе содержатся результаты экспериментальных исследований зависимости диэлектрической проницаемости от гранулометрических свойств некоторых типов почв Кура-Араксинской низменности Азербайджана в частотном диапазоне 0,4-10,0 МГц, при влажностях 14% и температурном интервале 20 °С.

Выявлено, что имеется тесная корреляционная связь между диэлектрической проницаемостью и содержанием гранулометрического состава почв, так диэлектрическая проницаемость возрастает прямо пропорционально степени дисперсности.

Ключевые слова: Почва, диэлектрическая проницаемость, гранулометрические свойства, удельная поверхность, температура.

Summary. The work contains the results of experimental studies of the dependence of the dielectric permeability on the granulometric properties of some soil types of the Kura - Araksin lowland of Azerbaijan in the frequency range of 0.4-10.0 MHz at 14% humidity and a temperature range of 20 °C.

It was revealed that there is a close correlation between the dielectric permeability and the content of the particle size distribution of soils, so the dielectric permeability increases in direct proportion to the degree of dispersion.

Key words: Soil, dielectric permeability, particle size distribution, specific surface area, temperature.

В почвенном исследовании всегда имеется потребность в получении оперативной информации о гранулометрическом составе почв, которая в сельском хозяйстве имеет большое агрономическое значение, так как его учитывают при обработке почвы, применении удобрений, мелиоративных мероприятиях, размещении культур, в севообороте и других приемах земледелия [1, 3, 4]. Поэтому изучение гранулометрического состава всегда было в центре внимания агрономов и ученых сельскохозяйственного профиля [2, 4]. Именно этим параметрам определяются современные процессы почвообразования и процессы деградации почв. Поэтому целью нашего исследования стало изучение возможности связи между гранулометрическим составом и диэлектрической проницаемостью почв.

Объекты и методика исследований. Объектом исследования стали сероземно-луговые (разр. 12) (*Gleyic Calsisoil*), лугово-сероземные (разр. 13) (*Calsisoil Gleyic*), и солончаковые (разр.14) (*Solanchaks*) почвы сформировавшиеся на Кура-Араксинской низменности. Исследование почв заметно отличается по гранулометрическому составу (Таблица 1), но все же по всем разрезам гранулометрического состава почв в целом средние и тяжелосуглинистые, лишь иногда встречаются легкосуглинистые. Содержание ила и физической глины изменяется в широких пределах. В местах, более удаленных от речных русел, на склонах или в неглубоких плоских галлах, где исключается длительный застой поверхностных вод, формируются молодые почвы, но более тяжелого гранулометрического состава.

Гранулометрический состав рассмотренных почв в различных горизонтах по содержанию физической глины и в особенности иловатой фракции ($<0,001$ мм) ясно показывает оглиненность. Количество физической глины в почвенном профиле колеблется в разр. 12 от 35,69 до 63,01%, ила от 22,22 до 35,95%, соответственно в разр. 13 глины от 30,70 до 36,15, ила от 65,43 до 77,35; р.14 глина от 24,52 до 25,45, ила от 49,67 до 54,33 (Таблица 1). Физические и химические свойства почв изучены по общепринятым методикам в почвоведении.

Экспериментальные исследования выполнялись посредством моста переменного тока Л2-7 в диапазоне частот 0,4-10 МГц, температурные измерения проводились с помощью ультратермостата УТ-15. При этом был использован измерительный конденсатор специальной конструкции с термостатирующим устройством [5].

Таблица 1 – Гранулометрический состав почв

Почвы	Глубина, см	Содержание фракций в% от веса сухой почвы, мм						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	$<0,001$	$<0,01$
Сероземно-луговые разр. 12	0-23	14,0	0,37	22,62	5,65	25,05	32,31	63,01
	23-41	14,0	1,26	23,75	13,53	11,51	35,95	60,99
	41-72	16,1	6,15	26,45	10,10	17,37	23,83	51,30
	72-96	17,1	7,17	26,45	10,50	16,56	22,22	49,28
	96-115	16,4	34,25	13,66	6,33	6,11	23,25	35,69
Лугово-сероземны. разр. 13	0-22	15,0	6,03	8,89	13,33	23,63	33,12	70,08
	22-41	16,0	1,12	13,20	16,36	18,99	34,33	69,68
	41-52	12,0	1,36	9,29	16,16	23,22	37,97	77,35
	52-76	14,80	9,47	11,10	17,78	16,15	30,70	64,63
	76-82	13,30	0,24	18,55	7,75	27,13	33,03	67,91
	82-115	14,50	0,07	20,00	18,70	10,58	36,15	65,43
Солончак разр. 14	0-12	16,70	9,31	24,32	12,26	12,89	24,52	49,67
	12-35	17,7	5,76	22,21	11,31	17,57	25,45	54,33

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что сероземно-луговые почвы изученных районов характеризуются преобладанием иловато-пылевой фракции в верхнем метровом слое, а в нижних горизонтах доминируют песчано-пылеватые фракции. По морфологическую описанию сероземно-луговые почвы имеют комковато-глыбистую структуру в верхних аккумулятивных горизонтах, которая вниз по профилю постепенно утрачивается.

Результаты и их обсуждение. Исследуемые почвы были подобраны с учетом различий по гранулометрическому составу. Сопоставление величины диэлектрической проницаемости этих почв с их гранулометрическим составом показало, что обе характеристики находятся в корреляционной связи (Таблица 2).

Таблица 2 – Корреляционная зависимость между диэлектрической проницаемостью и фракциями гранулометрического состава почв.

Корреляции	Фракции, в мм						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05- 0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001	0,01
<i>R</i>	- 0,631	- 0,587	- 255	0,543	0,772	0,894	0,912

Были вычислены коэффициент корреляционной зависимости между диэлектрической проницаемостью почвы и ее гранулометрическим составом. Коэффициент корреляции R определялся для различных фракций почв. Измерения диэлектрической проницаемости, соответствующие таблице 2, произведены на частоте 1 МГц для почв сероземно-луговых разр.12, лугово –сероземных разр.13 и солончаковых разр.14 при влажности 14% и плотности 1,4 г/см³.

На таблицы видно, что по мере перехода от крупных фракций к мелким, коэффициент корреляции последовательно возрастает и достигает наиболее высокого значения для фракций, меньших 0,001 мм. Объединение фракций (< 0,01 мм) ухудшает корреляционное соотношение. Интересно отметить, что содержание крупных фракций почвы находится в отрицательной корреляционной связи с ее диэлектрической проницаемостью. Заметим, что коэффициент корреляции с увеличением частоты возрастает и после 3 МГц достигает своего наивысшего значения (Таблица 3).

Таблица 3 – Связь R с частотой, при $w = 14\%$; $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $f = 1\text{ МГц}$

Корреляции	Частота, МГц						
	0,8	1,0	2,0	3	4	7	10
R	0,895	0,933	0,975	0,991	0,992	0,994	0,995

где f - частота электромагнитного поля, w - влажность почв, ρ - плотность почв.

На основании приведенных здесь корреляционных соотношений можно ожидать наличия тесной связи между диэлектрической проницаемостью почвы и ее удельной поверхностью.

Закключение. Все это дает нам право сделать заключение, что диэлектрическая проницаемость является довольно чувствительной к гранулометрическому составу почв. С увеличением дисперсности увеличивается и поверхностная энергии веществ, определяющая такие явления как поглощение минеральных зольных элементов, паров, газов, перемещение воды и воздуха, а также ряд других физических и технологических свойств почвы. Естественно, от степени дисперсности почвы зависят ее водные, воздушные, тепловые и гранулометрического свойства.

Библиографический список

1. Водяницкий Ю.Н. Оценка механического состава почв с помощью энтропии // Доклады ВАСХНИЛ. – № 6. – с. 14-16.
2. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., Рассыпнов В.А. Гранулометрический состав почв Алтайского Приобья и его агроэкологическая оценка // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6 (92) – с. 36-40.
3. Муралев С. Г. Агропроизводственное значение гранулометрического состава почв и его использование в оценке качества сельскохозяйственных земель. Автор. дисс. На соис. ученой степ. к/х наук. Москва, 2011. – 19 с.
4. Панин А.М., Муралев С.Г. Исследование значимости гранулометрического состава почв и почвообразующих пород при выполнении земельно-оценочных работ // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2010. – № 4 (1). – С.109-114.
5. Опанасенко Н. Е. Гранулометрический состав склетных почв лагуны длнузлава Крыма, перспективных под сады // Бюллетень ГНБС. – 2018. – Вып.126. – С. 111-116.
6. Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. Электрические свойства некоторых почв. Москва-Баку, 2004. – 240 с.

ОСОБЕННОСТИ ПОРОЗНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ В УСЛОВИЯХ ОПЫТА ПО КОНТУРНО-МЕЛИОРАТИВНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

Салимгареева¹ О.А., Прущик² А.В.

¹ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва,

²ФГБНУ «Курский ФАНЦ», Курск

E-mail: tavtava@yandex.ru¹, model-erosion@mail.ru²

Резюме. Исследования особенностей порозности черноземов пахотных при длительной минимальной обработке в условиях опыта по контурно-мелиоративному земледелию «Курского ФАНЦ» показали, что как в автоморфных позициях так и на склоне на водосборе с лесополосами (ЛП) и на контроле черноземные почвы обнаруживают уплотнение и уменьшение общей и удельной порозности в старопашотном горизонте. По данным микроморфологии в пахотном и старопашотном горизонтах отмечено уменьшение многопорядковости агрегатов и увеличение бесструктурной составляющей.

Ключевые слова: черноземы пахотные, минимальная обработка, контурно-мелиоративное земледелие, плотность сложения, порозность почвы.

Введение. В современных условиях при увеличении антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные угодья вопросы предотвращения деградации почв становятся с каждым годом все актуальнее. Черноземная зона является основной житницей России и чрезвычайно важно предотвратить ухудшение свойств самых плодородных почв при том, что в последние десятилетия все чаще сельхозпроизводители отказываются от севооборотов при низкой культуре земледелия.

На опыте по контурно-мелиоративному земледелию (КМЗ) «Курского ФАНЦ», заложенном в 1982 году в Медвенском районе Курской области близ хутора Черниченские дворы на территории ОПХ ВНИИЗ и ЗПЭ [5], почвоохранные технологии позволяют уменьшать потери от водной эрозии при сельскохозяйственном производстве [2]. Однако в последние десять лет происходит использование только минимальной основной обработки почвы при выращивании на полях озимой пшеницы, ячменя и гречихи.

При поверхностной основной обработке почвы возможно снижение темпов потери гумуса, уменьшение водной и ветровой эрозии по сравнению с традиционной отвальной основной обработкой [7]. Однако даже на черноземах типичных во избежание переуплотнения рекомендуется минимальную обработку использовать не более двух лет под ряд и чередовать её с традиционной отвальной основной обработкой почвы [7].

Целью работы явилось изучение особенностей порозности черноземных почв при длительной минимальной основной обработке в условиях опыта КМЗ «Курского ФАНЦ».

Объекты и методы. Объектами исследования явились черноземы типичные пахотные среднемощные тяжелосуглинистые на лессовидных суглинках (разрез 1, 3, 4; далее черноземы типичные) и пахотная лугово-черноземная почва тяжелосуглинистая на лессовидных суглинках (разрез 2; далее лугово-черноземная почва) опыта «Курского ФАНЦ». В середине сентября 2019 года

после длительного засушливого периода были заложены разрезы на склоне западной экспозиции контрольного водосбора: на плакоре разрез 1 (N 51.521180E 036.042832) и на средней части склона разрез 2 (N 51.522187 E 36.037226). На водосборе, на котором через 216 м посажены узкие 2-х рядные стокорегулирующие ЛП с канавами между рядами деревьев глубиной 1,5 м, был заложен разрез 3 на плакоре (N 51.5103270 E 036.0413990) и разрез 4 в средней части склона западной экспозиции на равном расстоянии (108 м) от ЛП (N 51.510756 E 36.033517) (Рис.1).

Рисунок 1 – а) спутниковый снимок участка исследований (Google),
b) Разрез 1-профиль, с) опытное поле в месте заложения 3 разреза 18.09.19

В полевых условиях проведено подробное морфологическое описание почв, определена плотность сложения по Качинскому [6], в лаборатории прове-

дено микроморфологическое описание почвенных шлифов, определены следующие свойства: актуальная кислотность водной суспензии потенциометрическим методом [1], плотность твердой фазы пикнометрическим методом [6], по данным о плотности сложения почвы и плотности твердой фазы рассчитаны порозность почвы (ϵ) удельный объем пор почвы (Φ , см³/г) [6]. Все статистические расчеты были произведены при помощи программы STATISTICA 8.

Результаты и обсуждение. Морфологическое строение исследуемых агрочерноземов разрезов № 1, № 3, № 4 соответствует черноземам типичным пахотным и характеризуется профилем Ап1-Ап2-А-АВ-Вк-ВСК-Ск (рис.1, б)). В разрезе №2 вскрыт профиль Ап1-Ап2-А-АВк-Вк-ВСК-Ск лугово-черноземной почвы с некоторыми признаками гидроморфизма.

Кислотность корнеобитаемой толщи всех исследованных почв близка к нейтральной и благоприятна для выращивания сельскохозяйственных культур. Для пахотных горизонтов автоморфных черноземов наблюдается выщелачивание карбонатов и небольшое подкисление почвенной среды – рН водной суспензии около 6,5, более значительное для склоновых почв – до 6,0.

Верхние горизонты исследованных почв имеют сходную морфологию. Горизонт Ап1 очень рыхлый, комковато-порошистый. Ап2 блестит на срезе, выделяется в профиле по большей плотности по сравнению с прилегающими. Его агрегаты более плотно упакованы и имеют более острые грани. При рассмотрении шлифов под микроскопом обнаруживается уменьшение многопорядковости агрегатов, упрощение структуры порового пространства. В верхних горизонтах отмечается нарушение характерной для целины стабильности порового пространства, отмеченное ранее для пахотных горизонтов черноземов разных типов [4]. Изучение агрегатов и порового пространства при помощи почвенных шлифов показало, что происходит глубокая перестройка порового пространства. Преобладают поры неправильной формы, возникающие при техногенных воздействиях.

Целинные черноземы имеют губчатое микростроение, позволяющее обеспечивать оптимальный водно-воздушный режим для жизнедеятельности растений. Верхние горизонты Ап1 исследованных агрочерноземов имеют рыхлое микросложение. Высокая порозность в этом случае складывается по большей части из межагрегатных пор, которые не могут обеспечить задержку поступающей влаги. В.В. Медведев отмечал низкую ценность таких пор в обеспечении растений влагой [4].

Для горизонтов Ап2 почв объекта исследований наблюдается уменьшение внутриагрегатной, а также межагрегатной порозности. Почвенные отдельные при этом более плотно упакованы, а часть межагрегатных пор занята неагрегированным материалом.

Плотность сложения горизонта Ап1 пахотных черноземов составила около 1 г/см³. Ап2 имеет значения плотности 1,27-1,30 г/см³, что достоверно выше по сравнению со смежными. Величины плотности старопахотного горизонта находятся на верхней границе оптимальной плотности для выращивания

зерновых колосовых культур на черноземах типичных [4], но достигают критический порог по плотности сложения для типичных черноземов, когда почвы утрачивают способность саморазуплотняться, составляющий 1,25-1,30 г/см³ [3].

Значения общей порозности, полученные при определении агрофизических свойств, так же показывают значительное ее уменьшение в старопашотном горизонте Ap2: в поверхностном горизонте Ap1 общая порозность составляет около 60%. В подстилающем горизонте порозность меньше на 10% и составляет около 50%.

Был определен удельный объем пор (Φ , см³/г), как параметр, особенно полезный при характеристике изменения почвенных пор при уплотнении. Удельный объем пор соответствует объему пор, отнесенному к неизменной при возможных деформационных изменениях массе твердой фазы [6]. На рис.2 представлены графики изменения средних значений удельного объема пор Φ по профилю с глубиной.

Рисунок 2 – Изменение средних значений удельного объема пор (Φ , см³/г) исследованных почв по профилю: а) 1 разрез, б) 2 разрез, в) 3 разрез, г) 4 разрез

Во всех исследованных почвах наблюдаются минимальные значения удельного объема пор в старопашотном горизонте Ap2, не подвергающемся сельскохозяйственной обработке в последнее десятилетие (рис. 2). Удельный объем пор Φ понижается до значений 0.4 см³/г, что способствует ухудшению водно-воздушного режима агрочерноземов и условий произрастания сельскохозяйственных культур.

Таким образом, исследования особенностей порозности черноземов пахотных при длительной минимальной основной обработке почвы в условиях опыта по контурно-мелиоративному земледелию «Курского ФАНЦ» показали, что в автоморфных позициях и на склоне как на водосборе с лесополосами (ЛП), так и на контроле пахотные черноземы типичные и пахотная лугово-черноземная почва обнаруживают уплотнение, уменьшение общей и удельной порозности в старопахотном горизонте Ап2. По данным микроморфологии в пахотном и старопахотном горизонтах отмечено уменьшение многопорядковости агрегатов и увеличение неагрегированной составляющей. Поэтому даже черноземы типичные с их высокой буферной способностью во избежание деградации нуждаются в строгом соблюдении культуры земледелия сельхозпроизводителями.

Работа выполнена по теме «Разработка почвенных технологий обеспечения продовольственной и экологической безопасности, их теоретическое и методологическое обоснование» №117031410017-4 в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ФБГНУ «Курский ФАНЦ».

Библиографический список

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970.
2. Здоровцов И.П. Влияние почвоводоохранного земледелия на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность агроландшафтов в ЦЧР // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. – № 7. – С.53-54
3. Кузнецова И.В., Данилова В.И. О разуплотнении почв под влиянием процессов набухания-усадки // Почвоведение. – 1988. – № 6. – С.59-70.
4. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов - М. Агропромиздат. 1988. – 160 с.
5. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. К усовершенствованию теоретических основ противоэрозионной организации территории сельхозпредприятий для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов в системах земледелия Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №6. – С.13-18.
6. Теории и методы физики почв / под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. Тула: Гриф и К, 2007. – 616 с.
7. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации // Земледелие. – 2017. – № 2. – С.10-14.

УДК 631:452:634.93

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Кошелев А.В., Тубалов А.А., Беляков А.М.

**ФБГНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных
мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»**

(ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград

E-mail: alexkosh@mail.ru

Резюме. В статье представлены материалы по оценке относительного плодородия почв в агролесоландшафтах сухостепной зоны Волгоградской области. Оценка производится с использованием дистанционных данных, ГИС-технологий и полевых исследований на основе нормирования системы агрохимических показателей.

Ключевые слова: плодородие почв, агролесоландшафты, бальная оценка, космические снимки, ГИС-технологии, картографирование.

Summary. *Materials for assessing the relative soil fertility in agroforest landscapes of the dry steppe zone of the Volgograd region are presented in the article. The assessment is carried out using remote data, GIS technologies and field studies based on the normalization of the system of agrochemical indicators.*

Key words: *soil fertility, agroforestlandscapes, point assessment, satellite imagery, GIS technology, mapping.*

Объективная оценка почвенного плодородия в современных условиях интенсификации аграрного производства с переходом на технологии точного земледелия, глобальных и региональных изменений климата, является важнейшим вопросом оперативного принятия агрохимических и агротехнических мер его повышения и выявления причин неравномерности почвенных показателей в зональном разрезе с целью обеспечения создания экологически сбалансированных агроландшафтов [1, 2, 4, 5, 6, 9, 11].

Предлагаемый авторами методический подход к оценке относительного плодородия почв в агролесоландшафтах основан на совместном использовании данных дистанционного зондирования Земли (космических снимков с высокой разрешающей способностью), геоинформационных технологий и полевых исследований.

Методическая схема по оценке относительного плодородия почв в агролесоландшафтах включают следующие этапы:

- предварительное камеральное дешифрирование космоснимков, на основе которого создается карта полей, на основе цифровой модели рельефа производится оценка соответствия размещения полей относительно рельефа местности;
- полевое эталонирование космических снимков и отбор почвенных образцов на лабораторный анализ;
- лабораторный анализ полученных данных, оценка плодородия производится на основе пяти агрохимических показателей: содержание гумуса, подвижных форм азота, фосфора и калия, водорастворимых солей. Эти показатели являются основными при характеристике плодородия почв степной, сухостепной и полупустынной зон юга европейской части РФ. В результате оценки производится процедура нормирования – присвоения баллов оценки на основе величины показателей, взвешивание баллов – умножение на коэффициент значимости (веса) показателя, итоговое суммирование, создание картографической модели относительного плодородия почв. Исходя из итогового суммирования баллов, выделяются следующие группы относительного плодородия почв: очень низкое плодородие, низкое плодородие, среднее плодородие, высокое плодородие;
- создание картографической модели относительного плодородия почв и разработка мероприятий по его повышению. Полученная карта относительного плодородия является основанием для поддержки принятия решений по вопросам агрохимических и агротехнических мер повышения плодородия почв и выявления причин неравномерности показателей, определяющих плодородие почвенного покрова.

Новизна методики заключается в интеграции современных методов ди-

станционных исследований, геоинформационных технологий и полевого эталонирования, которые позволяют повысить достоверность и качество полученных материалов, а именно, скорректировать площадь обрабатываемой пашни, выявить поля с низким плодородием, оптимизировать внесение агрохимических удобрений и оценить применяемые агротехнологии.

Тестовый полигон «Пронин» расположен на территории Пронинского сельского поселения на юго-западе Серафимовичского района Волгоградской области.

В геоморфологическом отношении территория полигона относится к юго-восточному окончанию Средне-Русской возвышенности к Восточно-Донской денудационно-тектонической гряде. Восточно-Донская гряда характеризуется сильной расчлененностью рельефа. Овражно-балочная сеть района очень густая, местами достигающая протяженности 1-1,5 км на 1 км². В почвенном отношении территория тестового полигона входит в Донскую провинцию темно-каштановых почв сухой степи. Преобладают почвы темно-каштановые среднечеткие, глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, карбонатные, слабо и среднесмытые. По агроклиматическому районированию территория полигона относится к засушливой области, и юго-западному сухостепному району, и характеризуется малоснежной зимой и продолжительным жарким летом [3, 8].

Агрохимическое обследование пахотных почв тестового полигона «Пронин» проведено в период с апреля по май 2017 года на общей площади 12757 га. Почвенный образец отбирался с 40 гектар и представлял собой смешанную пробу, составленную из 20 индивидуальных проб, взятых тростевым буром, на глубину пахотного (0-25 см) слоя.

Отбор почвенных проб и последующий их лабораторный анализ были произведены по общепринятым методикам в почвоведении и агрохимии [7].

Полученные данные лабораторных исследований стали основой для проведения оценки относительного плодородия почв тестового полигона «Пронин».

Оценка относительного плодородия осуществлялась на основе пяти показателей – содержания: гумуса (%); азота (мг/кг), фосфора (мг/кг), калия (мг/кг), водорастворимых солей (%).

Алгоритм оценки состоит из следующих операций: нормирования (присвоения баллов), взвешивание баллов (определение веса показателя), итого суммирования баллов, и картографирования (создание карты относительного плодородия почв полигона) [10].

Процедура нормирования осуществлялась в следующей последовательности: выявлялись минимальные и максимальные значения показателя в выборке, определялся диапазон его значений и разбивался на три равных промежутка. Значение, которое в наибольшей степени соответствует максимальному плодородию, получало наибольший балл – 3, а в наименьшей – 1, поля имеющие значение показателя промежуточного диапазона получали оценку – 2.

При взвешивании баллов было установлено, что наиболее важным пока-

зателем при оценке плодородия почв исследуемой территории является содержание фосфора. Данному показателю был присвоен коэффициент 3.

Следующим по значимости показателем является содержание гумуса. Ему был присвоен коэффициент 2.

Баллы, присвоенные на основе показателей содержания азота, калия, водорастворимых солей были учтены с коэффициентом 1.

Итоговая сумма баллов имеет диапазон значений от 8 до 23 баллов, но 23 балла принадлежат только одному полю, а крайний балл в диапазоне получается 21. Поэтому диапазон баллов был разбит от 8 до 21 на четыре промежутка – группы относительного плодородия почв:

- от 8 до 11 баллов – очень низкое плодородие;
- от 11 до 14 баллов – низкое плодородие;
- от 14 до 17 баллов – среднее плодородие;
- от 17 до 21 баллов – высокое плодородие.

На основе балльной группировки произвели картографирование относительной оценки плодородия почвы пахотных земель тестового полигона «Пронин» (рис. 1).

Рисунок 1 – Карта относительной оценки плодородия почв тестового полигона

Анализ полученных данных показал, что на долю с низким относительным плодородием приходится 43,2% суммарной площадью полей 4312 га, с очень низким – 12,0% (1203 га). Однако суммарно на долю полей среднего и высокого относительного плодородия приходится 44,8% (4474 га), или 20,5% (2043 га) и 24,3% (2431 га).

Полученная карта относительного плодородия почв полигона исследований является основой для принятия решений по повышению плодородия почв путем проведения агрохимических и агротехнических мероприятий, а также для выявления причин неравномерности данных показателей на исследуемой территории.

Таким образом, представленный авторский методический подход к оценке относительного плодородия почв в агролесоландшафтах степной и сухостепной зон Волгоградской области является первым шагом в развитии данного направления с целью выявления причин неравномерности почвенных показателей в зональном разрезе и создания экологически сбалансированных агроландшафтов в регионе. По мнению авторов, комплексный методический подход к оценке относительного плодородия почв обеспечивает более достоверную и объективную информацию о его состоянии и позволяет оперативно принимать решения по разработке соответствующих мероприятий, направленных на его повышение.

Библиографический список

1. Безносков А.И. Интегральная оценка эффективного плодородия почв / А.И. Безносков // Плодородие. – 2009. – №5. – С. 3-5.
2. Глазунов Г.П. Анализ пространственного варьирования показателей плодородия чернозёмных почв в склоновых агроландшафтах / Г.П. Глазунов, Н.В. Афонченко, А.В. Апухтин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №8. – С. 23-31.
3. Дегтярева Е.Т. Почвы Волгоградской области / Е.Т. Дегтярева, А.Н. Жулидова. – Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1970. – 320 с.
4. Кирюшин В.И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель / В.И. Кирюшин // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 871-879.
5. Кирюшин В.И. Оценка качества земель и плодородия почв для формирования систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин // Почвоведение. – 2007. – №7. – С. 873-880.
6. Методология мониторинга почвенного плодородия. Зональные теоретически обоснованные агропотребования для точного земледелия и ландшафтной агрохимии / Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Деревягин С.С. и др. – Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2017. – 92 с.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 304 с.
8. Сажин А.Н. Погода и климат Волгоградской области / А.Н. Сажин, К.Н. Кулик, Ю.И. Васильев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 306 с.
9. Темников В.Н. Информационная оценка плодородия почв / В.Н. Темников // Нива Поволжья. – 2011 – №1(18). – С. 63-67.
10. Тубалов А.А. К вопросу разработки методики оценки относительного плодородия почв в агролесоландшафтах / А.А. Тубалов, А.В. Кошелев, А.М. Беляков // Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых. Материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 120-летию со дня рождения Альбенского Анатолия Васильевича. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии

РАН, 2019. – С. 408-409.

11. Чуюн О.Г. Использование комплексной оценки плодородия почв в системе земледелия / О.Г. Чуюн // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – №6. – С. 31-33.

УДК: 631.61

ПОЧВЕННО- МЕЛИОРАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ, СФОРМИРОВАННЫХ НА РАВНИНАХ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Карабеков О.Г., Ташкузиев М.М.

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, г. Ташкент,
Республика Узбекистан

E-mail: otash.zn@inbox.ru, maruf41@rambler.ru

Резюме: В статье освещены вопросы о современном состоянии показателей засоления гидроморфных почв Голодностепской равнины, с охватом основных почвенных разновидностей, сформированных с учетом литологии, геоморфологии, почвообразующих пород. Эти почвы расположены в двух геоморфологических районах на сероземной части конусов выноса различных террас оросителей и лессовидных аллювиально-пролювиальных отложениях Голодностепской равнины. Дана характеристика уровня засоления, типа засоления и показаны межтиповые и региональные различия основных почв региона.

Ключевые слова: гидроморфная почва, засоление, состав солей, тип и химизм засоления, орошение, материнская порода, грунтовые воды.

Введение. На сегодняшний день по сведениям Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций (ФАО) во всем мире площади засоленных посевных земель составляют 25 процентов Суши земного шара. Среди стран мира наиболее широко распространены засоленные почвы в Аргентине-30,5 тысяча, США-5,9 тысяча, Парагвае-20,0 тысяча, Египте-7,7 тысяча, Ливане-2,4 тысяча, Венгрии-1,2 тысяча, Испании-0,8 тысяча гектар и других странах аридных регионов. В республике Узбекистан среди орошаемых посевных земель около 51-55 процентов подвержены засолению в различной степени и проводятся широкомасштабные меры и мероприятия по смягчению его отрицательного влияния [1].

В связи с этим, улучшение мелиоративного состояния орошаемых гидроморфных почв, повышение их плодородия, разработках применение водо- и ресурсосберегающих агротехнологий являются особо важным и актуальным.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись основные орошаемые гидроморфные почвы Голодной степи, примкнувшие к древним конусам равнины. В Зафарабадском районе – новоорошаемые лугово-аллювиальные, лугово-болотные и луговые почвы пояса светлых сероземов, сформированные на аллювиальных отложениях каирной (прирусловой) части I и II террасах Клисай и Такирсай, а также в Пахтакорском районе – новоорошаемые луговые почвы, сформированные на лессовидных аллювиально -пролювиальных отложениях древних конусов Голодностепской равнины [3].

В исследованиях использованы генетико-географические, профильно-геохимические, полевые- стационарные и химико-аналитические методы. Механический состав почвы определяли по Н.А. Качинскому, методом пипетки [4], химические анализы – по Е.В. Аринушкиной [5] и руководством СоюзНИХИ [6].

Результаты исследований. На основе исследований получены результаты, выявляющие мелиоративного состояния различных типов, подтипов почв двух районов на 6 массивах. На исследованной территории почвообразующими породами являются в основном аллювиальные, аллювиально-пролювиальные и лессовидные отложения.

Исследованные гидроморфные почвы в Зафарабадском районе, сформированы на аллювиальных отложениях I и II террасах Клисай и Такирсай, а также на аллювиально-пролювиальных отложениях конуса р. Санзар. Рассматриваемые почвы в зависимости от их материнской породы, различаются по механическому составу: новоорошаемые лугово-аллювиальные почвы, супесчаные, лугово-болотные почвы – легкосуглинистые и луговые почвы – верхние пахотные и подпахотные горизонты – среднесуглинистые, нижние горизонты – тяжело суглинистые и легкосуглинистые. Новорошаемые почвы в Пахтакорском районе на Голодностепской равнине, сформированы на лессовидных аллювиально-пролювиальных отложениях, в основном среднесуглинистые, а также легкосуглинистые [7].

Результаты анализа, показывающие мелиоративного состояния почв, по данным состава солей представлены в таблице. Как видно из данных таблицы, гидроморфные почвы Зафарабадского района, в зависимости от материнской породы, механического состава, уровня залегания грунтовых вод, имеют различной степени засоления. Так, новоорошаемые лугово-аллювиальные почвы (разрез 51) I и II террас сав Клисай и Такирсай, по содержанию сухого остатка, верхний пахотный горизонт относится к слабому засолению (0,305%), нижние горизонты не засолены (0,160-0,275%). Новоорошаемые луговые почвы (разрез 58), сформированные на аллювиально-пролювиальных отложениях, по всему профилю слабо засолены – плотный остаток в основном 0,305-0,435%. В этих почвах показатели ионов хлора и сульфатов составляют 0,007-0,014; 0,061-0,164% и 0,014-0,018; 0,103-0,198%, где преобладают ионы сульфатов. По химизму засоления, почвы в основном сульфатного, в отдельных горизонтах – хлоридно-сульфатного типа засоления. В орошаемой лугово-болотной почве (разрез 56) в верхних пахотном и подпахотном горизонтах количество легкорастворимых солей – 2,125 и 2,410%, что относится к сильному и очень сильному засолению, а в нижних горизонтах снижается и составляет 1,220-1,490%, является средне засоленной. По химизму засоления, пахотный горизонт относится к хлоридно-сульфатному, нижние горизонты – сульфатному типу.

Исследованные новоорошаемые гидроморфные почвы Пахтакорского района, исследованных трех массивах сформированные на аллювиально-пролювиальных отложениях отличаются между собой по содержанию и составу водорастворимых солей.

Таблица – Показатели засоления гидроморфных почв

Раз- рез №	Глуби на в см	Сухой оста ток, %	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	Тип	Уровень со- лености
Зафарабадский район. Почвы сформированные на аллювиальных отложениях каирной части I и II террасах Клисай и Такирсаи. Новоорошаемая лугово-аллювиальная почва, массив Чимкурбан										
51	0-30	0,305	0,024	0,014	0,164	0,025	0,012	0,045	с	Слабый
	30-63	0,160	0,027	0,014	0,061	0,020	0,003	0,020	х-с	Слабый
	63-97	0,265	0,027	0,007	0,141	0,015	0,009	0,048	с	Несоленой
	97-161	0,215	0,030	0,010	0,104	0,015	0,009	0,033	с	Несоленой
	161-195	0,275	0,033	0,010	0,150	0,025	0,012	0,039	с	Несоленой
Новоорошаемая лугово-болотная почва, массив им. Беруний										
56	0-27	2,125	0,027	0,182	1,147	0,150	0,076	0,361	х-с	Очень силь- ный
	27-52	2,410	0,030	0,164	1,363	0,140	0,076	0,466	с	Сильный
	52-66	1,220	0,033	0,073	0,678	0,080	0,036	0,224	с	Средний
	66-105	1,355	0,030	0,073	0,740	0,080	0,036	0,253	с	Средний
	105-130	1,490	0,024	0,056	0,890	0,16	0,085	0,127	с	Средний
Новоорошаемая луговая почва, на аллювиально-пролювиальных отложениях конуса р. Санзар										
58	0-24	0,420	0,033	0,018	0,198	0,040	0,006	0,062	с	Слабый
	24-36	0,360	0,037	0,014	0,150	0,025	0,012	0,043	с	Слабый
	36-65	0,305	0,037	0,011	0,124	0,030	0,012	0,023	с	Слабый
	65-102	0,295	0,030	0,018	0,103	0,035	0,006	0,021	х-с	Слабый
	102-116	0,185	0,024	0,014	0,104	0,025	0,006	0,017	с	Слабый
	116-178	0,435	0,033	0,010	0,209	0,050	0,024	0,016	с	Слабый
Пахтакорский район. Почвы сформированные на лессовидных аллювиально-пролювиальных отложениях на Голодностепской равнине										
Новоорошаемая луговая почва, массив им. А. Икрамов										
61	0-31	0,290	0,030	0,025	0,138	0,035	0,018	0,019	х-с	Слабый
	31-47	0,430	0,024	0,035	0,185	0,035	0,018	0,046	х-с	Средний
	47-62	0,440	0,027	0,032	0,189	0,030	0,009	0,070	х-с	Средний
	62-103	0,360	0,030	0,028	0,138	0,030	0,015	0,033	х-с	Средний
	103-152	0,390	0,033	0,039	0,148	0,035	0,006	0,057	х-с	Средний
Новоорошаемая луговая почва, массив Пахтакор										
64	0-21	0,325	0,037	0,018	0,144	0,015	0,027	0,026	с	Слабый
	21-32	0,540	0,043	0,025	0,268	0,025	0,021	0,092	с	Средний
	32-58	0,745	0,037	0,014	0,422	0,010	0,012	0,191	с	Средний
	58-105	0,860	0,043	0,014	0,486	0,110	0,003	0,126	с	Средний
	105-134	0,650	0,03	0,052	0,359	0,055	0,027	0,103	с	Средний
	134-167	0,415	0,03	0,01	0,236	0,02	0,012	0,085	с	Слабый
Новоорошаемая луговая почва, массив Надирабегим										
67	0-30	0,505	0,030	0,133	0,134	0,030	0,027	0,076	с-х	Средний
	30-48	0,475	0,040	0,028	0,191	0,030	0,009	0,073	с	Слабый
	48-66	0,420	0,043	0,028	0,183	0,025	0,030	0,036	х-с	Средний
	66-107	0,490	0,040	0,018	0,237	0,065	0,018	0,032	с	Слабый
	107-156	0,375	0,033	0,014	0,211	0,03	0,015	0,06	с	Слабый

Так, в орошаемых почвах, характеризующихся разрезами 61 и 67, количество сухого остатка в пахотном и подпахотном горизонтах составляет 0,290-0,430 и 0,505-0,475% соответственно. Они относятся к слабо- и средnezасоленным. В нижних горизонтах его количество составляет 0,360-0,440% и 0,375-0,490%,

относятся к слабому и среднему засолению. Тип засоления хлоридно-сульфатный и сульфатный. Новообрастаемая луговая почва, характеризующаяся разрезом 64 в верхних пахотном и подпахотном слоях содержит сухого остатка 0,325-0,540% и в нижних увеличивается – 0,415-0,860%, относится к слабому и среднему засолению. Тип засоления – сульфатный.

Выводы. В Зафарабадском районе, почвы, сформированные на аллювиальных отложениях каирной части Клисай и Такирсай в поясе светлых сероземов в пахотном и подпахотном горизонтах, относятся к слабому засолению, а нижние горизонты не засолены. Почвы, сформированные на аллювиально-пролювиальных отложениях, по всему профилю слабо засолены. Тип засоления в основном сульфатный, в отдельных горизонтах – сульфатный. Орошаемые лугово-болотные почвы в верхних горизонтах сильно засолены, в нижних – средне засолены. По химизму верхние относятся к хлоридно-сульфатному, нижние – к сульфатному типу.

В Пахтакорском районе почвы, сформированные на лессовидных аллювиально-пролювиальных отложениях Голодностепской равнины в верхних горизонтах в основном слабо засолены, в нижних – средне- и слабозасолены. Тип засоления хлоридно-сульфатный и сульфатный.

Библиографический список

1. Норкулов У. Научные практические основы применения водосберегающих технологий при промывке засоленных почв. Автореф. док. дисс (DSc) с.х.н. Ташкент-2018, С. 61
2. Атлас почвенного покрова Республики Узбекистан. Ташкент, 2010. – С. 20-22
3. Качинский Н.А. Физика почв. М. «Высшая школа» 1970, ч. II. – С. 357.
4. Аринушкина Е.В. Руководства по химическому анализу почв / М. МГУ, 1970 – С. 487
5. Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии. СоюзНИХИ, 1977. – С. 214
6. Карабеков О. Механический состав гидроморфных почв, сформированных на равнинах Голодной степи // Инновационные подходы в современной науке. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. № 1 (61), Москва, 2020. – С. 194-199

УДК 631.58

ДЕТАЛИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ С УЧЕТОМ АГРОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Ильвес А.Л.¹, Смолина Л.П.²

¹ Ленинградский государственный университет имени
А.С. Пушкина (Лужский филиал), г. Луга

² ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ Белогорка»,
д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область
E-mail: ostrenkosmolina@mail.ru

Резюме. При экстенсивном землепользовании идут процессы агрогенной деградации пашни за счёт развития на севооборотных землях отдельных очагов лесной растительности и заболачивания. Для оценки масштабов деградации и выработки соответствующих мер по локализации потерь предложены подходы для более детальной агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного использования.

Summary. With extensive land use, arable land agroecological degradation is underway due to the development of individual foci of forest vegetation and swamping on crop rotation lands. To assess the extent of degradation and develop appropriate measures to localize losses, approaches are proposed for a more detailed agroecological assessment of agricultural land.

В условиях Северо-Западной зоны в состав землепользования сельскохозяйственных предприятий, как правило, входят: пашня, долголетние кормовые угодья, кустарники, заболоченные земли. При этом вследствие разнообразных природно-экологических факторов даже в составе пахотных угодий наблюдаются геоморфологически сложные элементы ландшафта. Пестрота почвенного покрова и негативные последствия неправильного применения агротехнологий определяют необходимость культуртехнического и мелиоративного обустройства сельскохозяйственных угодий. В пореформенный период работы по мелиорации земель практически прекратились, вследствие деградации сельскохозяйственного производства и ликвидации ряда сельскохозяйственных предприятий существенно сократились площади земель в сельскохозяйственном обороте.

По данным Министерства сельского хозяйства в стране не используется порядка 40 млн. га земель сельскохозяйственного назначения, в том числе 2,5 млн.га в Северо-Западном федеральном округе [1].

В последние годы при поддержке региональных бюджетов принимаются меры по возвращению земель в сельскохозяйственный оборот. В тоже время на фактически используемых сельскохозяйственных землях наблюдаются признаки агрогенной деградации земель. Официальной статистики этого явления не существует, однако, пестрота почвенного покрова, наличие большого числа микро и мезопонижений, мелкоконтурность пашни негативно влияют на эффективность растениеводства. Это определяет необходимость дифференцированного подхода при освоении новых земель и дальнейшую детализацию агроэкологической оценки сельскохозяйственных земель.

На базе опытного поля ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» было проведено обследование почв и дана оценка масштабов деградации сельскохозяйственных угодий в условиях экстенсивного ведения хозяйства.

В ходе работ использованы электронные карты: почвенно-ландшафтная; форм и элементов рельефа; почвообразующих пород; каменистости земель; агроэкологических видов земель, а также результаты полевого обследования по определению культуртехнического состояния полей севооборотов.

По существующей классификации наиболее ценными в хозяйственном отношении являются земли первой категории [2, 3]. В зоне распространения дерново-подзолистых почв, для диагностики качества этих земель на количественной основе, на наш взгляд, в первую очередь, необходимо использовать три основных параметра: гранулометрический состав, гумусное состояние, уровень кислотности. Именно эти показатели, вследствие их значимости для возделывания сельскохозяйственных культур и дорогостоящей коррекции, в значительной мере определяют структуру посевов и характер землепользования в целом.

Агрогенные факторы, такие как способ обработки почвы, тип севооборота, система удобрений определяют краткосрочные сезонные изменения агрофизических показателей, условия минерального питания сельскохозяйственных культур.

По агроэкологической классификации земель ко второй категории относятся земли, имеющие определенные ограничения для эффективного использования потенциала агротехнологий [2, 4].

Круг этих ограничений весьма широкий: это могут быть недостаточно высокие показатели содержания в почвах органического вещества, элементов минерального питания, повышенная кислотность, наличие в обрабатываемом контуре небольших закустаренных участков и т.д.

В тоже время четких количественных параметров для оценки вредоносности этих негативных факторов не разработано, что не позволяет объективно оценить вероятный эффект от применяемых агротехнологий, точно произвести расчёты объемов почвоулучшающих мероприятий, целесообразность их применения.

В ходе исследований было установлено, что на одном элементе мезорельефа под влиянием микрорельефа и мозаичности почвообразующих пород формируются достаточно сложные структуры почвенного покрова (СПП):

- пятнистость-ташет – неконтрастные структуры, образованные на различных почвообразующих породах (или на участках с различной глубиной подстилания), но не оказывающих сильного влияния на почвообразование;
- комплекс-ташет – контрастные структуры, образованные на неконтрастирующих почвообразующих породах.

Формально большая часть земель хозяйства относится к категории II-1 – это земли, пригодные для возделывания всех сельскохозяйственных культур с ограничениями, преодолеваемыми с помощью простых агротехнических и культуртехнических мероприятий. Это равнинные ландшафты, не подверженные эрозии.

Результаты исследований опытного поля свидетельствуют, что при относительно небольших размерах пахотных угодий, практически в каждом севообороте есть участки пашни, зарастающие кустарником и мелколесьем. Генезис этого явления чаще всего обусловлен наличием пятен оглеенных почв, в пределах массива, в комплексе с почвами нормального увлажнения или слабоглеватými. На таких участках обычно возникает сезонное переувлажнение почвы, что затрудняет их использование в качестве пашни. Таким образом, в пределах полей севооборота образуются своеобразные «выключки» размером от 0,01-0,5 га, занятые лесной растительностью. В некоторых случаях эти образования являются следствием некачественного проведения культуртехнических работ и мелиорации. В тоже время вновь освоить эти участки путём элементарного сведения кустарника и мелколесья не всегда рационально, так как большинство «выключек» связано с пятнистостью почвенного покрова, и вопрос может решаться только в рамках обустройства мелиоративной системы

всего севооборотного участка. В ходе детального обследования было установлено, что при относительно хороших фундаментальных характеристиках агроландшафта примерно 31% площади пашни практически вышло из сельскохозяйственного оборота. Эти земли, по сути, перешли в третью агроэкологическую группу. Очевидно, землепользователю придется проводить мелиоративное обустройство проблемных участков, либо оптимизировать землепользование за счет сокращения площади пашни.

Предварительно целесообразно провести ориентировочную оценку объемов возможных культуртехнических или мелиоративных мероприятий.

На основании результатов исследований предложены дополнительные критерии агроэкологической оценки пахотных земель:

- при наличии в структуре почвенного покрова комплекс-ташетов следует корректировать агроэкологическую оценку пахотных земель. В том случае, когда такие почвы занимают не более 10% севооборотного участка и прочие оценочные параметры достаточно высоки, земли можно отнести к первой агроэкологической группе. При распространении контрастной пятнистости в пределах 10-30% от площади рассматриваемого контура, земли следует отнести ко второй агроэкологической группе. При распространении комплекс-ташетов на площади более 30% от размера севооборотного участка, его следует отнести в третью агроэкологическую группу;

- наличие в пределах контуров пахотных почв участков с лесной растительностью, безусловно, наносит ущерб сельскому хозяйству. Он формируется за счёт недобора растениеводческой продукции вследствие уменьшения площади посевов, а также из-за дополнительных краевых эффектов и снижения производительности техники. В том случае, когда эти «выключки» занимают до 10% от площади севооборотного участка, их можно локализовать или устранить при относительно небольших затратах. В этом случае земли можно отнести к первой агроэкологической группе. При наличии 20% неиспользуемых площадей, земли необходимо отнести ко второй агроэкологической группе. Когда облесенные территории занимают более 20% пахотного участка, необходимо разрабатывать проекты их мелиорации и определить источники капитальных вложений на эти цели, либо принять решение о переводе данной пашни в другие угодья, возможно не сельскохозяйственного использования. Эти земли рекомендуется отнести к третьей агроэкологической группе.

Библиографический список

1. Совещание АПК «Об итогах работы агропромышленного и рыбохозяйственного комплекса Ленинградской области в 2018 году, задачах и перспективах развития отрасли на 2019 год» old.agroprom.lenobl.ru
2. Агроэкологическая оценка земель, проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство // Под ред. акад. РАСХН В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. М., 2005. – С. 74-166.
3. Недикова Е.В. Оптимизация территориальной организации природопользования на эколого-ландшафтной основе // Экономика и экология территориальных образований. – 2015. – № 4. – С. 86 - 92.
4. Ильвес А.Л., Смолина Л.П. Дополнительные критерии оценки сельскохозяйственных

УДК 631.4:631.95

ОЦЕНКА ПЛОДРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬЕФА

Глазунов Г.П.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия

E-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru

Резюме. Представлены результаты оценки пространственного варьирования параметров плодородия черноземных почв на основе авторского методического подхода к агроэкологической оценке почв на основе цифровых и ГИС-технологий с учетом влияния рельефа. Обоснована необходимость комплексной агроэкологической оценки с учётом особенностей рельефа.

Ключевые слова: черноземные почвы, склоновый агроландшафт, ГИС-технологии, агроэкологическая оценка.

ESTIMATION OF THE PARAMETERS OF CHERNOZEM SOIL FERTILITY IN THE SLOPE AGRICULTURAL LANDSCAPE

Glazunov G.P.

FSBSI «Federal agricultural Kursk research center», Kursk, Russian Federation

E-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru

Summary. The results of evaluating the spatial variation of the parameters of black earth soil fertility based on the author's methodological approach to agroecological assessment of soils based on digital and GIS technologies, taking into account the influence of the terrain, are presented. The necessity of a comprehensive agroecological assessment taking into account the features of the terrain is justified.

Key words: Chernozem soils, slope agricultural landscape, GIS technologies, agroecological assessment.

Научные исследования проводились на базе лаборатории агрохимии и геоинформационных систем ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в 2011-2019 гг. на территории опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии) (Медвенский район, Курская область) на участке пашни с куполообразной формой рельефа, площадью 86 га. Почвенный покров представлен черноземами различной степени смывости на лёссовидных суглинках. Средний уклон территории составляет 2,23°. Высота над уровнем моря колеблется от 190,5 до 217,5 м.

Агроэкологическую оценку системы показателей эродированных черноземов с использованием ГИС-технологий проводили с использованием авторского подхода и по алгоритму, разработанному Н.П. Масютенко [1]. Отбор проб для изучения агрохимических, агрофизических и биологических показателей производился по авторской методике из пахотного слоя почвы (0-20 см) при помощи геопозиционирования их с помощью GPS с предварительным построением сетки отбора почвенных образцов с шагом 50 м (площадь кластеров

2500 м²) в компьютерных программах SASPlanet, Grid, OziExplorer. Местоположение точек определяли с помощью GPS-приемника Garmin GPSmap60CSx.

В почвенных образцах определяли показатели плодородия почв разной степени эродированности. Содержание гумуса измеряли по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель; микробной биомассы в свежих почвенных образцах – регидратационным методом. Содержание общего азота определяли по Кьельдалю; щелочногидролизуемого азота – по методу Корнфильда; подвижных форм фосфора и калия – по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91); обменных оснований – трилонометрическим методом (ГОСТ 27821-88). Кислотность (рН) солевой вытяжки устанавливали потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); структурно-агрегатный состав (сухое и мокрое просеивание) почвы – по методу Н.И. Саввинова, плотность почвы – буровым методом по Н.А. Качинскому, влажность почвы – термостатно-весовым методом.

Для статистических расчетов использовали стандартные формулы математической обработки данных в компьютерной программе Excel, STATISTICA.

Для построения тематических карт и трехмерной модели местности были использованы результаты агрохимического обследования и инструментальной топографической съемки микрорельефа, полученные при помощи нивелира ADA с привлечением компьютерной программы QGIS 3.8.3., Surfer 14.0.

Данные, полученные в результате почвенного обследования, были использованы для анализа распределения элементов эффективного плодородия с учётом особенностей рельефа территории.

На основе предложенного алгоритма, авторского подхода по методу отбора почвенных образцов с использованием наложения координатной сетки на топографическую основу, анализа экспериментальных данных, полученных в 2011-2019 гг. при обследовании типичного для ЦЧЗ участка пашни с применением ГИС-технологий, установленных особенностей влияния морфометрических характеристик агроландшафта на показатели плодородия черноземных почв с использованием предложенных критериев разработан методический подход оценки черноземных почв в склоновом агроландшафте.

В результате проведенных исследований были установлены закономерности влияния рельефа на показатели плодородия черноземных почв, количественно оценены связи. Выявлено, что содержание гумуса, содержание щелочногидролизуемого азота и подвижного фосфора в черноземных почвах обратно пропорционально связаны со степенью эродированности почвы, с её увеличением они снижаются, а твердость почвы, наоборот, увеличивается. Теснота связи величин этих показателей со степенью эродированности почвы сильная и устойчива по годам, они характеризуют качество и плодородие почв, тесно и средне связаны с урожаем сельскохозяйственных культур (ячменём и озимой пшеницы), методики их определения доступны и имеют хорошую воспроизводимость. Следовательно, перечисленные показатели соответствуют критериям

отбора и могут войти в систему показателей оценки плодородия почв с применением ГИС-технологий.

Полученная на основе комплексного таксономического анализа информация о распределении в пространстве почвенного плодородия позволяет дифференцированно подходить к внесению удобрений на конкретном поле, а сформированные на основе проведенных исследований рабочие участки позволят оптимизировать размещение культур на поле и проведение агротехнологических мероприятий (рисунок).

Рисунок – Комплексная таксономическая оценка неоднородности агрохимических свойств при 100 м и 200 м шаге сетки

Таким образом, в результате проведенных исследований, данных научной литературы и результатов собственного опыта нами были получены новые знания о пространственном варьировании свойств черноземных почв, разработан методический подход к агроэкологической оценке почв на основе цифровых и ГИС-технологий с учетом влияния рельефа, необходимые для оценки степени изменчивости параметров почвенного плодородия, направленные на рациональное использование природно-ресурсного потенциала агроландшафтов. На основе предложенного алгоритма, авторского подхода по методу отбора почвенных образцов с использованием наложения координатной сетки на топографическую основу, анализа экспериментальных данных, установленных особенностей влияния морфометрических характеристик агроландшафта на показатели плодородия черноземных почв с использованием предложенных критериев разработан подход для оценки черноземных почв в склоновом агроландшафте. Установлены закономерности влияния рельефа на показатели плодородия черноземных почв, количественно оценены связи. Выявлено, что содержание гумуса, содержание щелочногидролизующего азота и подвижного фосфора в черноземных почвах отрицательно связаны со степенью эродированности почвы – с её увеличением они снижаются. Обоснована необходимость комплексной агроэкологической оценки с учётом особенностей рельефа.

Библиографический список

1. Масютенко Н.П. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов / Н.П. Масютенко, Г.П. Глазунов, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – №11. – С.7-11.

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦИКЛИЧНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЮЖНОГО УРАЛА И ЗАУРАЛЬЯ

Крамаренко В.Я.

ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», Челябинск

E-mail: *chniisx2@mail.ru*

В настоящее время считается доказанным утверждение, что активность Солнца существенно влияет на изменение климата. Ряд ученых и специалистов сельского хозяйства связывают урожайность сельскохозяйственных культур не только с условиями увлажнения вегетационных периодов, но и с цикличностью солнечной активности. Для активности солнца характерны циклические изменения с периодом в 11 лет [1-2]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в хозяйствах северной лесостепи солнечная активность (выражается числом Вольфа – W) может оказывать влияние на количество выпадающих атмосферных осадков и в конечном итоге сказывается и на величине урожаев сельскохозяйственных культур.

Так, в Курганской области сопоставление динамики урожайности и чисел Вольфа свидетельствуют о том, что годы с низкой урожайностью зерновых тяготеют к минимуму солнечной активности. Такая закономерность отмечалась для всех четырех минимумов солнечной активности, которые охватывали динамический ряд урожайности с 1949 по 1992 гг.

Как было установлено в условиях северной лесостепи Новосибирской области, при снижении активности солнца количество осадков сокращается, что приводит к уменьшению урожайности зерновых культур, так как климат становится более засушливым [3, 4].

Поскольку авторами исследований установлена взаимосвязь солнечной активности и влажности климата, мы решили изучить связь между солнечной активностью и условиями увлажнения почвы, применительно для хозяйств, расположенных в северной лесостепи Челябинской области, начиная с 1963 года.

Материалом исследований служили данные метеорологических наблюдений: среднесуточная температура воздуха, количество выпавших осадков за вегетационный период с мая по сентябрь, ГТК и среднегодовые показатели солнечной активности (числа Вольфа - W) с 1963 по 2017 гг.

Комплексным показателем условий увлажнения вегетационного периода является гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г.Т. Селяниновым, который включает количество выпавших осадков и среднюю температуру воздуха. С помощью этого коэффициента можно определить обеспеченность влагой различных сельскохозяйственных культур за весь период вегетации.

Характеристика метеорологических условий вегетационных периодов приводится на основе данных метеопоста п. Тимирязевский, расположенного в пределах землепользования института – Чебаркульский район, Челябинская

область. Среднегодовой ГТК по Селянинову равняется 1,3. Метеорологические данные за 55 лет были обработаны с помощью дисперсионного и регрессионного анализа [5]. При этом использовался ПК и программы Microsoft Excel 2003.

Годы исследований по метеорологическим условиям существенно различались. Сумма осадков за вегетационные периоды значительно изменялась. Засушливыми и полузасушливыми летними сезонами с ГТК 0,9 следует считать 1965, 1974, 1988, 1996 годы; острозасушливыми с ГТК 0,8 и ниже - 1975, 1976, 1989, 1991, 1995, 1998, 2004, 2010, 2012 годы. Остальные годы относились к незначительно засушливым или достаточно влажным.

На основании полученных нами данных, были сгруппированы гидротермические коэффициенты по годам с низкой, высокой и средней солнечной активностью и рассчитаны средние его показатели за большой период с 1963 по 2017 гг. Выделено пять циклов, каждый из которых состоит из 11 лет (рис. 1). Полученные средние ГТК были подвергнуты дисперсионному анализу и составлен график зависимости интенсивности солнечной активности от чисел Вольфа.

Рисунок 1 – Динамика солнечной активности за 1963-2017 гг.

Из приведенных данных видно, что солнечная активность, весьма непостоянная величина, при этом прослеживается 11-летняя цикличность. Годы спокойного солнца чередуются с годами высокой солнечной активности. Действительно в северной лесостепи в четырех 11-летних периодах из пяти солнечная активность оказывает существенное влияние на условия увлажнения вегетационного периода. При высокой солнечной активности средний ГТК составляет в среднем 1,5, а при низкой - климат становится более засушливым,

ГТК за вегетационный период снижается до 1,1.

Различия подтверждаются дисперсионным анализом и являются достоверными. Исключением является период с 1985 по 1995 годы, когда данная закономерность не проявилась и данные ГТК за этот период в таблице не приводятся. Нами установлено, что при слабой солнечной активности ГТК низкий – 0,5-0,7, а вегетационный период самый засушливый. С повышением солнечной активности ГТК также повышается до 1,5-1,7.

На наш взгляд с помощью графика солнечной активности можно предвидеть наступление засушливых лет, которое для получения урожая зерновых и кормовых культур в условиях северной лесостепи будут неблагоприятными.

При составлении прогноза засушливости вегетационного периода и ожидаемой урожайности растениеводческой продукции нужно иметь в виду, что связь между этими показателями не прямая, а вероятностная и в полной мере может не подтвердиться, как и другие метеорологические прогнозы. Но они полезны, так как позволяют ориентироваться в сложных погодных условиях и в какой-то мере предвидеть засушливые явления в данном регионе.

Таблица 1 – Влияние солнечной активности на гидротермический коэффициент вегетационного периода (май-сентябрь) в условиях северной лесостепи Челябинской области

Солнечная активность		ГТК за 11-летний цикл				
интенсивность	среднегодовое число Вольфа	1963-1973гг.	1974-1984гг.	1996-2006гг.	2007-2017гг.	в среднем
Слабая	21	1,3	0,7	1,2	1,2	1,1
Средняя (подъём)	97	1,5	1,3	1,3	1,1	1,3
Сильная	114	1,5	1,4	1,6	1,5	1,5
Средняя (затухание)	35	1,4	1,4	1,2	1,2	1,3
$F_{\phi} > F_t$						$HCP_{05} 0,264$

Вегетационные периоды 2016 и 2017 гг. завершили 24-й цикл солнечной активности, интенсивность солнечной активности за эти годы была средней (спад), ГТК равнялось, соответственно, 1,1 и 1,2, что позволяет отнести их к незначительно засушливым и сравнительно урожайным.

С 2018 г. начинается новый 25-й солнечный цикл с низкой солнечной активностью, который будет продолжаться приблизительно в течение 3-х лет. Поэтому в 2018-2020 гг. в первую очередь в хозяйствах северных районов лесостепной зоны следует ожидать большую вероятность наступления в среднем засушливых лет, что может привести к недополучению продукции растениеводства. В силу неустойчивости длительности солнечного цикла предсказать с высокой точностью год очередной засухи в настоящий момент ученым пока не удается. Наиболее вероятные годы минимума – 2019-2020 гг. [6].

В 2021-2022 гг. начнется повышение солнечной активности, и количество осадков в среднем существенно вырастит в сравнении с годами спокойного

солнца. В 2023-2025 году интенсивность солнечной активности станет максимальной. Но как показали наши наблюдения, в условиях северной лесостепи засуха может наступить не только в период слабой солнечной активности, но и при средней и высокой её величине.

Установленная прямая взаимосвязь влажности вегетационного периода и солнечной активности носит исключительно региональный характер и может быть использована только для территорий землепользования восточных предгорий Южного Урала, Зауралья, Западной Сибири. В других природно-климатических зонах могут быть получены другие, и даже противоположные результаты и эта проблема нуждается в детальном изучении [7].

Библиографический список

1. Мирошниченко Л.И. Солнечная активность и земля. Москва: Наука, 1981. – 144 с.
2. Марамыгин С.В., Сотникова А.Т. Повторяемость засухи в Зауралье. Через опыт в науку. /Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Т.С. Мальцева. – Курган, 1995. – С. 90-94
3. Максимов А.А. Требуется нестандартный подход. // Колос Сибири. 1980. – №11.
4. Берхин Ю., Чагина Е. Экологическое прогнозирование на службу сельскому хозяйству. // Колос Сибири. – 1981. – №16.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1973. – 335 с.
6. Электронный ресурс: www.mountain.ru Буянов Е.В. 24-й цикл солнечной активности. Запрос 22.12.2017.
7. Смирнова И.И. Многолетняя изменчивость климата и прогнозирование системы погоды – урожай (на примере Западного Забайкалья): Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Бурятская гос. с.-х. академия. – Улан-Удэ, 2009. – 23 с.

УДК 332.334.4 (470.621)

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ АГРОЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В ГОРНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

Мамсиров Н.И.¹, Макаров А.А.²

¹Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп

E-mail: nur.urup@mail.ru

²Станция агрохимической службы «Прикумская», г. Буденовск

E-mail: makarov.georgievsk@mail.ru

Резюме. В статье приводится анализ состояния земель сельскохозяйственного назначения и возможности рационального использования имеющихся земельных угодий под сельскохозяйственные культуры. Установлены факторы, ограничивающие их размещение на конкретных участках горной зоны республики и причины, снижающие их продуктивность и качество продукции.

В современных условиях, традиционные системы земледелия оказались несовершенными и ориентированными, главным образом, на задачи производства, что привело к увеличению деградиационных процессов земель сельскохозяйственного назначения как: эрозия, дефляция, загрязнение химическими ве-

ществами, снижение почвенного плодородия как следствие, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и эффективности системы земледелия в целом [1, 3].

За период 2013-2018 гг. общая площадь земель в границах Майкопского района остается без изменений, однако произошли изменения в структуре земельного фонда. При этом, площадь земель водного фонда и земель запаса осталась без изменений. Земли сельскохозяйственного назначения занимают 44262 га (всего лишь 13% от общей площади Майкопского района и категории земель сельскохозяйственного назначения Республики Адыгея) [2].

Земельный фонд сельскохозяйственных угодий горной зоны, представлен аллювиальными луговыми почвами, лугово-лесными, темно-серыми и серыми лесными и лесостепными, дерново-карбонатными [6].

Закладку садов в горной зоне целесообразно проводить на серых и дерново-карбонатных мощных почвах. Мощность рыхлого слоя почвы должна быть не менее 80 см.

Для выявления потенциальной урожайности проведена группировка хозяйств по почвенным баллам и сельскохозяйственным культурам. Балл бонитета почв варьируется от 41 до 60. Баллы бонитета для сельскохозяйственных культур составили: пшеница озимая – 71, кукуруза на зерно – 72, подсолнечник – 52.

Мощность гумусового горизонта от 50-100 в высокогорном до 110-140 см в низкогорном, запасы гумуса в почве 300-700 т/га в высокогорном и 450-560 т/га в низкогорном. Характерная особенность горной зоны – большая расчлененность территории – 0,75 км/км². Большое количество осадков, их высокая интенсивность, расчлененный рельеф и другие факторы обусловили развитие водной эрозии.

Все пахотные и пахотнопригодные земли горной зоны предложено объединить в 5 групп:

I группа – пахотные земли, имеющие агрофизические и физико-химические свойства, которые исключают возделывание отдельных районированных культур. Расположены на склонах до 3° в условиях низкогорных куэстовых хребтов и предгорных котловин. На этих почвах размещаются озимые культуры, но возможно их вымокание и невысокая урожайность. Однако яровые культуры на данных почвах удаются хорошо.

II группа – земли, расположенные в интразональных ландшафтах рек Белой и Курджипса. На землях данной группы сформировались долинные почвы, которые, после земель I группы, также относятся к наиболее высокопроизводительным пахотным землям. На них размещаются не только полевые, но и овощные культуры.

III группа – пахотные земли, расположенные на склонах с уклонами до 5°, преимущественно со среднесмытыми почвами. Пахотные земли представлены преимущественно серыми лесостепными слабосмытыми почвами. Характеризуются не вполне благоприятными водно-физическими свойствами, слабой гумусированностью.

IV группа – земли ограниченного использования с уклонами до 5-8°. Представлены преимущественно дерново-карбонатными почвами и серыми лесными почвами. Данная группа пахотных земель имеет тяжелый механический состав, обладает лучшими водно-физическими свойствами и имеет хорошую естественную дренированность, но подвержены эрозии, поэтому важнейшей задачей агротехники является защита почв от эрозии.

V группа – пахотные земли, непригодные под пашню. Это дерново-карбонатные средне-, и маломощные и серые лесные среднесмытые и сильносмытые, лесные глеевые, аллювиальные луговые маломощные почвы крутых склонов свыше 8°. Эти группы почв пригодны только под пастбища. В связи с проявлением на них водной эрозии в средней и сильной степени на этих почвах можно проводить только почвозащитные мероприятия (посевы трав, внесение удобрений), а существующую пашню рекомендуется залужить.

Горно-лесная зона непригодна для возделывания сельскохозяйственных культур, незначительно используется под сенокосы и пастбища, потенциально расположена к сильной эрозии.

При проектировании севооборотов первостепенное значение приобретает определение степени пригодности почвенно-климатических условий для возделывания сельскохозяйственных культур и обеспечение максимального выхода продукции с единицы обрабатываемой площади пашни [4, 5].

В условиях интенсивного земледелия, очень важна санитарная роль севооборотов, а расширение состава предшественников, включение повторных посевов позволяют их специализировать с изысканием путей максимального агрономически и экономически обоснованного насыщения их ведущими культурами [4].

Рекомендуемые системы земледелия для хозяйств горной зоны – почвозащитная, интенсивная, травопольная. В севооборотах многолетние травы размещают целыми полями с 2-3 летним использованием.

Тип 1: люцерна 1 года – люцерна 2 года – озимая пшеница – озимая пшеница – табак + подсолнечник – кукуруза на силос – озимая пшеница – кукуруза на зерно – озимая пшеница.

Тип 2: клевер 1 года – клевер 2 года – озимая пшеница – озимый ячмень – табак – озимая пшеница – кукуруза на зерно и силос – кукуруза на силос + горох – озимая пшеница

На участках, имеющих уклон 3° и более рекомендуется почвозащитный севооборот с 3-летним возделыванием люцерны и применяется специальная агротехника.

Тип 3: люцерна 1 года – люцерна 2 года – люцерна 3 года – озимая пшеница – озимая пшеница – озимый рапс – озимая пшеница – озимый ячмень.

Тип 4: эспарцет (клевер) 1 года – эспарцет (клевер) – 2 года – озимая пшеница – озимая пшеница – подсолнечник – озимая пшеница – озимый ячмень – кукуруза на силос + горох – озимая пшеница.

Отсутствие надлежащего ухода за естественными сенокосами и пастби-

щами, бессистемное их использование привело к тому, что урожайность кормов из года в год снижается. Луга и пастбища зарастают кустарником, сорной растительностью, деградирует травостой.

Процессам пастбищной деградации подвержен травостой всех лугов предгорного пояса. Повсеместно происходит замена коренной растительности на однолетнюю сорную. Естественные типы пастбищ заменяются модификациями. Урочище Лагонаки, занятое альпийскими (6,5 тыс. га) и субальпийскими (14,7 тыс. га) лугами, длительное время используется для отгонного скотоводства. В настоящее время эти пастбища подвержены депрессии на площади 4,6 тыс. га, засорены ядовитыми травами на площади 7,6 тыс. га. Большое распространение получили плохоедаемые и грубостебельные травы.

Для естественных кормовых угодий рекомендуется введение системы сенокосооборотов. Пастбища рекомендуется использовать в системе пастбищеоборотов. В первые два года, после улучшения, травостой используется на сено или зеленый корм путем скашивания. В последующие годы травостой используется под выпас скота.

Территория горной зоны характеризуется потенциально средней и сильной водной эрозией. На склонах крутизной менее 2° , подверженных слабой эрозии применяют контурную или поперечную обработку почвы, гребнистую вспашку односторонних склонов, бороздковый посев поперек склона, прикапывание противоэрозионными катками, глубокое рыхление, почвоуглубление одновременно со вспашкой.

Для склонов крутизной $2-6^{\circ}$, подверженных средней эрозии, помимо предыдущих мероприятий, рекомендуется включать прямолинейно-контурную вспашку ложбинистых склонов с изменением направления движения агрегата под тупым углом через каждые 100-200 м, совмещение вспашки с лункованием или кротованием, глубокое рыхление чизельным плугом (ПЧ-4,5) или глубокорыхлителями типа НР-80 Б на 40-60 и 70-80 см один раз в 3 года, валкование зяби, бороздковый посев, щелевание посевов на глубину 38-40 см; междурядные культивации пропашных, совмещенные с щелеванием, окучиванием или прерывистым бороздованием.

Для склонов крутизной $6-8^{\circ}$, подверженных сильной эрозии рекомендована гребнисто-ступенчатая или комбинированная вспашка, создание сети водоотводящих борозд или канав, нарезаемых под углом к горизонталям при годовом поверхностном стоке больше 250 мм.

С целью ликвидации переувлажнения в осенне-зимний и ранневесенний периоды необходимо после уборки предшествующих культур провести 1-2 кратное разноглубинное лущение тяжелыми дисковыми боронами в агрегате с трактором ДТ-75 или Т-150; затем провести глубокое безотвальное рыхление плугом-чизелем ПЧ-4,5 на глубину до 40 см. Глубокое рыхление ПЧ-4,5 проводить один раз в 2-3 года. По истечении 1,5-2 недель проводят вспашку на глубину 20-25 см (в зависимости от мощности гумусового горизонта). Для улучшения сброса излишней влаги в зимне-весенний период рекомендуется проводить щелевание.

Озимые колосовые культуры в севооборотах и запольных участках размещаются после многолетних трав, озимых и яровых колосовых, картофеля. Обработка под озимые колосовые должна проводиться вслед за уборкой предшественника с тем, чтобы сохранить в почве остаточную влагу.

При возделывании озимых колосовых в почвозащитных участках необходимо проводить контурную вспашку. Для отвода избыточных вод необходимо проводить глубокое рыхление вдоль склона до 40 см плугом-чизелем ПЧ-4,5. Обработка почвы под яровые культуры выполняется по системе зяблевой вспашки. После уборки предшественника проводится 2-3 кратное лущение. Зяблевая вспашка в данной зоне оттягивается на поздний период для меньшего уплотнения почв. Любое выравнивание с осени нежелательно, так как это приводит к заплыванию и уплотнению пашни к весне [3]. Вспашка в почвозащитных участках проводится строго по горизонталям, а на склонах с изменяющейся экспозицией, изменяются направления обработки с тем, чтобы она была перпендикулярной склоновому стоку с небольшим уклоном (0,005-0,01) [5].

Таким образом, агроэкологические свойства выделенных групп земельных участков соответствуют требованиям основных сельскохозяйственных культур, чем достигается оптимальное их размещение и реализуется ресурсосберегающий подход к организации использования сельскохозяйственных угодий.

Экспериментально подтверждено, что повышение индекса продуктивности агроландшафтов горной зоны за счет организации сельскохозяйственных угодий на эколого-ландшафтной основе позволяет увеличить производство зерновых на 8,8 ц/га, применение энергосберегающих технологий противоэрозионной обработки почв – на 5 ц/га, воспроизводства гумуса в почвах за счет предотвращенного смыва в контурно-мелиоративных системах земледелия – на 5-6 ц/га, внедрение научно-обоснованных севооборотов и повышение плодородия почв позволят увеличить производство сельскохозяйственной продукции на 5-7 ц/га и эффективность систем земледелия на 10-15%.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель и, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство /под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Доклад о состоянии и использовании земель Республики Адыгея /Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по РА за 2018 г. – 178 с.
3. Мамси́ров, Н.И. Оптимизация системы обработки почв как фактор повышения их плодородия и продуктивности пропашных культур /Монография. – Майкоп, ИП «Магарин О.Г.», 2015. – 287 с.
4. Найденов, А.С. Научно-обоснованные севообороты – залог высоких урожаев и сохранения плодородия почвы /А.С. Найденов, В.А. Масливец, Н.И. Бардак, В.В. Терещенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 36. – С. 138-140.
5. Mamsirov N.I., Chumachenko Y.A., Udzhuhu A.C. Agrochemical properties of fused chernozem, depending on the methods of basic processing and the norms of fertilization // Ecology, Environment and Conservation. – 2018. – Т. 24. – № 1. – С. 462-471.
6. <http://ebook-russia.ru/adygeya/pochvy-respubliki-adygeya>

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ В ЛЕСОПОЛОСАХ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПОЗИЦИЯХ СКЛОНА В ТЕЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Панкова Т.И.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: pankova-ti@mail.ru

Резюме: Изучено изменение некоторых физико-химических свойств почвы под лесополосами, расположенными на различных экспозициях склона. Период исследований – 16 лет. Во всех лесополосах отмечены тенденции увеличения содержания в почве суммы обменных оснований и обменного кальция, а также уменьшения кислотности почвы. Наиболее интенсивно эти процессы происходят в приводораздельной лесополосе.

Ключевые слова: лесополоса, экспозиция, чернозем типичный, сумма обменных оснований, обменный кальций, обменный магний, pH водного раствора, pH солевого раствора.

Лесополосы играют в агроландшафте большую агроэкологическую, природоохранную, организующую, средообразующую роль и в его экологическом каркасе являются основным структурообразующим элементом [1; 2], во многом определяя экологический потенциал агроландшафта.

В почве под многолетними лесополосами формируются условия, отличающиеся от условий, складывающихся под степной растительностью, что обуславливает изменение почвообразовательных процессов. Кроме того, нельзя забывать о влиянии рельефа на варьирование свойств почвы, что, несомненно, сказывается на специфике почвообразовательных процессов под данными биоценозами. В результате в экосистеме многолетних лесополос изменяются почвенные свойства, характеризующие агроэкологическое состояние черноземных почв.

По нашим наблюдениям, в исследованиях искусственных лесных насаждений уделяется больше внимания изучению свойств почвы под лесополосами в сравнении с другими угожьями агроландшафта, в частности, с пашней. Анализ научной литературы показывает, что недостаточно изучено изменение в течение длительного периода времени различных почвенных свойств в лесополосах, расположенных на различных экспозициях склона. Этим вызвана необходимость проведения исследований в данном направлении.

Исследования проводили в лесополосах, расположенных на разных экспозициях склона на опытном поле ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Курская область, Медвенский район) в черноземе типичном тяжелосуглинстом в слое 0-20 см. Лесные полосы 1980 г. посадки состоят из смеси евроамериканских гибридов тополя – «Заря» и «Робуста-236». Гибриды относятся к подроду бальзамического тополя, отличаются свето- и влаголюбием, требовательностью к плодородию почвы. В 2000 г. отбор почвенных образцов производили в прибалочной лесополосе южной экспозиции, приводораздельной лесополосе водораздельного плато и водорегулирующей лесополосе северной экспозиции, в 2016 г. – еще и в прибалочной лесополосе северной экспозиции.

Возраст лесополос составлял, соответственно, 20 и 36 лет. В почвенных образцах определяли следующие физико-химические показатели плодородия: обменно-поглощенные основания Ca^{2+} и Mg^{2+} – объемным методом трилонометрически; pH водной и солевой вытяжки – потенциометрически [3].

Полученные экспериментальные данные были обработаны современными методами математической статистики [4;5] по стандартным компьютерным программам.

Нами установлено, что во все сроки отбора почвенных образцов наибольшее содержание суммы обменных оснований и обменного кальция было в почве лесополосы южной экспозиции (в 2000 г. – $28,6 \pm 0,64$ мг·экв/100 г почвы и $24,8 \pm 0,8$ мг·экв/100г соответственно, в 2016 г. – $32,9 \pm 0,64$ мг·экв/100 г и $28,7 \pm 0,89$ мг·экв/100 г почвы соответственно). Отмечено увеличение доли обменного кальция в составе суммы обменных оснований на всех экспозициях, кроме южной (рис.1). За годы исследований в почве водораздельного плато доля обменного кальция увеличилась на 7,1%, на северной экспозиции – на 3,5%.

Рисунок 1 – Содержание обменных оснований в черноземе типичном под лесополосами в различные годы исследований (а – 2000 г.; б – 2016 г.)

Определение в 2016 г. содержания обменных оснований в слое почвы 0-20 см в прибалочных лесополосах полярных склонов показало незначительное превышение их на южной экспозиции. Так, здесь содержание суммы обменных оснований и обменного кальция всего на 6,1% и 7,9%, соответственно, выше, чем в почве аналогичной лесополосы северного склона и составило $32,9 \pm 0,64$ и $28,9 \pm 0,86$ мг·экв/100 г почвы (рис. 1). Но содержание обменного магния, по нашим наблюдениям, наоборот, больше в почве северной экспозиции (на 5,5%) и составляет $4,43 \pm 0,17$ мг·экв/100г почвы.

Содержание суммы обменных оснований в почве двух 36-летних лесополос, расположенных на северном склоне практически одинаково. Обменного кальция незначительно больше содержится в почве прибалочной лесополосы (на 2,7%), но обменного магния в ней, наоборот, на 9,1% меньше, чем в почве водорегулирующей лесополосы ($4,4 \pm 0,17$ и $4,8 \pm 0,46$ мг·экв/100г почвы, соответственно).

Во всех исследуемых лесополосах за годы наблюдений отмечено возрастание содержания в почве суммы обменных оснований и обменного кальция. Но наибольшее увеличение этих показателей отмечено в приводораздельной лесополосе (на 26,1% и 37,2% соответственно).

Кислотность почвы лесополосах различных лесополос во все сроки измерения изменялась несущественно. В 2000 г. максимальное значение рН водного раствора отмечено в почве лесополосы южной экспозиции ($6,8 \pm 0,03$), за 16 лет произошло увеличение этого показателя на 5,8% и его значение составило $7,2 \pm 0,06$. В 2016 г. наибольшее значение рН водного раствора было в почве водораздельного плато – $7,6 \pm 0,15$, хотя в первый срок отбора образцов данный показатель составлял $6,5 \pm 0,07$, т.е. произошло увеличение на 17,5%. Значение рН солевого раствора за период наблюдений максимально увеличилось в почве этой же лесополосы. Так, в 2000 г. значение этого показателя было $5,7 \pm 0,06$, а в 2016 г. – уже $6,6 \pm 0,12$.

Определение в 2016 г. кислотности почвенного раствора в изучаемых лесополосах показало, что значения рН водного и рН солевого растворов минимальны в почве прибалочной лесополосы северной экспозиции ($6,6 \pm 0,06$ и $5,6 \pm 0,07$ соответственно), что на 9,1-12,5% меньше, чем в почве аналогичной лесополосы южной экспозиции, и на 6,1-8,9% меньше, чем в почве лесополосы, расположенной в верхней части северного склона.

Таким образом, отмечена тенденция постепенного подщелачивания почвы под всеми исследуемыми лесополосами, причем в почве приводораздельной лесополосы этот процесс идет наиболее активно. В других лесополосах смещение кислотности происходило в 2,4-2,3 раза медленнее. Установлено возрастание содержания в почве суммы обменных оснований и обменного кальция во всех исследуемых лесополосах. Но наибольшее увеличение этих показателей отмечено в приводораздельной лесополосе. Содержание обменных оснований во все сроки исследований было максимальным в почве лесополосы южной экспозиции. Но за 16-летний период в почве только этой лесополосы

полосы не увеличилась доля обменного кальция в составе обменных оснований.

Библиографический список

1. Королев В.А., Громовик А.И., Йонко О.А. Изменение физических свойств почв Каменной Степи под влиянием полезащитных лесных полос // Почвоведение. 2012. №3. С. 299-308.
2. Гераськин М.М., Каргин В.И., Каргин И.Ф. Агроэкологическая роль полезащитных лесополос в организации территории лесопользования // Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. 2014. №3. С. 31-34.
3. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. – 656 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении / Е.А. Дмитриев. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2019. – 334 с.

УДК 631.51.01:631.431.73:631.432.2

ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ НА ВЛАЖНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ

Прущик И.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: kursk.iva@inbox.ru

Резюме. В статье представлены данные по влажности и плотности почвы на зерновых культурах при разных видах обработки.

Summary. The article presents data on soil moisture and density in cereal crops at different types of cultivation.

Самым важным агротехническим приемом является обработка почвы, в тоже время – это самая энергоемкая операция при возделывании сельскохозяйственных культур. Главный технологический прием ресурсосберегающего земледелия – мелкие, поверхностные и нулевые обработки почвы. Применение поверхностной системы обработки почвы для снижения процессов дегумификации и эрозии может привести к ее переуплотнению и слитизации [1, 2].

Исследования проводили на научно-производственном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенном в Медвенском районе Курской области.

Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным среднесуглинистым среднегумусным.

Изучалась следующая схема севооборота:

1. пар чистый (базовая технология) и сидеральный (интенсивная технология),
2. озимая пшеница,
3. сахарная свекла,
4. гречиха,
5. ячмень.

Изучали разные виды обработки почвы при двух типах технологий:

базовый и интенсивный. В каждом типе технологий изучали среднюю отвальную обработку (традиционная) и несколько видов ресурсосберегающих (мелкая безотвальная, средняя безотвальная, поверхностная, нулевая).

Размер посевных делянок изучаемых технологий составлял 10,8х250 м.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом в слое почвы 0-100 см. Отбор образцов на влажность производили бурением скважин через 20 см в трехкратной повторности.

Плотность сложения определяли путем отбора образцов с нарушенным сложением почвенным буром-пробоотборником [3] с последующим высушиванием и взвешиванием в слое 0-20 и 20-40 см.

Агрометеорологические условия возделывания зерновых культур с апреля по июль можно характеризовать как достаточно увлажнённые.

В таблице 1 представлены данные о влиянии различных технологий возделывания озимой пшеницы и ячменя на плотность почвы в начале весенней вегетации 2020 г. Наименьшая плотность сложения пахотного слоя выявлена при базовой технологии возделывания на средней отвальной обработке (под пар), а наибольшая – при интенсивной технологии возделывания с поверхностной обработкой. Наименьшая плотность сложения пахотного слоя, так же как и на озимой пшенице, выявлена при базовой технологии возделывания на средней отвальной обработке, а наибольшая – при базовой технологии возделывания на мелкой безотвальной обработке и при интенсивной технологии возделывания с поверхностной обработкой.

Таблица 1 – Влияние различных технологий возделывания на плотность почвы в начале весенней вегетации озимой пшеницы и ячменя 2020 г

Варианты опыта	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см ³	
		Озимая пшеница	Ячмень
Базовая технология			
Средняя отвальная обработка	0-20	0,76	0,91
	20-40	1,16	1,18
Мелкая безотвальная обработка	0-20	1,00	1,17
	20-40	1,12	1,19
Интенсивная технология			
Средняя отвальная обработка	0-20	0,93	
	20-40	1,09	
Поверхностная обработка	0-20	1,12	1,08
	20-40	1,08	1,09
Нулевая обработка	0-20		1,14
	20-40		1,13

При определении плотности почвы влажность была одинакова в пределах погрешности. Следовательно, различие в плотности сложения можно объяснить способом обработки почвы.

Содержание продуктивной влаги в почве в начале вегетации растений, является основным условием получения урожая сельскохозяйственных культур.

Содержание продуктивной влаги в почве на момент обследования (весна 2020) представлено в таблице 2. На изучаемых культурах содержание продуктивной влаги варьировало в метровом слое почвы от 149,5 до 224,2 мм, что соответствовало средней степени обеспеченности влагой.

Таблица 2 – Влияние различных технологий возделывания на содержание продуктивной влаги в почве в начале вегетации растений зерновых культур

Культуры	Варианты опыта	Содержание продуктивной влаги, мм					
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-100
Озимая пшеница	Базовая технология						
	Средняя отвальная обработка (под пар)	50,5	53,6	31,0	28,1	26,1	189,3
	Мелкая безотвальная обработка (под пар)	54,8	64,0	31,5	32,8	34,5	217,6
	Интенсивная технология						
	Средняя отвальная обработка	68,3	22,7	28,0	26,0	25,3	170,3
	Поверхностная обработка	59,5	66,7	34,4	47,4	16,2	224,2
Ячмень	Базовая технология						
	Средняя отвальная обработка	61,4	38,8	30,4	29,1	21,0	180,7
	Мелкая безотвальная обработка	34,7	41,1	27,3	24,5	21,9	149,5
	Интенсивная технология						
	Поверхностная обработка	61,7	56,1	28,6	29,0	27,0	202,4
	Нулевая обработка	51,3	49,1	28,4	29,7	28,3	186,7

На ячмене содержание продуктивной влаги больше при традиционной обработке почвы, по сравнению с ресурсосберегающими обработками. Весной при возобновлении вегетации озимой пшеницы содержание продуктивной влаги было выше на ресурсосберегающих обработках по двум типам технологий возделывания. Анализ таблицы показал положительное влияние ресурсосберегающих технологий на влажность почвы при сложившихся погодных условиях.

Библиографический список

1. Шарушов Р., Дозоров А., Гаумов А., Гаранин М. Влияние различных по интенсивности приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели плодородия, симбиотическую деятельность и формирование урожая семян гороха и сои // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 4. – С.45-47.
2. Найденов А.С., Василько В.П., Бардак Н.И. Динамика агрофизических свойств черноземных почв при длительном сельскохозяйственном использовании и пути их оптимизации в условиях Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. – 2018. – №142(08). – С.41-56.

3. Патент на изобретение 2657555 Почвенный бур-пробоотборник. Вытовтов В.А., Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Салимгареева О.А., 2018. – Б.И. – № 31.

УДК 631.46.61

ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗЛАГАЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ

Двойных В.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: viktoria.dvoinyh@yandex.ru

Резюме. Почвенные микроорганизмы являются обязательным компонентом любой агро-экосистемы, они обладают мощным ферментативным аппаратом, выполняют многообразные функции в круговороте веществ, обеспечивая постоянное функционирование экосистем в целом.

Ключевые слова: целлюлозолитическая активность, содержание нитратов, оценка, чернозем, биологические показатели, микроорганизмы.

В настоящее время актуальной проблемой является изучение и оценка экологического состояния почв ЦЧР, подвергающихся интенсивному антропогенному воздействию. Важным почвенным показателем, реагирующим на изменения вследствие агрогенных нагрузок, является биологическая активность. Содержание и активность микроорганизмов в почве зависит как от почвенных режимов, так и от агрогенной нагрузки на почву. Проведены исследования по изучению целлюлозоразлагающей активности почв методом аппликаций. Исследования проводились на территории опытного производственного хозяйства Курского федерального аграрного научного центра. Выполнены работы по определению влажности почвы и рассчитаны общие запасы влаги в % в 0-20 сантиметровом слое почвы. Измерена температура пахотного слоя. Все точки были привязаны с помощью GPS с определением координат.

Исследования биологической активности почв дают возможность понимать взаимоотношение компонентов экосистемы и раскрывают ее потенциальные возможности для восстановления нарушенного равновесия. Скорость разложения клетчатки в почве зависит от наличия в ней легкодоступного азота, поэтому определение целлюлозолитической активности почвы позволяет судить об энергии мобилизации почвенных процессов в целом.

Использование методов биологической диагностики позволяет определить негативные последствия антропогенного воздействия на ранних стадиях.

Сельскохозяйственное использование почв приводит к нарушению их устойчивости, изменению состава, структуры и др. Среди всех компонентов почвы именно живое вещество представляет интерес при оценке устойчивости почв. Современные исследования направлены на поиск оценочных показателей, с помощью которых можно было бы диагностировать и документировать потенциальный риск изменения устойчивости в результате внешних воздействий [1]. С жизнедеятельностью живых организмов: высших растений, мик-

роорганизмов и животных-неразрывно связано естественное плодородие и экологическое состояние почвы [2]. Изучение микробного компонента почвы – неотъемлемая часть экологического исследования, поскольку он является важной функциональной частью почвенного органического углерода. Кроме того, микробное сообщество почв в силу своей высокой чувствительности, реактивности и набору специализированных экологических групп позволяет быстро регистрировать изменения и характеристику среды в результате антропогенных влияний, что дает возможность использовать их в качестве эффективных биоиндикаторов происходящих в почве процессов [3]. В настоящее время для оценки биологических свойств почвы применяют множество показателей: численность или биомассу почвенных микроорганизмов и мезофауны, целлюлозоразрушающую и азотфиксирующую активности, нитрификационную способность и другие. Однако лишь совокупность нескольких биологических показателей может в достаточной мере характеризовать биологическое состояние почвы. Наиболее чутко на изменения, происходящие в почвенной экосистеме, реагируют микроорганизмы почвы – самая многочисленная и активная группа почвенных организмов (в 1 г чернозема может содержаться до 10 миллиардов, а иногда и более микроорганизмов). Распашка и сельскохозяйственное использование почвы вызывает серьезные нарушения в ее функционировании, которые в первую очередь влияют на численность, активность и видовое разнообразие почвенных микроорганизмов [4]. В почву с растительными остатками поступает значительное количество целлюлозы. Для определения целлюлозолитической активности почвы используют различные способы учета продуктов ферментативной активности: определение остаточного количества не расщепленной в почве целлюлозы и интенсивности накопления белков и аминокислот (аппликационные методы), определение количества образующегося CO_2 или потребленного при распаде клетчатки O_2 , колориметрический метод определения глюкозы, образующейся при гидролизе целлюлозы в почве и другие. Аппликационные методы отличаются простотой и дают возможность приблизиться к определению интенсивности протекания процессов в природных условиях. Именно эти методы приведены в методических указаниях для выполнения работ по определению целлюлозолитической активности почв.

С целью изучения биологических свойств чернозема были выбраны 33 точки. Чтобы определить интенсивность разложения целлюлозы были заложены ткани в трехкратной повторности на водоразделе, северной, западной, южной и восточной экспозиций.

Определение интенсивности разложения целлюлозы.

Хлопчатобумажную ткань постирали и прогладили, пленку простерилизовали при помощи спирта. Нарезали шириной 5x20 см, взвесили на весах с точностью до одной десятой грамма и определили таким образом ее начальный вес. Полученное значение записали в лабораторный журнал. После взвешивания ткань пришили к стерильной полимерной пленке такого же размера. В почве сделали свежий разрез и к его вертикальной стенке плотно прижали ткань. С обратной стороны полиэтилен придавили почвой, разрез засыпали.

Верхнюю границу ткани погрузили в почву на 3 см. Закладывали в трехкратной повторности на глубину 0-20см.

Для оценки интенсивности разложения клетчатки (% за сезон) используется следующая шкала:

очень слабая – меньше 10%

слабая – 10-30%

средняя – 30-50%

сильная – 50-80%

очень сильная – больше 80%

Шкала интенсивности позволяет определить микробиологическую активность почв: чем выше процент разложения клетчатки, тем она выше.

Запасы влаги в слое 0-10см варьировали от 21,2% (склон южной экспозиции) до 26,5% (склон северной экспозиции). А в слое 0-20см наименьший запас влаги был 23,4% (склон восточной экспозиции), наибольший 28,6% (склон западной экспозиции). Активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, определяемая степенью разложения хлопчатобумажной ткани, в опыте варьировала в зависимости от степени агрогенной нагрузки. Максимальная величина целлюлозолитической активности наблюдалась на северном склоне и составила 44%, при температурном минимуме – +10°C в точках северной экспозиции. Температурный максимум наблюдался на склоне восточной экспозиции и составил +14,5°C. Следует отметить, что меньшая прогреваемость почвы обусловила активную жизнедеятельность почвенных грибов. Таким образом, биологические показатели почвы, реагирующие на интенсивность воздействия агрогенных нагрузок, служат индикатором проявляющихся почвенно-экологических изменений в агроландшафте.

Показатели биологической активности почвы могут быть использованы при тестировании состояния почв. При обогащении почв небольшими количествами органических соединений может наблюдаться возрастание некоторых показателей биологической активности, так как более интенсивно развиваются группы микроорганизмов, участвующих в переработке дополнительных субстратов. При загрязнении тяжелыми металлами, оксидами серы, большими количествами различных органических веществ, преобладает токсический эффект, вследствие чего биологическая активность подавляется.

Выводы. На склонах всех экспозиций наблюдалось снижение биологической активности почвы. Неблагоприятный температурный и водный режим года исследования способствовал снижению биологической активности почвы по сравнению с более благоприятными годами со среднегодовыми осадками.

Библиографический список

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. – 223с.
2. Чернова Н.М., Былова Л.М. Экология. – М.: Просвещение, 2004. – 280 с.
3. Сорокин Н.Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. – Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2009. – 222 с.
4. Брескина Г.М. Трутаева Н.Н. Чуян Н.А. Оценка биологического состояния чернозема типичного на различных видах угодий. Вестник Курской ГСХА. – 2018. – №5. – С.35-39.

УДК 631.452; 631.459.01; 502.5; 504; 911.6

БИОЛОГИЗАЦИЯ И ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК ФАКТОР СОХРАНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Трофимова Л.С.

ФГБНУ Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
имени В.Р. Вильямса, г. Лобня, Московская обл.

E-mail: viktrofi@mail.ru

***Резюме.** Приоритетом научно-технологического развития страны является переход к высокопродуктивному и экологически чистому сельскому хозяйству, которое достигается путем биологизации и экологизации с целью сбалансировать сельскохозяйственную деятельность с возможностями Природы, сделать здоровой землю, нашу среду обитания и питание.*

***Summary.** The priority of scientific and technological development of the country is the transition to highly productive and environmentally friendly agriculture, which is achieved through biological and greening with the aim of balancing agricultural activities with the capabilities of Nature, making a healthy land, our habitat and nutrition.*

Приоритетом научно-технологического развития России является переход к высокопродуктивному и экологически чистому сельскому хозяйству – основы основ продовольственной, экологической и национальной безопасности России, движителю ее экономики.

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса создан с целью обеспечения проведения прорывных фундаментальных, приоритетных прикладных исследований и практических разработок по направлениям, являющимся стратегически важными для страны. Программа развития Центра ориентирована на приоритеты и вызовы для общества, государства и науки, которые включены в Стратегию научно-технологического развития нашей страны в ближайшей (10-15 лет) и долгосрочной перспективе.

В Стратегии научно-технологического развития нашей страны указаны следующие большие вызовы для общества, государства и науки, имеющие отношение к сельскому хозяйству: «возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан; потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе» [1].

«В ближайшие 10-15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать в том числе: 1) переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, 2) возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы... В долгосрочной перспективе (в том числе и после 2030 года) особую актуальность приобретают исследования в области

понимания процессов, происходящих в обществе и природе, развития природоподобных технологий, человеко-машинных систем, управления климатом и экосистемами» [1].

Сельское хозяйство дает человеку пищу, другие ресурсы, но вместе с тем разрушает землю, саму основу сельскохозяйственного производства и основу нашей среды обитания. Решение проблемы обеспечения продовольственной и экологической безопасности России должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов [2-4].

Кормопроизводство, самая масштабная, многофункциональная и связующая отрасль сельского хозяйства, во многом 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 [5, 6].

Кормопроизводство объединяет, связывает в единую систему все отрасли сельского хозяйства и даёт огромные преимущества их развитию. Животноводству оно даёт корма, растениеводству – продуктивность всех культур, земледелию – плодородие почв, сельскохозяйственным землям – продуктивность и устойчивость. Оно также обеспечивает эффективное управление сельскохозяйственными землями и рациональное природопользование, поддерживает в сельском хозяйстве необходимый баланс отраслей.

Многолетнее взаимодействие Человека и Природы в процессе сельскохозяйственной деятельности показали, что идет тихий кризис планеты, деградация сельскохозяйственных земель, снижение устойчивости агроландшафтов, плодородия почв. За всю историю сельского хозяйства Потери сельскохозяйственных земель в мире составили 2,5 млрд. га. Сегодня мы используем 1,5 млрд. га. За последние 100-120 лет потеряно 50% плодородия почв [2-4].

В сельском хозяйстве преобладает экономика быстрой выгоды, направленная на получение высоких доходов. Нарушение законов сбалансированности с Природой, севооборотов, чрезмерная химизация, интенсификация сельскохозяйственного производства, развития эрозии и истощения почв. Происходит опасный перекос в сторону удовлетворения экономических интересов в ущерб экологическим и социальным. Это является разрушительным для Природы и истощительным для природных ресурсов.

Существенную роль в усилении эрозионных процессов играет интенсификация сельскохозяйственного производства с ориентацией на пропашные, зерновые монокультуры и чистые пары. Они оголяют почву, ослабляют почвозащитные и противоэрозионные свойства агроэкосистем. В структуре агроландшафтов – мало защитных экосистем. В структуре посевных площадей – их практически нет. Преобладают экономически привлекательные культуры (пшеница, подсолнечник), востребованные на рынке [2-4].

Экономика быстрых выгод не учитывает влияния сельского хозяйства на экологическое состояние земель, деградацию агроландшафтов, снижение плодородия почв, ведет к разрушению земель и среды обитания, снижению качества продукции.

Нарушена сбалансированность сельского хозяйства (растениеводства, животноводства, земледелия). Нарушена сбалансированность структуры агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов. Из них исчезают защитные экосистемы – многолетние травы, луга, леса. Нарушена сбалансированность растениеводства и животноводства. Доля многолетних трав в структуре посевных площадей уменьшилась в 8-10 раз [2-4].

Сельскохозяйственную деятельность необходимо привести в соответствие с возможностями и выносливостью природы [7, 8].

Приоритетом научно-технологического развития страны является переход к высокопродуктивному и экологически чистому сельскому хозяйству, которое достигается путем биологизации и экологизации с целью:

- приблизить Человека к Природе,
- к экологически чистым, естественным, здоровым продуктам питания,
- сбалансировать сельскохозяйственную деятельность с возможностями Природы,
- сделать здоровой землю, среду обитания и пищу человека и животных,
- обеспечить условия для сохранения здоровья земли – здоровой продукции – здорового населения,
- создать экономику рационального природопользования, социально и экологически ориентированную,
- обеспечить сохранение земель, агроландшафтов, биосферы,
- повышение качества продукции,
- сохранение здоровья и жизни населения.

Сельское хозяйство должно обеспечивать эффективность и устойчивость сельскохозяйственного производства, продуктивное долголетие сельскохозяйственных земель и агроландшафтов, сохранение плодородия почв. Оно должно опираться на разнообразие продуктивных и защитных экосистем, разнообразие культур, поддерживающих сбалансированное взаимодействие с Природой, равновесие окружающей среды, с ограничением применения химикатов.

Использование уникальных биологических и экологических закономерностей, создание новых высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, адаптированных к конкретным условиям возделывания, и новые технологии позволят решать проблемы, возникающие перед сельскохозяйственным производством.

Работа предстоит долгосрочная – на многие годы. Но откладывать на потом уже невозможно. Только тогда мы сделаем свое сельское хозяйство сбалансированным, эффективным и устойчивым, обеспечим сельскохозяйственным землям продуктивное долголетие.

Изучение биологических, экологических, географических закономерностей, разработку эффективных экологически безопасных энергосберегающих технологий производства, заготовки и использования кормов, рационального природопользования, экологии и охраны окружающей среды в сельском хозяйстве, обеспечении сохранения плодородия почв, устойчивости и продуктивного долголетия сельскохозяйственных земель и агроландшафтов, а также координации этих работ в России Центр планирует осуществлять путем Междисциплинарных комплексных исследований.

Библиографический список

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. – № 642.
2. 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.
3. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. «Тихий кризис» агроландшафтов Центрального Черноземья // Земледелие. 2014. – № 1. – С. 3-6.
4. 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.
5. 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. – № 54. – С. 305-309.
6. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Бычков Г.Н., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология // Кормопроизводство. – 2016. – № 8. – С. 3-8.
7. Иванов А. Л. Научное земледелие России: итоги и перспективы // Земледелие, 2014. – № 3. – С. 25-29.
8. Сычёв В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования Москва: Российская академия наук, 2019. – 328 с.

УДК 631.81: 631.86: 633.63

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ NPK ИЗ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ПОД САХАРНУЮ СВЕКЛУ В ЦЧР

Минакова О.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н.

ФГНБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свёклы и сахара им. А.Л. Мазлумова», Воронежская обл., пос. Рамонь
E-mail: olalmin2@rambler.ru

Резюме. Длительное применения удобрений под сахарную свеклу в условиях стационарного опыта более всего изменяли КИУ K_2O , несколько меньше - P_2O_5 , менее всего – N. Наиболее высокое использования NPK удобрений было отмечено при действии в севообороте систем $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза.

Summary. Long-term using of fertilizers for sugar beets in the conditions of stationary experiment most changed the utilization coefficient of fertilizers of K_2O , slightly less – P_2O_5 , least of all – N. The highest using of NPK fertilizers was observed when the systems $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ t/ha of manure and $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ t/ha of manure were used in crop rotation.

Возделывание сахарной свеклы как рентабельной высокопродуктивной культуры, получающей большое количество удобрений, нуждается в комплексной оценке эффективности их применения. Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений, навоза и почвы характеризуют особенности питания сельскохозяйственных культур. На данные показатели значительное влияние оказывают уровень удобрённости севооборотной площади, вид возделываемой культуры, они раскрывают отношение культур к элементам питания и степень их накопления в почве [1].

Средний коэффициент использования (КИП) P_2O_5 сахарной свеклой очень невысокий и составляет 7-10%, K_2O и N – в несколько раз выше, 0,20-0,25 и 0,25-0,30% [2], применение удобрений изменяет КИП [3]. Сахарная свекла достаточно полно использует N и K_2O минеральных удобрений (на 50-60%), P_2O_5 – значительно меньше (15-20%) [2]. Коэффициент использования элементов питания из минеральных удобрений (КИУ) на фоне их возрастающих доз снижается [4, 5].

Исследования проводились в 2009-2019 гг. в стационарном опыте по внесению удобрений (год закладки – 1936) во ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. Сахарная свекла возделывалась в 9-польном севообороте, в паровом звене (черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень). Минеральные удобрения вносились под сахарную свеклу, навоз – в черном пару.

Установлено, что КИП азота под сахарной свеклой составил 97,7-124,0% (табл. 1), разница по вариантам – 9,93-30,0%. Величина КИП азота свыше 100 свидетельствовала о дополнительном поступлении элемента (нитрификация, разложение растительных остатков, дегумификация). Не было отмечено достоверного изменения данного показателя относительно контроля, повышение на 4,7 и 16,4% было отмечено при действии доз $N_{45}P_{45}K_{45}+25$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза.

Таблица 1 – Коэффициент использования элементов питания из почвы сахарной свеклой, %

Вариант	N	P_2O_5	K_2O
Контроль (без удобрений)	107,6	13,4	35,3
$N_{45}P_{45}K_{45}+25$ т/га навоза	112,3	16,5	39,2
$N_{90}P_{90}K_{90}+25$ т/га навоза	108,6	18,0	39,1
$N_{135}P_{135}K_{135}+25$ т/га навоза	124,0	15,5	55,8
$N_{45}P_{45}K_{45}+50$ т/га навоза	97,7	14,6	40,5
$N_{120}P_{120}K_{120}+50$ т/га навоза	108,0	21,0	50,6
$N_{190}P_{190}K_{190}$	107,4	18,6	46,7

КИП P_2O_5 в звене с паром составил 13,4-21,0%, применение удобрений обеспечивало его повышение на 8,95-56,7%. Наиболее высоким (21,0%) он был при действии системы $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, также значительный он был при внесении $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ (18,0-18,6%).

КИП K_2O в опыте составил 35,3-55,8%. Отмечен значительный его прирост относительно контроля, на 10,8-58,1%, в наибольшей мере – при внесении $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$.

Таблица 2 – Коэффициент использования элементов питания из минеральных удобрений сахарной свеклой, %

Вариант	N	P_2O_5	K_2O
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	31,2	39,3	127,5
$N_{90}P_{90}K_{90}$ +25 т/га навоза	40,0	27,9	52,7
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	40,7	32,7	79,8
$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза	27,5	38,6	87,3
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	34,9	39,5	78,4
$N_{190}P_{190}K_{190}$	34,6	24,3	46,3

КИУ азота в опыте составил 27,5-40,7% (табл. 2), максимальным он был при внесении $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, минимальным – при $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза, с увеличением доз удобрений произошло его повышение на 10,9-30,4% (кроме $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза), в наибольшей степени – при действии систем $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза.

КИУ P_2O_5 составил 24,3-39,5%, максимальным его значение было при $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, минимальным – при $N_{190}P_{190}K_{190}$, с увеличением доз удобрений произошло его снижение на 16,8-38,2% (кроме $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза).

КИУ K_2O составил 46,3-127,5%, максимальным его значение было $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, минимальным – при $N_{190}P_{190}K_{190}$, с увеличением доз удобрений произошло его снижение на 31,5-63,7%.

Таким образом, в результате исследований установлено, что длительно вносимые удобрения в меньшей степени изменяли КИП азота по разным вариантам (на 9,93-30,0%), P_2O_5 и K_2O – в большей степени (на 8,95-56,7% и 10,8-58,1% соответственно). Сахарная свекла в условиях стационарного опыта более всего использовала K_2O удобрений (КИУ = 46,3-127,5%), потребление азота и P_2O_5 были более низкими и примерно равным (КИУ = 27,5-40,3 и 24,3-39,5% соответственно). Более всего по вариантам изменялся КИУ K_2O (на 31,5-175%), несколько меньшее – P_2O_5 (на 16,8-62,5%), с ростом доз удобрений отмечалось их снижение; а минимальное изменение КИУ отмечалось для N (на 9,93-48,0%), но при этом данный показатель повышался (кроме $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$

т/га навоза). Лучше всего использовались NPK при применении в севообороте системы $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, а P_2O_5 и K_2O – также и $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, эти же системы, в основном, также лучше остальных использовали элементы питания из почвы.

Библиографический список

1. Дзюин Г.П., Дзюин А.Г. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений, навоза и почвы культурами севооборота // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5 (часть 1). – С. 83-90
2. Гуреев И.И., Агибалов А.В. Производство сахарной свеклы без затрат ручного труда. – Курск: ВНИИЗ и ЗПЭ, 2000. – 124 с.
3. Карабутов А.П., Уваров Г.И., Тютюнов С.И. Влияние агроприёмов на режим калия чернозёма типичного // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 36-38.
4. Дуйшембиев Н.Д., Ахматбеков М.А., Мамбетов К.М.Ш.Б., Жайнакова Г.Л.Б., Эмил У.У. Коэффициенты использования элементов питания растениями в севообороте, при длительном применении удобрений // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2018. – № 2 (47). – С. 51-58.
5. Плотников А.М., Кабдунова Г.С. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. – № 1. – С. 38-41.

УДК 631.87

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМА БИОЛОГИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Чуян Н.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск, Россия

E-mail: Chuyan.6546@yandex.ru

Резюме. Проведенный сравнительный биоэнергетический анализ органических удобрений в звене зернопропашиного севооборота показал высокую эффективность использования как побочной продукции, так и навоза на удобрение. Но использование растительных остатков обеспечивает снижение антропогенных затрат невозобновляемой энергии, что ведет к повышению энергетической эффективности производства продукции.

Применение биоэнергетического подхода (Методика..., 1999) к оценке технологии использования побочной продукции на удобрение позволяет определять не только баланс энергии органического вещества почвы, но и биопроводительность агроэкосистем на единицу совокупного энергетического ресурса, которая включает энергию ФАР, энергию органического вещества почвы и минеральных элементов питания, способных к трансформации в результате функционирования агроэкосистем и совокупную антропогенную энергию.

Нами проведена сравнительная оценка агроэкосистемы севооборота с использованием традиционных органических удобрений (навоза) и нетрадиционных (побочной продукции культур севооборота).

Исследования по изучению технологических операций и процессов сравнительной энергетической оценки навоза и побочной продукции культур звена севооборота «гречиха – горох – озимая пшеница» как органических удобрений,

проводили в полевом научно-производственном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» Медвенского района Курской области. Схема полевого научно-производственного опыта за севооборот представлена в таблице.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным тяжелосуглинистым на карбонатном лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое (0-25 см) почвы составляет – 4,86-5,65%, обменно-поглощенного кальция – 23,6-28,8 мг-экв на 100г почвы. Реакция среды от слабокислой до нейтральной. Показатель кислотности $pH_{вод}$ составляет – 6,2-7,2ед, $pH_{сол}$ – 5,5-6,9%.

Побочная продукция сельскохозяйственных культур заделывалась на глубину основной обработки почвы только после их поверхностной заделки на поле по технологии, разработанной в нашем центре (Технология..., 2005).

Благодаря удобрению соломой отказ от традиционного использования соломы в цикле «солома – навоз», безусловно, в огромной степени упрощает операции по уборке, поскольку с отказом от уборки и вывоза соломы отпадает целая серия производственных процессов (солома-навоз) с различными операциями. Преимущества, достигаемые благодаря устранению работ по уборке, вывозу и хранению соломы, в экономии труда и упрощению уборки значительны.

В результате исследований получен экологический эффект от применения поверхностной заделки побочной продукции с позиций сохранения и обеспечения условий воспроизводства плодородия почвы, улучшения окружающей среды, повышения продуктивности и производительности агроэкосистемы на основе энерго- и ресурсосбережения (А. С. № 1481681., 1989).

Известно, что под пропашными культурами расход энергии органического вещества примерно в два раза выше, чем под культурами сплошного сева (Дудкин, Дудкина, 2016). Еще выше расход энергии в поле чистого пара. Нами проведена сравнительная оценка агроэкосистемы севооборота с использованием традиционных органических удобрений (навоза) и нетрадиционных (растительных остатков – соломы злаковых культур).

Правоммерно сравнивать традиционные и нетрадиционные органические удобрения за ряд лет, так как побочная продукция остается ежегодно и подвергается поверхностному компостированию, а навоз вносится в запас на ряд лет.

Сравнительная биоэнергетическая оценка использования растительных остатков как органических удобрений и навоза в агроэкосистеме звена севооборота «гречиха – горох – озимая пшеница» показала, что изучаемые виды органических удобрений по производительности агроэкосистемы единицу совокупного энергетического ресурса (энергия ФАР, энергия органического вещества и совокупная антропогенная энергия) равноценны. Производительность их составила 0,134 и 0,131 МДж-день/ГДж (таблица).

Но по производительности агроэкосистемы на единицу денежных и трудовых затрат, по энергетической эффективности производства, при которой учитываются только затраты невозобновляемой антропогенной энергии, преимущество остается за использованием растительных остатков, особенно на удаленных от ферм полях, так как отпадает необходимость в дополнительных

операциях, которые выполняются при использовании соломы через подстилочный навоз.

Баланс энергии органического вещества почв, определенный по методике нашего центра (А. С. № 1481681., 1989), на вариантах с поверхностным компостированием соломы с известью был положительным, так же, как и на варианте с навозом, но интенсивность поступления энергии органического вещества в почву по использованию соломы была выше, чем по навозу.

Таблица – Эффективность навоза и побочной продукции культур как органических удобрений в звене севооборота «гречиха – горох – озимая пшеница» (научно-производственный опыт).

Наименование технико-экономических показателей	Единица измерения	ПЗ ПП* соломы 10,7 т/га + известь 2,0 т/га	Навоз 30 т/га + известь 2,0 т/га
Уровень воспроизводства плодородия почвы	—	1,88	1,49
Производительность агроэкосистемы севооборота: а) на единицу ресурса	МДж-день/ ГДж	0,134	0,131
б) на единицу денежных затрат	МДж-день/ руб.	2,31	1,06
в) на единицу трудовых затрат	МДж-день/ чел.-час	268,1	119,1
Энергоемкость производства продукции	МДж/ц к. е.	215	443
Коэффициент энергетической эффективности	—	14,5	10,1

**) ПЗ ПП – поверхностная заделка побочной продукции*

Поэтому показатель направленности воспроизводства плодородия почвы (γ) был равен 1,88 и 1,49 соответственно внесению растительных остатков (соломы) – 10,75 т/га и навозу – 30 т/га, но на вариантах с внесением навоза воспроизводство плодородия почвы обходится дороже и по энергетическим, и по материальным затратам.

Энергоемкость основной продукции на варианте с заделкой соломы была ниже на 233 МДж/ц, энергетическая эффективность производства продукции была выше на 43,5 единиц. Отмечено значительное снижение затрат невозобновляемой энергии как на возделывание культуры, так и на единицу продукции (на 1 ц кормовых единиц) по варианту с использованием соломы на удобрение, нежели по навозу.

Затраты невозобновляемой антропогенной энергии при ежегодном внесении 10 т/га навоза за три года составили 35,9 ГДж/га, а при использовании растительных остатков (соломы) – 17,8 ГДж/га. Поэтому, энергоемкость производства продукции по навозу практически в два раза выше, чем на вариантах, где использовалась на удобрение солома.

Следовательно, солома и другие растительные остатки, применяемые в качестве органических удобрений, обеспечивают расширенное воспроизводство

плодородия почв ($\gamma > 1,0$) и такую же производительность зернового севооборота – К – 0,134 МДж-день/ГДж, как и ежегодное внесение 10 т/га навоза – К – 0,131 МДж-день/ГДж, но при более низких затратах антропогенной энергии на единицу продукции – Э – 215 и 443 МДж к.е., соответственно фонам удобрения растительными остатками и навоза.

Таким образом, в научно-производственном опыте подтверждена возможность использования соломы в качестве органических удобрений через ее заделку в поверхностный слой на поле с известью. Этот прием позволяет повышать производительность агроэкосистем на единицу ресурса, обеспечивать баланс энергии органического вещества (простое или расширенное воспроизводство плодородия почвы) при значительном снижении антропогенных затрат невозобновляемой энергии, что ведет к повышению энергетической эффективности производства продукции.

Библиографический список.

1. А. С. № 1481681. Володин В. М., Федорченко А.Е., Бирюкова Л.И., Еремина Р.Ф. Способ прогнозирования воспроизводства плодородия почвы // БИ. – 1989. – №19. – С.201.
2. Дудкин И.В. Дудкина Т.А. Биоэнергетическая оценка факторов биологизации земледелия // Вестник Курской ГСХА. – 2017. – №2 – С. 6-10.
3. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. /Под ред. В. М. Володина, Р. Ф. Ереминой, А. Е. Федорченко, А. А. Ермаковой. –Курск. ВНИИЗ и ЗПЭ,1999. – 47с.
4. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах Лесостепи ЦЧЗ. – Курск, 2005. – 20с.

УДК:631.43: 631.425

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПОЧВ

Моисеев К.Г.¹, Терлеев В.В.²

¹ФГБНУ Агрофизический институт, Санкт-Петербург

E-mail: kir_moiseev@mail.ru

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Российская Федерация

www.spbstu.ru

Резюме. Величина фрактальной размерности порового пространства вычисляется из распределения фракций агрегатов и частиц почв по размерам, определения плотности сложения и плотности твердой фазы почв. Это косвенный метод определения фрактальной размерности. Цель работы: предложить к обсуждению концепцию прямого, экспериментального метода определения фрактальной размерности порового пространства почв.

Summary. The fractal dimension value calculates from measurements of physical parameters: particle size distribution, determination of bulk density and solid phase density of soils. This is an indirect method for determining fractal dimension. Purpose of work: to propose for discussion the concept of an experimental, direct, physical method for determining the fractal dimension of the soils pore space

Всегда существовало стремление вывести свойства среды (почвы) из геометрии её строения, состава и расположения составных частей почвы в пространстве, то есть из почвенной текстуры и структуры (Моисеев, 2002). Вопросы моделирования порового пространства почв (структуры) актуальны по настоящее время, одной из причин сохранения этой актуальности является проблема моделирования гистерезиса функции влагоудержания (основной гидрофизической характеристики - ОГХ) почв (Банкин, 1988; Терлеев и др., 2008, 2017; Terleev et. al., 2016,). Настоящим прорывом в исследованиях структуры почв явилось появление и развитие фрактальной геометрии порового пространства почв, и теории перколяции.

Фрактальные модели, работают с дискретными протяжённостями, причём масштаб рабочей длины итеративно уменьшается (или увеличивается), поскольку модель «строится» с использованием степенной функции для масштабирования. Если мы изменяем рабочую длину по нисходящей, то есть на каждой итерации уменьшаем масштаб рабочей длины, то размер пор уменьшается. Почва формально иссушается, поскольку данное изменение итерационного масштаба при определении ветви иссушения кривой ОГХ, аналогично процессу выхода воды из пор всё более мелкого размера. Используют два типа теоретических моделей, в одних применяют массовый, в других, поровый фрактальный подход (Ganbarian-Alivijeh et. al., 2010). В первом случае принимается, что все твёрдые тела почвы имеют одинаковый размер и для масштабирования твёрдой фазы и порового пространства применяется фрактальный размер массы (D_m). Во втором случае одинаковый размер имеют поры, размер которых и применяется для масштабирования (фрактальная размерность объёма D_v).

Уязвимым местом фрактальных моделей остаётся оценка фрактальной размерности порового пространства почв.

Для каждой, применяемой на практике, фрактальной модели ОГХ разработаны конкретные расчетные процедуры массовой D_m и объемной D_v фрактальных размерностей капиллярно- пористого тела.

Массовая фрактальная размерность почв может быть рассчитана из соотношения (Rieu, Sposito, 1991; Perfect, 1999):

$P = 1 - (r_{\max}/r_{\min})^{3-D_m}$ где P - общая пористость почвы, $r_{\max}$ и $r_{\min}$ максимальный и минимальный размеры почвенных пор. Или: $P = 1 - (\gamma/\rho)^{3-D_m}$, где $(\gamma/\rho)^{3-D_m} = V_{\text{тв.ф.}}$ объем твёрдой фазы почв.

Полезно помнить, что масса воды практически равна её объёму и, поэтому объёмная и массовая фрактальные размерности структуры почвы при моделировании ОГХ равны с определённой степенью точности.

Перспективной для теоретического расчета ОГХ является Pore-Solid-Fractal модель. Представляющая почву как капиллярно-пористую систему состоящую из трех частей, а именно: порового пространства (Pore), некоторого объема твердой фазы (Solid) и фрактальных областей – кластеров (Fractal) В модели PSF размерность фрактальной области D_p (Perrier, et.al., 1999, Bird et. al., 2000, Ghanbarian et., al., 2015) рассчитывают:

$$D_p = \frac{\log(1-P-S)}{\log b_i} + E, P - \text{объем пор, } S - \text{объем твердой фазы почв}$$

В случае полной фрагментации почвы, для агрегата состоящего из ЭПЧ, пористость агрегата (объем пор, P):

$$P = 1 - (\bar{R}/R_{\min})^{3-D}. \quad (3)$$

Где, $\bar{R}$ – средний размер, $R_{\max}$ – максимальный размер агрегатов

Для практического расчёта фрактальных размерностей порового пространства почв необходимо располагать данными распределения ЭПЧ по размерам, провести агрегатный анализ, определить плотность сложения и плотность твёрдой фазы почв и вычислить пористость. Экспериментальные методы имеют погрешность определения, которая суммируется от метода к методу и вычисление фрактальной размерности не является точным, что приводит к ошибкам моделирования ОГХ. Может быть, существует возможность определить фрактальную размерность порового пространства почвы, каким-то более простым, и физически независимым способом?

Предложить к обсуждению теоретическую концепцию прямого экспериментального метода определения фрактальной размерности порового пространства почв является задачей данной работы.

Поскольку распределение пор по размерам и объёму почвы случайно и поры часто не формируют единое поровое пространство то и осушение, или заполнение пор водой случайные процессы. Поэтому поиск решения поставленной задачи следует искать в теории случайных процессов. Осушение и увлажнение почв происходят импульсно (Моисеев, Терлеев, 2017). Согласно теории перколяции среда «внезапно» обретает свойства влагопроводности при заполнении всех своих пор и пустот жидкостью. При незначительном изменении размеров пор происходит существенное изменение величины объёмного расхода (Q) при постоянном напоре. При вхождении в такие поры небольшого добавочного количества воды происходит выброс всей накопленной в порах воды. Возникает так называемый эффект Харста, то есть поступление воды в почву вызывает выход большего объёма воды из почвы, чем поступило. В английском языке существует специальный термин «фликкер-процесс» (flicker – вспышка) для обозначения процессов, протекающих как импульс – короткая вспышка с последующим затуханием частоты периодической функции процесса во времени. Подобный процесс может быть единым и состоять из серии «вспышек».

Наглядный пример хаотического, случайного процесса – броуновское движение. С точки зрения математики, броуновское движение – непрерывный, случайный процесс с нулевым средним и дисперсией $SX=T$. Автокорреляционная функция его приращений дельта-функция Дирака, что означает отсутствие корреляций в последовательных значениях приращений величины X_t и постоянство спектра на всех частотах ($f(v)=const$, v – частота). Стандартное отклонение такого случайного процесса, при нулевом среднем, определяется, как $T^{0.5}$ (где T период), дисперсия, соответственно, должна быть равна всему периоду времени $SX_t \sim T$.

В ряде гидрологических процессов в природе эта пропорциональность

нарушается. Дисперсия равна $SX_t \sim T^H$, $0 < H < 1$, а отклонение - H величины степени от 0,5 получило название показателя Харста (по имени британского гидролога (Найдёнов и др., 2000)). Фликкер - процессы в области гидрологии распространены в природе и широко распространён эффект Харста. При исследованиях фильтрации влаги через монолит почвы естественного сложения в лаборатории, был обнаружен эффект Харста. В некоторых случаях при испытаниях оказалось, что суммарный, объемный расход - Q при фильтрации влаги не пропорционален $T^{0,5}$. И показатель степени при T не равен $1/2$, а имеет величину $T^{0,5H}$.

Рисунок 1. а) Фликкер процесс при фильтрации влаги через образец почвы не нарушенного сложения, б) Стандартная форма кривой при фильтрации влаги через образец почвы не нарушенного сложения

Характерные сигналы (временные ряды) фликкер – процессов неустановившейся фильтрации влаги через образцы естественного сложения почв показаны, для примера, на рис 1а. В случае если $Q \sim T^{0,5}$ мы не наблюдаем эффекта Харста и характерная кривая фильтрации влаги через почвенный образец имеет экспоненциальную (стандартную) форму, показана на рис 1б.

На основе фильтрационных испытаний образца почвы не нарушенного сложения утверждаем: если форма кривой фильтрации не экспоненциального характера, а имеется спектр частот $f(\nu) \rightarrow \infty$, почва имеет фрактальную структуру. Фрактальную размерность такого сигнала легко определить методом линейных систем фрактальной геометрии (Старченко, 2005). Таким образом, в силу эффекта Харста получаем возможность определить фрактальную размерность порового пространства почв «прямым» методом. Зависимость объемного расхода от времени при фильтрации влаги через почву - это временной ряд общего вида $L^n = f(T)$, итерируем полученный ряд с суммарной длиной L и определяем фрактальный декремент δ , как степень показательной функции $\log L = f(\log m^i)$, m^i – итерационный масштаб длины ряда (Моисеев и др. 2014). Фрактальная размерность порового пространства почв находится из соотношения $D_p = 1 - \delta$. Второй способ – вычисляется показатель H методом Харста. Фрактальная размерность порового пространства почв, в этом случае определится из соотношения $D_p = 2 - H$. В случае $f(\nu) = const$, полученная экспериментальная зависимость объемного расхода от времени имеет гладкий характер, это случай регу-

лярной структуры почв. Моделировать данную структуру возможно и необходимо применением теории подобия.

Экспериментальный метод определения фрактальной размерности порового пространства почв при фильтрации влаги через почвенный монолит не нарушенного сложения освобождает нас от целого ряда вопросов. Во-первых, решается вопрос о типе почвенной структуры и режиме влагопереноса в почве. Во-вторых, исследуется почва не нарушенного сложения, как есть, применяется не разрушающий структуру почв метод, что сразу увеличивает точность определения фрактальной размерности. В-третьих, такой подход избавляет нас от необходимости учитывать вероятность фрагментации почв и вероятность осушения или увлажнения отдельных областей дискретного порового пространства при влагопереносе. Из данных фильтрационного опыта вычисляем непосредственно мультифрактальную размерность порового пространства почв методом линейных систем или способом Харста и используем найденую величину при дальнейшем моделировании функций водоудержания и влагопереноса в почвах.

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-00939-а.

Библиографический список

1. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. (1988). Автоматизированная система определения влагопроводности почв Научно-технический бюллетень по агрономической физике. Т. 72. – С. 33-36.
2. Крылова И.Ю., Терлеев В.В. (2008) Моделирование гидрологических характеристик почвы. В сборнике: XXXVII Неделя науки СПбГПУ. СПб., С. 277-279
3. Моисеев К.Г. (2002). Применение теории подобия в исследованиях физико-механических свойств почв. диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Агрофизический научно-исследовательский институт. Санкт-Петербург.
4. Моисеев К. Г., Бойцова Л. В., Гончаров В. Д. (2014) Анализ динамики гумусного состояния почв фрактальными методами. Агрофизика. – № 1(13). – С. 1-8.
5. Моисеев К. Г., Терлеев В. В. (2017) Моделирование структуры капиллярно-пористой среды и вычисление дифференциальной пористости почв. Агрофизика. – № 3. – С. 43-56.
6. Найдёнов В. И., Кожевникова И. А. (2000) Эффект Харста в Геофизике. Природа. – № 1. – С. 3-11.
7. Старченко Н. В. (2005) Индекс фрактальности и локальный анализ хаотических временных рядов. Дисс. канд. физ.-мат. наук. М.: МИФИ, 74.
8. Терлеев В. В., Миршель В., Баденко В. Л., Гусева И. Ю. (2017) Усовершенствованный метод Муалема - ван Генухтена и его верификация на примере глинистой почвы Бейт Нетофа. Почвоведение. – № 4. – С. 457-467.
9. Bird, N., Perrier, E. & Rieu, M. (2000) The water retention function for a model of soil structure with pore and solid fractal distributions. European Journal of Soil Science – 51. – 55-60
10. Ghanbarian-Alavijeh, B., Liaghat, A., Huang, G. H. & van Genuchten, M. T. (2010) Estimation of the van Genuchten soil water retention properties from soil textural data. Pedosphere 20. – P. 456-465.
11. Ghanbarian-Alavijeh, B., Hunt, A. G., Skinner, T. E., Ewing, R. P. (2015) Saturation dependence of transport in porous media predicted by percolation and effective medium theories. [Электронный ресурс]//ResearchGate 2016.
12. Perfect, E. (1999) Estimating mass fractal dimensions from water retention curves. Geoderma. – 88. – P. 221-231.

13. Perrier, E., Bird, N. & Rieu, M. (1999) Generalizing the fractal model of soil structure: The pore–solid fractal approach. *Geoderma*. – 88. – P. 137-164.
14. Rieu M, Sposito G. (1991) Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory, II. Applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55. – P. 1231-1244.
15. Terleev V., Nikonorov A., Togo I., Volkova Yu., 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: – P. 1776-1783.

УДК 502.5 (25): 631.434.52

СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Новых Л.Л., Волошенко И.В., Смирнова Л.Г., Новых Е.А.

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, г. Белгород

E-mail: novykh@bsu.edu.ru

Резюме. Проанализировано состояние почвенной структуры после 30-летнего применения ландшафтной системы земледелия в условиях Белгородской области. Пахотные горизонты почв в зональной и ландшафтной системах характеризуются отличной и хорошей структурой, подпахотные – удовлетворительной. В условиях ландшафтной системы произошло улучшение структуры почвы в «плужной подошве».

Summary. The state of the soil structure after 30 years of applying the landscape farming system in the conditions of the Belgorod region is analyzed. The arable soil horizons in the zonal and landscape systems are characterized by excellent and good structure, and the arable horizons are satisfactory. In the conditions of the landscape system, there was an improvement in the structure of the soil in the "plough sole".

Представленная статья является продолжением серии работ, в которых освещаются результаты мониторинга состояния почвенной структуры при длительном применении ландшафтной системы земледелия [4]. Охрана и рациональное использование почв являются важнейшими составляющими сбалансированного развития агропромышленного комплекса страны. Необходимыми условиями, определяющими плодородие почв, являются не только агрохимические, но и агрофизические их свойства.

Стратегической основой развития сельского хозяйства в Белгородской области является почвозащитное земледелие с контурно-мелиоративной организацией территории. Такая организация территории позволяет реализовать основной закон экологического земледелия: каждая сельскохозяйственная культура должна возделываться в условиях, к которым она наиболее приспособлена [2].

Мониторинг физического состояния почв является актуальным направлением почвенно-экологического мониторинга, т.к. именно физическое состояние часто становится лимитирующим фактором для роста и развития растений. Для характеристики почвенной структуры чаще всего используются традиционные показатели: содержание глыб, пыли, агрономически-ценных агрегатов, коэффициент структурности. В своей работе мы также использовали интегральный показатель – средневзвешенный диаметр почвенных агрегатов [5].

Целью нашего исследования было определение состояния структуры для

почв, на которых осуществляется ландшафтная система земледелия, ее сравнение с аналогичными показателями в зональной системе земледелия.

Исследования проводились на опытном участке ФГНБУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Его характеристика приведена в работе [4]. В 2019 году исполнилось 30 лет с момента организации опыта. Изучение почвенной структуры осуществлялось каждые 10 лет. Осенью 2019 года были заложены разрезы на следующих вариантах опыта:

- 1 – плакор (П);
- 2 – склон 1–3° в зональной (31) системе земледелия и ландшафтной с контурно-мелиоративной организацией территории (КМ1);
- 3 – лесополосы по контуру 3° (Л3) и по контуру 5° (Л5);
- 4 – склон 3–5° в зональной (32) системе земледелия и ландшафтной с контурно-мелиоративной организацией территории (КМ2).

Всего заложено 21 разрез и отобрано 109 образцов для изучения свойств почвы. В почвенном покрове участка преобладают черноземы типичные. Встречаются также лугово- и луговато-черноземные почвы в связи с проявлением вторичного гидроморфизма [3].

Для диагностики структурно-агрегатного состава использовался метод сухого просеивания Н.И. Саввинова [1]. По результатам определения оценивалось качество структуры и рассчитывался средневзвешенный диаметр агрегатов (СВД). Кластерный анализ проводили в программе Statistica. В качестве мер различия, как наиболее распространенные, были использованы метод Варда и Евклидово расстояние.

Установлено, что 5% образцов характеризуются отличным структурно-агрегатным составом, 37% – хорошим, 45% – удовлетворительным и 13% – неудовлетворительным. Для пахотных горизонтов почв в зональной и ландшафтной системах характерна отличная и хорошая структура, для подпахотных – удовлетворительная. Неудовлетворительное качество структуры встречается у образцов в средней части профиля, преимущественно АВ и ВС.

На рисунке 1 показан СВД почвенных агрегатов.

Рисунок 1 – СВД почвенных агрегатов в пахотных и подпахотных горизонтах обрабатываемых почв и в дернине и гумусовом горизонте почв лесополос

Для обрабатываемых почв показаны пахотные и подпахотные горизонты, для лесополос – дернина и гумусовый горизонт. Используемые обозначения вариантов опыта приведены в тексте статьи. Обращает на себя внимание тот факт, что поверхностный горизонт почв лесополос заметно отличается от пахотных почв: в первом случае СВД превышает 5 мм, во втором – ниже 4 мм.

Ниже залегает горизонт с повышенной глыбистостью, что приводит к возрастанию СВД выше 5 мм или даже 7 мм, причем заметных различий пахотных почв и почв лесополос не обнаружено.

На рисунке 2 приведена дендрограмма результатов кластерного анализа СВД в поверхностном горизонте. Она подтверждает, что поверхностный горизонт лесополос резко отличается по особенностям структуры, образуя отдельный кластер.

Рисунок 2 – Дендрограмма распределения СВД в поверхностных горизонтах почвы по вариантам опыта

На рисунке 3 представлена аналогичная дендрограмма для подпахотных горизонтов обрабатываемых почв или гумусового горизонта лесополос.

Рисунок 3 – Дендрограмма распределения СВД в подпахотных или гумусовых горизонтах почв по вариантам опыта

Здесь четко обособляется кластер почв в ландшафтной системе земледелия, который характеризуется минимальными значениями СВД, не превышающими 6 мм. В почвах плакора и участка зональной системы земледелия на

склоне 1-3° показатель составляет 6,77-6,78 мм, так как эти участки наиболее близки по ландшафтным условиям и хозяйственному использованию. На склоне 3-5° с зональной системой земледелия СВД в подпахотном горизонте увеличивается до 7,18 мм, что может быть обусловлено наличием оглеенных разностей почв. В почвах лесополос СВД в гумусовом горизонте составляет 7,04-7,31 мм, что свидетельствует о менее интенсивных процессах восстановления структуры в сравнении с почвами в ландшафтной системе земледелия.

Таким образом, пахотные горизонты почв в зональной и ландшафтной системах характеризуются отличной и хорошей структурой, подпахотные – удовлетворительной. В условиях ландшафтной системы за 30 лет произошло улучшение структуры почвы в «плужной подошве».

Библиографический список

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. - М.: Агропромиздат, 1986. – 415 с.
2. Влияние почвозащитного зернотравяного севооборота на основные физические свойства эродированных черноземов / Л.Г. Шептухова, Е.А. Пелехоце, Л.Л. Новых [и др.]. // Экология ЦЧО РФ. – 2000. – № 2. – С. 140-144.
3. Вторичный гидроморфизм как актуальное направление трансформации черноземов / Л.Л. Новых, Е.А. Пелехоце, Л.Г. Смирнова [и др.] // Научные ведомости БелГУ. Сер.: Естеств. науки. – 2016. – № 25 (246). – С. 94-102.
4. Пелехоце Е.А., Ткаченко А.В. Изменение средневзвешенного диаметра почвенных агрегатов в ландшафтной системе земледелия (на примере почв опытного участка «Белгородское») //Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. научно-практ. конф. Курского отд-ия МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева». - Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013. – С.124-127.
5. Теории и методы физики почв / под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. – М.: «Гриф и К», 2007. – 616 с.

УДК 631.452:631.445.4

ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ И ИХ ОЦЕНКА

Афонченко Н.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: afonchienko53@mail.ru

Резюме. В статье приводятся исследования по изучению структурно-агрегатного состава почвы, гумуса, запасов продуктивной влаги на черноземных почвах производственного участка площадью 86 га, имеющего куполообразную форму со средним уклоном 2,23° и их оценке.

Ключевые слова: структура почвы, гумус, чернозем типичный, экспозиция склона, агроландшафт.

Актуальность темы обусловлена необходимостью разработки фундаментальных основ систем земледелия нового поколения, обеспечивающих сохранение плодородия почв, эффективное использование природного потенциала агроландшафтов и антропогенных ресурсов, производство заданного количества и качества растениеводческой продукции.

Исследования проводились на экспериментальном полигоне по агроэкологической оценке почв на участке с куполообразной формой рельефа (86 га, п. Панино, Медвенский-н, Курской области). Полигон расположен на Средне-Русской возвышенности на высоте 190-217 м над уровнем моря, разница высотных отметок достигает 29,5 м. Рельеф полигона типично эрозионный, с выраженной волнистостью, особенно в нижних частях склонов. Средний уклон составляет $2,23^\circ$. Почвы – чернозем типичный различной степени смывости и намытости на лёссовидных суглинках. Характер комплексности почвенного покрова меняется от вершины вниз по склону. Схематический план полигона представлен на рисунке 1.

Исследованиями по изучению структурно-агрегатного состава почвы методом сухого просеивания было установлено, что количество наиболее ценных агрегатов (в сумме от 0,25 до 10 мм) варьировало от 59,5% (самые нижние точки на склоне северной и южной экспозиций) до 71,7% на плакоре. Оценивая структурное состояние, можно сделать следующий вывод, что в нижних частях полярных склонов северной и южной экспозиций структурное состояние было удовлетворительным, ближе к водоразделу и на водоразделе – хорошим. В средней и нижней части юго-восточного склона структура почвы оценивалась как удовлетворительная, а в остальных частях полигона – как хорошая.

Содержание гумуса в среднем на плакоре и склоне северной экспозиции в изучаемых трансектах составляло 5,64%, наименьшим оно было на склоне южной экспозиции и составляло 5,22%. Наибольшее содержание гумуса отмечалось на склоне северо-восточной экспозиции и в среднем составляло 5,79%.

Рисунок 1 – Схематический план полигона

Таблица 1 – Сухое просеивание почвы

Экспози- ция склона	Сухое просеивание			Коэффици- ент структур- ности, К
	Количество агрегатов,%			
	>10 мм	10 – 0,25 мм	< 0,25 мм	
Плакор	20,0	68,2	11,9	2,1
Северная	20,3	71,9	7,8	2,6
Южная	19,6	67,3	13,1	2,2
Восточная	26,2	65,8	6,6	2,1
Западная	21,5	69,1	9,2	2,4
С-В	25,7	62,2	11,1	1,8
С-З	21,4	68,7	10,0	2,4
Ю-В	30,6	59,9	8,6	1,6
Ю-З	20,6	68,9	10,6	2,5

При проведении мокрого просеивания (таблица 2) количество водопрочных агрегатов варьировало от 40,2% в нижней части склона северной экспозиции, до 65% на плакоре. В нижней части западного, юго-западного и в средней части северного склонов состояние водопрочных агрегатов оценивается как хорошее, по другим точкам независимо от местоположения в рельефе – удовлетворительное.

Наибольшие запасы продуктивной влаги в весенний период в 0-100см слое почвы отмечались на склоне северо-восточной экспозиции (146,3мм), наименьшие запасы влаги отмечались на склоне восточной экспозиции и были равны 126,3мм и оценивались как хорошие и удовлетворительные.

Таблица 2 – Содержание водопрочных агрегатов (средние показатели)

Экспозиция склона	Угол уклона, в градусах	Содержание гумуса, %;	Средневзвешенный диаметр, мм	К-во водо- прочных аг- регатов, %	Оценка струк- турного состоя- ния (С.И. Дол- гов и П.У. Бах- тин)
Плакор	0,46	5,64	0,239	51,5	Удовлетв.
Северная	3,2	5,64	0,340	54,2	Удовлетв
Южная	2,69	5,22	0,292	43,5	Удовлетв
Восточная	2,01	5,55	0,220	45,2	Удовлетв.
Западная	2,1	5,38	0,294	48,7	Удовлетв
С-В	2,58	5,79	0,326	45,7	Удовлетв
С-З	3,07	5,46	0,203	43,6	Удовлетв
Ю-В	1,14	5,64	0,307	43,2	Удовлетв
Ю-З	2,56	5,40	0,377	53,7	Удовлетв

Запасы продуктивной влаги в период уборки озимой пшеницы содержались в основном в 0-50 см слое почвы и наибольшими были на склоне северной экспозиции и составляли 79,4 мм, а на склоне южной экспозиции были наименьшими и составляли 39,8 мм. Далее от 50 см и до 100 см слоя почвы доступной для растений влаги почти не наблюдалось, и её запасы оценивались как «плохие» и «очень плохие». Варьирование показателей запасов продуктивной влаги в почве в конце вегетации имело коэффициент вариации от 15,09,

Таблица 3 – Запасы продуктивной влаги весной

Экспозиция	Запасы продуктивной влаги по слоям почвы, мм					Качественная оценка запасов влаги
	0-30	30-50	0-50	50-100	0-100	
Плакор	42,5	31,0	73,5	66,4	139,9	Удовлетворительная
Северная	44,9	31,2	76,1	63,9	140,0	Хорошая
Южная	42,8	31,5	74,3	53,7	128,0	Удовлетворительная
Восточная	37,8	29,0	66,8	59,5	126,3	Удовлетворительная
Западная	42,9	29,0	71,9	56,1	128,0	Удовлетворительная
Северо-восточная	45,8	33,9	79,7	66,6	146,3	Хорошая
Северо-западная	42,4	30,2	72,6	57,3	129,9	Удовлетворительная
Юго-восточная	45,3	27,9	73,2	53,4	126,6	Удовлетворительная
Юго-запад	42,4	29,2	71,6	62,2	133,8	Удовлетворительная

оценивающийся как средний, (до 22,75 в метровом слое почвы) – значительный, качественная оценка запасов продуктивной влаги варьировала от плохого до очень плохого уровня.

Таблица 4 – Запасы продуктивной влаги в период уборки озимой пшеницы

Экспозиция	Запасы продуктивной влаги по слоям почвы, мм					Качественная оценка запасов влаги)
	0-30	30-50	0-50	50-100	0-100	
Плакор	35,6	10,4	53,8	6,1	59,9	Очень плохая
Северная	53,0	19,7	72,7	6,7	79,4	Плохая
Южная	33,2	6,6	39,8	0	39,8	Очень плохая
Восточная	40,7	15,9	56,6	5,5	62,1	Плохая
Западная	35,7	6,6	42,3	5,0	47,3	Очень плохая
Северо-восточная	43,4	10,4	53,8	0	53,8	Очень плохая
Северо-западная	37,1	12,2	49,3	2,1	51,4	Очень плохая
Юго-восточная	43,4	10,4	53,8	2,5	56,3	Очень плохая
Юго-западная	37,0	7,1	44,1	5,7	49,8	Очень плохая

Выводы: Проведенные исследования по изучению варьирования показателей плодородия почвы (гумуса, структуры, влажности почвы), свидетельствуют о том, что эти показатели изменяются в зависимости от формы, экспозиции, местоположения в рельефе.

Библиографический список

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 53-78.

2. Балашов, Е.В. Комплексная система мониторинга агрофизического состояния почв на основе результатов почвенного картирования и исследования эмиссии парниковых газов / Е.В. Балашов, К.Г. Маисеев, Е.Я. Рижия и др. / Агрофизика. 2013, – С. 1-11.
3. Белоусова, Е.Н. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного в условиях нулевой технологии / Е.Н. Белоусова, А.А. Белоусов // Агрофизика. – 2017. – №1. С.1-10.
4. Мамонтов, В.Г. Изменение структурного состояния чернозема типичного Курской области под влиянием бессменных пара и озимой пшеницы / В.Г. Мамонтов, Р.Ф. Байбеков, В.И. Лазарев, С.А. Юдин, С.А. Цветков, Е.Б. Таллер // Земледелие. – 2019. – № 1. – С. 7-10.
5. Масютенко, Н.П. / Содержание микроэлементов в черноземе типичном в зависимости от степени его эродированности // Н.П. Масютенко, А.И. Санжаров, Г.П. Глазунов, А.В. Кузнецов. Н.В. Афонченко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1.
6. Масютенко, Н.П. система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов / Н.П. Масютенко, Г.П. Глазунов, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – № 11. – С. 7-11.
7. Стахурлова, Л.Д. Изменение основных показателей плодородия черноземов типичных под действием различных агротехнических приемов / Л.Д. Стахурлова, А.И. Громовик, Г.М. Дериглазова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, № 3- Москва, 2014. – С. 31-35.
8. Фрид, А.С. Пространственное варьирование и временная динамика плодородия почв в длительных полевых опытах / А.С. Фрид – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 80с.
9. Чуян, О.Г. База данных для регулирования физико-химических свойств кислотных почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (для Центрального Черноземья) / О.Г. Чуян, – Курск ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012.-78 с.- ISBN 978-5-905622-18-2.2.
10. Шеин, Е.В., Карпачевский Л.О. Теории и методы физики почв. – М.: «Гриф и К», 2007. – 616с.

УДК 631.51:631.42

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ В ЗЕРНОПАРОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ НА КАЧЕСТВО ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

Масютенко М.Н.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск, Россия

E-mail: avatar_dark@mail.ru

***Резюме.** В статье рассматриваются агрохимические, агрофизические и биологические свойства чернозема типичного тяжелосуглинистого в седьмую ротацию зернопаропропашного севооборота в многолетнем многофакторном полевом стационарном опыте при отвальной и безотвальной системах обработки почвы. Установлено, что качество почвы выше при безотвальной обработке почвы, чем при отвальной. Почвозащитная роль безотвальной обработки проявляется в снижении интенсивности потери органического вещества почвы по сравнению с отвальной.*

Термин «качество» означает степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям. По ГОСТ 27593-88 качество почвы – это характеристика свойств и состава почвы, определяющая ее плодородие. По мнению зарубежных ученых, качество почвы определяется физическими, химическими и биологическими свойствами, обеспечивающими среду для роста растений и разложения вредных веществ [1, 2].

В процессе сельскохозяйственного использования наблюдается снижение содержания гумуса в почве, её обеструктурирование, переуплотнение, развитие эрозионных процессов и др. Поэтому качество почв снижается. Для управления плодородием почв и их качеством необходимо изучение влияния на них элементов систем земледелия. Одним из важных элементов систем земледелия является обработка почвы. Для регулирования качества черноземов необходимо изучение количественных изменений качества почвы в результате различных систем обработки почвы на него. Исследованию этого вопроса посвящена данная работа.

Исследования проводили в многофакторном полевом стационарном опыте ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Медвенский район, Курская обл.), заложенном в 1984 году, на пашне в чернозёме типичном тяжелосуглинистом в 7-ю ротацию четырехпольного зернопаропропашного севооборотов при отвальной и безотвальной системах обработки, без внесения удобрений. Чередование культур в зернопаропропашном: ячмень-чистый пар-озимая пшеница-кукуруза. Глубина обработки под кукурузу – 25-28 см, а под остальные культуры севооборотов – на 20-22 см.

Образцы почвы для определения агрохимических свойств отбирали ежегодно после уборки урожая в слоях 0-20 см и 20-40 см. Один образец составляли из 6 индивидуальных проб, отобранных по диагонали деланки. Содержание гумуса определяли по методу И.В. Тюрина в модификации Б.А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д.С. Орлову и Н.М. Гриндель [2]; щелочногидролизующий азот – по методу Корнфильда; подвижные формы фосфора и калия – по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91); обменные основания – трилонометрическим методом по ГОСТ 27821-88; pH солевая и pH водная – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483-85.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, 1986) в 3-кратной повторности через 10 см в слое 0-40 см в мае, в июне и во время уборки урожая сельскохозяйственных культур, в сентябре. Запасы продуктивной влаги определяли по разности между запасами влаги в почве и запасами влаги устойчивого завядания. Структурно-агрегатный состав почвы определяли по методу Н.И. Саввинова [3] в период уборки урожая в слоях 0-20 см и 20-40 см в 3-х кратной повторности.

Для определения микробной биомассы регидратационным методом [4] отбирали смешанные образцы почвы из 5 точек по диагонали деланки в слоях 0-10 см, 10-20 см в период максимальной биологической активности. Микробную биомассу определяли в общем образце почвы и в агрономически ценных агрегатах 3-1 мм, которые отделяли на ситах. Выделение CO_2 из почвы определяли в полевых условиях методом адсорбции в модификации Л.О. Карпачевского [5] с изоляторами ежемесячно в течение мая-сентября в 3-кратной повторности. При расчете потери С из органического вещества почвы учитывали микробное дыхание почвы, составляющее 2/3 от дыхания почвы [6]. На чистом пару эмиссия CO_2 из почвы равна микробному дыханию, так как корневого дыхания из-за отсутствия растений не было.

Гумус почвы является важнейшим показателем её качества. С ним, его составом связаны все агрономически ценные свойства почвы. В 7-ю ротацию зернопаропропашного севооборота выявлено, что содержание гумуса в слое 0-20 см при безотвальной обработке на 0,22% больше, чем при отвальной (табл.1). В подпахотном слое 20-40 см значимых различий не обнаружено. В подпахотном слое по сравнению с пахотным слоем содержание гумуса снижается на 6,1% при отвальной, а при безотвальной обработке в 1,8 раз больше (на 11,2%).

Содержание щелочногидролизуемого азота, лабильной его формы, больше при безотвальной обработке почвы, чем при отвальной, как в пахотном, так и в подпахотном слое. По сумме обменных оснований значимые различия отмечаются в подпахотном слое почвы, где они достигают 2,1 мг-экв/100 г за счет увеличения Ca^{2+} .

Почва при отвальной обработке слабокислая, а при безотвальной близкая к нейтральной и нейтральная. Содержание подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях почвы независимо от обработки почвы повышенное. Однако в пахотном слое при безотвальной обработке оно на 25 мг/кг почвы больше, чем при отвальной. Содержание подвижного калия изменяется от среднего в подпахотном слое до повышенного в пахотном. При этом отмечается тенденция к некоторому его увеличению в пахотном слое при безотвальной обработке.

Таблица 1 – Агрохимические показатели чернозёма типичного в зависимости от обработки почвы

Показатели		Глубина взятия образца, см	Обработка почвы	
			Отвальная	Безотвальная
Гумус, %		0-20	5,03	5,25
		20-40	4,74	4,69
Нщ, мг/100г		0-20	15,5	16,4
		20-40	13,0	15,3
Обменные катионы, мг-экв/100 г	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	0-20	25,5	25,9
		20-40	25,5	27,6
	Ca ²⁺	0-20	21,8	21,8
		20-40	22,2	24,7
	Mg ²⁺	0-20	3,7	4,1
		20-40	3,3	2,9
pH _{kcl}		0-20	5,2	5,3
		20-40	5,4	6,2
pH _{H2O}		0-20	6,3	6,4
		20-40	6,5	7,2
Подвиж- ные, мг/кг	P ₂ O ₅	0-20	111	136
		20-40	106	105
	K ₂ O	0-20	82	95
		20-40	77	79

Среднее за три года количество продуктивной влаги в слое почвы 0-40 см в мае-сентябре при отвальной обработке превышает таковое при безотвальной обработке на 7,0 мм или на 15%, что связано накоплением влаги в слое 20-40 см (табл.2).

Оструктуренность пахотного слоя выше при безотвальной обработке, чем при отвальной, коэффициенты структурности, соответственно, 5,83 и 5,26. В подпахотном слое наоборот, отмечается тенденция к увеличению оструктуренности почвы при отвальной обработке.

В структурно-агрегатном составе чернозема типичного в слое 0-20 см преобладают агрегаты размером 2-1 мм, на втором месте фракции 3-2 мм и 3-5 мм. Хорошая водопрочность почвы в слое 0-20 см и отличная в слое 20-40 см выявлены при обеих обработках почвы в зернопаропропашном севообороте. Однако более крупные водопрочные агрегаты отмечены в пахотном слое чернозема типичного при безотвальной обработке. Средневзвешенный диаметр водоустойчивых агрегатов в слое 0-20 см чернозема типичного при безотвальной обработке больше на 23% такового при отвальной, а в слое 20-40 см – наоборот, при безотвальной обработке меньше на 18% такового при отвальной.

Таблица 2 – Агрофизические показатели чернозёма типичного в зависимости от обработки почвы

Показатели		Слой почвы, см	Обработка почвы	
			Отвальная	Безотвальная
Продуктивная влага, мм (средняя за 3 года в мае-сентябре)		0-20	23,2	22,8
		20-40	30,0	23,4
		0-40	53,2	46,2
Коэффициент структурности почвы		0-20	5,26	5,83
		20-40	5,59	5,26
Сумма водопрочных агрегатов	%	0-20	44±0,75	47±0,73
		20-40	63±2,01	62±2,87
	Оценка водопрочности	0-20	хорошая	хорошая
		20-40	отличная	отличная
Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов, мм		0-20	0,65±0,02	0,80±0,03
		20-40	1,30±0,06	1,10±0,06

Примечание: ± – стандартное отклонение

Одним из важнейших показателей качества почв является их биологическое состояние. Из показателей биологического состояния почвы нами изучалось содержание в ней микробной биомасса и выделение углекислого газа. Выявлено, что доля углерода микробной биомассы от органического углерода в почвенных агрегатах диаметром 3-1 мм чернозема типичного в период максимальной биологической активности в течение 2011-2013 гг. значимо выше (на 30%) при безотвальной обработке, чем при отвальной (табл.3).

Интегральным показателем биологической активности почвы является эмиссия углекислого газа из почвы (дыхание почвы). Уровень эмиссии CO₂ из почвы характеризует, с одной стороны, поступление углекислоты в атмосферу, а с другой, интенсивность процессов минерализации органического вещества. На основе определения эмиссии CO₂ из почвы рассчитаны потоки углекислого

Таблица 3 – Показатели биологического состояния чернозёма типичного в зависимости от обработки почвы (средние за три года)

Показатели		Обработка почвы	
		Отвальная	Безотвальная
Доля углерода микробной биомассы от органического углерода почвы, %		2,3	3,0
Потоки углекислого газа из почвы, г/га	за май-сентябрь	12006	10445
Потери углерода (микробное дыхание) из почвы, кг/га		3378	3018
Интенсивность потери органического вещества почвы в пахотном слое		0,052	0,046

газа из чернозема типичного в атмосферу за май-сентябрь в течение 3-х лет. Потоки CO₂ из почвы при отвальной больше в 1,15 раза больше, чем при безотвальной.

Определены потери углерода из органического вещества почвы. Выявлено, что при отвальной обработке почвы они на 12% больше, чем при безотвальной. Рассчитанная на основе экспериментальных исследований интенсивность потери органического вещества почвы за период с мая по сентябрь 2011-2013 годов показала, что при отвальной обработке она была на 13% выше, чем при безотвальной, что свидетельствует о почвозащитной роли безотвальной обработки.

Таким образом, в седьмую ротацию зернопаропропашного четырехпольного севооборота выявлено положительное влияние безотвальной обработки почвы на качество чернозема типичного. Содержание гумуса, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора в пахотном слое при безотвальной обработке больше, чем при отвальной. Почва при отвальной обработке слабокислая, а при безотвальной близкая к нейтральной и нейтральная. При безотвальной обработке отмечена большая оструктуренность пахотного слоя и выявлены более крупные водопрочные агрегаты. Почвозащитная роль безотвальной обработки проявляется также в снижении интенсивности потери органического вещества почвы по сравнению с отвальной. В то же время при отвальной обработке в подпахотном слое почвы накапливается больше продуктивной влаги, чем при отвальной.

Библиографический список

1. Larson W.E., Pierce F.J. Conservation and enhancement of soil quality // Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World / Ed. Dumansky, J. Proceedings of the International Workshop, Chiang Rai, Thailand. Technical papers. V. 2. Bangkok: International Board for Soil Research and Management, 1991. – P. 175-203.
2. Doran J.W., Parkin T.B. Defining soil quality // Defining soil quality for a sustainable environment / Eds. Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart B.A. Madison: Soil Sci. Soc. Am. Spec., 1994. – P. 3-22.
3. Никитин, Б.А. Уточнение к методике определения гумуса в почве / Б.А. Никитин // Агрохимия, 1983. – №8. – с.101-106.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина,. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

5. Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.А. Регидратационный метод определения микробной биомассы в почве / С.А. Благодатский, //Почвоведение, 1987. – № 4. – с. 64-71.
6. Карпачевский, Л.О. Методика исследования интенсивности выделения CO₂ с поверхности почв / Л.О. Карпачевский // Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – С. 217-224.
7. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мякшина Т.Н., Сапронов Д.В., Кудеяров В.Н. Оценка газообразных потерь углерода из почв агроэкосистем Российской Федерации. Труды IV Всероссийской научной конференции «Гуминовые вещества в биосфере» / Санкт-Петербург, 2007. – с.54-57.

УДК 631.

ВЛИЯНИЕ ВИДА ОБРАБОТКИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КУЛЬТУРЫ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ

Кузнецов А.В., Припутнева М.А.
ФГБНУ «Курский ФАНЦ» г. Курск
E-mail: *kuznecsov.1983@mail.ru*

Аннотация: Показано, что в посевах разных сельскохозяйственных культур вид обработки чернозёма типичного оказывает заметное влияние на содержание углерода микробной биомассы. Установлено, что посевы озимой пшеницы способствуют увеличению общего уровня содержания углерода микробной биомассы в 0-10 см слое чернозёма типичного.

Ключевые слова: Вспашка с оборотом пласта, комбинированная обработка почвы, поверхностная обработка, без обработки (прямой посев – No-till), озимая пшеница, овёс, ячмень, кукуруза, углерод микробной биомассы, чернозём типичный.

Микробная биомасса – важный живой и лабильный компонент почвы, через неё проходит весь органический материал, поступающий в почву. Почвенные организмы, являясь одним из главных компонентов активной фракции органического вещества почвы, служат емким резервуаром элементов минерального питания, а при недостатке свежего органического вещества в почве удовлетворяют потребность в углероде за счет разложения гумуса, влияя на почвенные процессы и плодородие [1, 5].

При этом содержание и активность микроорганизмов в почве зависит как от почвенных режимов (питательного, гидротермического) и свойств (химических, физических, физико-химических), так и от агрогенной нагрузки на почву [1, 2, 3].

Распашка и сельскохозяйственное использование почвы вызывает серьезные нарушения в её функционировании, которые в первую очередь влияют на численность, активность и видовое разнообразие почвенных микроорганизмов [1, 2, 4].

Поэтому представленная работа, направленная на изучение влияния приемов обработки почвы и выращиваемой сельскохозяйственной культуры на содержание микробной биомассы в чернозёме типичном, актуальна и своевременна.

Исследования проводились в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Курская область, Курский район, п. Черёмушки) в 2019 году в четырёхпольном плодосменном севообороте. Рассматриваемый севооборот развёрнут в пространстве четырьмя полями, и имеет следующее чередование культур: горохо-овсяная смесь – озимая пшеница – кукуруза – ячмень.

Схема опыта включает следующие варианты: 1) вспашка с оборотом пласта; 2) комбинированная обработка (дискование 8-10 см + чизель 20-22 см); 3) поверхностная обработка (дискование) до 8 см; 4) без обработки (прямой посев – No-till). Вариант без обработки (или No-till) проводился без обработки, сеялкой прямого сева Дон 114. Для каждого варианта приемы обработки почвы применялись систематически.

Варианты в полевом опыте располагались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60 м × 100 м), повторность трёхкратная.

Объектом исследования был чернозем типичный среднесиловый тяжело-суглинистый на лессовидных суглинках. Смешанные образцы почвы отбирались после уборки урожая по диагонали из 6 точек в слоях 0-10 см и 10-20 см.

Определение содержания углерода микробной биомассы (C_{MB}) проводили в свежих почвенных образцах – регидратационным методом с использованием для расчета $K_c = 0,25$ [1].

Как видно из представленных на рисунке 1 данных максимальное содержание C_{MB} отмечается в 0-10 см слое чернозёма типичного под озимой пшеницей на вариантах с минимальной обработкой почвы и без обработки (более 930 мг C_{MB} /кг почвы). При этом минимальное содержание углерода микробной биомассы в рассматриваемом слое почвы под озимой пшеницей, на варианте с комбинированной обработкой почвы.

Рисунок 1 – Содержание углерода микробной биомассы в чернозёме типичном под озимой пшеницей

В слое 10-20 см чернозёма типичного под озимой пшеницей максимальное содержание C_{MB} отмечается на варианте без обработки почвы, а на вариантах с минимальной и комбинированной обработкой почвы отмечается достаточно близкие значения рассматриваемого показателя. В то же время минимальное со-

держание углерода микробной биомассы в 10-20 см слое почвы под озимой пшеницей, было на варианте с вспашкой с оборотом пласта (670 мг C_{MB} /кг почвы).

Из данных результатов исследования, представленных на рисунке 2 видно, что схожая картина по содержанию C_{MB} в черноземе типичном наблюдается и под овсом. Однако максимальное содержание C_{MB} в 10-20 см слое чернозёма типичного отмечается на варианте с минимальной обработкой почвы.

Рисунок 2 – Содержание углерода микробной биомассы в чернозёме типичном под овсом

На изучаемых вариантах в чернозёме типичном под ячменем по сравнению с озимой пшеницей и овсом наблюдаются значительные отличия по содержанию углерода микробной биомассы (рис. 3). Так в 0-10 см слое чернозёма типичного под ячменем максимальное содержание C_{MB} отмечается на варианте с вспашкой с оборотом пласта (860 мг C_{MB} /кг почвы). При этом минимальное содержание углерода микробной биомассы в рассматриваемом слое почвы под ячменём, установлено на варианте без обработки почвы (600 мг C_{MB} /кг почвы).

Рисунок 3 – Содержание углерода микробной биомассы в чернозёме типичном под ячменем

Так максимальное содержание C_{MB} в 10-20 см слое чернозёма типичного под ячменём отмечается на вариантах без обработки почвы и с минимальной обработкой почвы. Однако минимальное содержание углерода микробной биомассы в 10-20 см слое почвы под ячменём было на варианте с вспашкой с оборотом пласта.

Рассмотрим теперь особенности изменения содержания углерода микробной биомассы в чернозёме типичном под кукурузой (рис. 4). Так максимальное содержание C_{MB} отмечается в 0-10 см слое почвы на варианте с комбинированной обработкой почвы (800 мг C_{MB} /кг почвы). При этом минимальное содержания углерода микробной биомассы в рассматриваемом слое почвы было на варианте с вспашкой с оборотом пласта.

Рисунок 4 – Содержание углерода микробной биомассы в чернозёме типичном под кукурузой

В слое 10-20 см чернозёма типичного под кукурузой максимальное содержание C_{MB} отмечается на варианте без обработки почвы. В то же время минимальное содержание углерода микробной биомассы в 10-20 см слое почвы под кукурузой, было на варианте с комбинированной обработкой почвы (670 мг C_{MB} /кг почвы).

Все полученные и описанные выше результаты изменения содержания углерода микробной биомассы в почве под различными культурами при разных видах (способах) обработки почвы объясняются сложившимися в чернозёме типичном на момент исследования благоприятными или неблагоприятными для развития микроорганизмов режимами (питательным, гидротермическим).

Таким образом, минимальная обработка почвы способствует повышению содержания углерода микробной биомассы в 0-10 см слое чернозёма типичного под озимой пшеницей и овсом, а комбинированная обработка почвы приводит к снижению содержания углерода микробной биомассы. При этом вспашка с оборотом пласта приводит к снижению содержания углерода микробной биомассы в 10-20 см слое чернозёма типичного под озимой пшеницей и овсом.

Однако в 0-10 см слое почвы под ячменем и кукурузой увеличение содержания углерода микробной биомассы происходит соответственно под влиянием вспашки с оборотом пласта и комбинированной обработки почвы, а её снижение происходит соответственно отсутствия обработки почвы и при вспашке с оборотом пласта. В тоже время в 10-20 см слое почвы под ячменём и кукурузой снижение содержания углерода микробной биомассы происходит соответственно при вспашке с оборотом пласта и при комбинированной обработке почвы. При этом из отмеченного выше следует, что вспашка с оборотом

пласта приводит в чернозёме типичном под ячменем с одной стороны к увеличению содержания углерода микробной биомассы в 0-10 см слое, а с другой к снижению её содержания в 10-20 см слое. В тоже время комбинированная обработка почвы приводит в чернозёме типичном под кукурузой с одной стороны к увеличению содержания углерода микробной биомассы в 0-10 см слое, а с другой к снижению её содержания в 10-20 см слое.

Посевы озимой пшеницы по сравнению с посевами других сельскохозяйственных культур способствуют увеличению общего уровня содержания углерода микробной биомассы в 0-10 см слое чернозёма типичного.

Библиографический список

1. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1987. – 245 с.
2. Паринкина, О.М. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании / О.М. Паринкина, Н.В. Ключева // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 573-581.
3. Полянская, Л.М. Изменение состава микробной биомассы в почве при окультуривании / Л.М.Полянская, С.М. Лукин, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1997. – № 2. – С. 206-212.
4. Сусьян, Е.А. Профильное изменение микробной активности в серой лесной почве и черноземе / Е.А. Сусьян, Д.С. Рыбьянец, Н.Д. Ананьева // Почвоведение. – 2006. – № 8. – С. 956-964.
5. Сусьян, Е.А. Профильное изменение микробной активности в серой лесной почве и черноземе / Е.А. Сусьян, Д.С. Рыбьянец, Н.Д. Ананьева // Почвоведение. – 2006. – № 8. – С. 956-964.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ

Брескина Г.М.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: *breskina-galina@yandex.ru*

Резюме. В статье представлены экспериментальные данные по интенсивности разложения целлюлозы. Установлено, что биопрепараты, применяемые в опыте и минеральные удобрения, вносимые после заделки растительных остатков в почву, увеличивают целлюлозолитическую активность почвы по сравнению с контролем. Азотные удобрения оказали больший положительный эффект по сравнению с биопрепаратами при изучении биологической активности почвы.

Ключевые слова: биопрепараты, минеральные удобрения, биологическая активность, целлюлозолитическая активность.

Имеющиеся в научной литературе данные [4, 6, 7] по влиянию биопрепаратов на почвенные показатели не всегда однозначны и зачастую противоречивы [8-10]. Недостаточно экспериментальных данных [5], полученных в динамике, которые позволят выявить изменения в направленности и интенсивности микробиологических процессов, а также аккумулятивный эффект от многократного внесения растительных остатков с биологически активными препаратами.

Цель исследования – изучить влияние биопрепаратов Грибофит и Имуна-зот на биологическую активность почвы, при внесении растительных остатков.

Исследования ведутся с 2018 года в научно-производственном опыте общей площадью 1,5 га ФГБНУ «Курский ФАНЦ», расположенном в Курской области Медвенском районе п. Панино. Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на фоне использования побочной продукции, применяемой для удобрения, изучали в звеньях двух севооборотов, зерновом севообороте (ЗТ) «ячмень – гречиха» и зернопропашном севообороте (ЗП) «подсолнечник – ячмень». Сорта возделываемых культур в опыте: ячмень яровой сорт Суздалец, подсолнечник масличный сорт Имерия, гречиха сорт Деметра.

Почва опытного поля – чернозем типичный слабосмытый тяжелосуглинистый на лессовидном карбонатном суглинке. В пахотном слое почвы содержится: гумуса 4,6-5,1%. Реакция среды нейтральная или близкая к нейтральной. Содержание обменного кальция изменялось в пределах от 22,0 до 24,1 мг-экв/100г почвы. Плотность сложения почвы в слое 0-20 см составляет 1,05 г/см³. Обеспеченность чернозема типичного подвижным фосфором составляет 9,5-12,6 мг/кг почвы, а калием – 8,5-10,6 мг/кг почвы.

Целлюлозолитическую активность почвы определяли по интенсивности разложения хлопчатобумажного полотна [3]. В течение вегетационного периода (с апреля по ноябрь) в почву закладывались хлопчатобумажные полотна на глубину 0-20 см в пятикратной повторности [1], три раза в течение вегетационного периода 2018 года с 11 мая по 15 июня (I период), с 15 июня по 29 августа (II период) и с 29 августа по 1 октября (III период) и три раза в течении вегетационного периода 2019 года. Первый и второй периоды исследования интенсивности разложения хлопчатобумажного полотна под ячменем и гречихой не совпадали из-за биологических особенностей возделывания культур. В посевах ячменя исследования проводились с 22 апреля по 7 июня (I период), с 7 июня по 25 августа (II период), а в посевах гречихи с 15 мая по 28 июня (I период), с 28 июня по 25 августа (II период). После уборки данных культур и заделки растительных остатков - III период с 3 сентября по 15 октября.

Для закладки полотен использовали инструмент для закладки в почву образцов ткани и фотобумаги при изучении биологической активности почвы (патент на полезную модель RUS 172910 30.12.2016) [2]. С его помощью в почве делали разрез, при этом не нарушали целостность почвенного покрова.

Полученные результаты оценивали методами математической статистики с применением дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel 2010 согласно «Методики полевого опыта» [1].

Основные действующие компоненты биотехнологий применяемых в нашем опыте – это культуры двух микроорганизмов: гриба *Trichoderma* и ризосферных бактерий *Pseudomonas*, а также их метаболиты – фитобиотики, фитогормоны, ферменты, витамины, аминокислоты и другие биологически активные вещества, которые в полной мере повлияли не только на растения, но и на почву.

Интенсивность разложения целлюлозы в почве является интегральным

показателем ее биологической активности. Так в 2018 году интенсивность разложения хлопчатобумажного полотна была выше на всех вариантах опыта под посевами подсолнечника по сравнению с посевами ячменя. Так разница между аналогичными вариантами изучаемых культур на контрольном варианте составляла 7 абсолютных процентов, при внесении минеральных удобрений – 11%, а при использовании биопрепаратов 17%. Использование Грибофита Имуназота активизировало микробиологические процессы, что усилило деградацию полотна. Так по подсолнечником в I период интенсивность разложения в день составляла 0,35% относительных процента, во II период 0,28%, а в III период – 0,33%, под ячменем данный показатель составлял 0,17%, 0,25% и 0,30% соответственно. Минеральные удобрения наибольшее влияние на биологическую активность оказали с 15 июня по 29 августа: под подсолнечником целлюлозолитическая активность составляла 0,41%, под ячменем 0,24%, а на контроле соответственно 0,25% и 0,12%.

После уборки ячменя и подсолнечника на варианте 2 (солома +N₁₀ на 1 т соломы и стебли +N₂₀ на 1 т стеблей) не наблюдалось значительной увеличение биологической активности почвы. Однако, после обработки стеблей подсолнечника и соломы ячменя биопрепаратами интенсивность разложения полотна в среднем увеличилась в 1,5 раза по сравнению с контролем.

В течение вегетационного периода 2019 года, как для ячменя, так и для гречихи выявлена следующая закономерность: в III сроке (3 сентября – 15 октября) наблюдается резкое снижение активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Так, под гречихой интенсивность разложения ткани в день на контрольном варианте составляла 0,1%, на варианте 2 и 3 – 0,18%. Несколько выше эти показатели были под ячменем и составляли 0,24%, 0,35% и 0,36% соответственно. Мы связываем данное обстоятельство с изменением почвенно-климатических условий данного срока, характеризующегося недостаточной влагообеспеченностью почвы и высокой температурой атмосферного воздуха, так и почвы.

Анализ изменения целлюлозолитической активности по культурам (2019 года) показал, что процесс развития микрофлоры, разлагающей целлюлозу, интенсивнее происходил на посевах ячменя, независимо от сроков выдержки льняных полотен в почве. Под ячменем с 7 июня по 25 августа на варианте минеральными удобрениями самая высокая интенсивность разложения полотна (40,5%), что выше контроля на 19,4% и на 9,7% варианта с биопрепаратами.

На посевах гречихи во II сроке определения биологической активности на варианте с минеральными удобрениями и биопрепаратами показания различались в пределах ошибки опыта и составляли соответственно 23,4% и 23,9%, но по сравнению с контролем на 25% активнее проходило разложение полотна на данных вариантах.

Таким образом, целлюлозолитическая активность почвы значимо возрастала при внесении минерального азота и биопрепаратов. Однако, на вариантах опыта, где применялись минеральные удобрения с растительными остатками изучаемый показатель был как правило выше по сравнению с биопрепаратами.

Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Дудкина Т.А., Масютенко Н.П., Дудкин Г.В., Проценко Е.П., Проценко А.А., Брескина Г.М., Митрохина О.А. // Патент на полезную модель RU 172910 30.12.2016. Инструмент для закладки в почву образцов ткани и фотобумаги при изучении биологической активности почвы.
3. Мишустин Е.В., Востров И.П., Петрова А.Н. Методика определения целлюлозоразрушающей активности почвы. – М.: Наука, 1987. – 375 с.
4. Русакова И.В., Московин В.В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата Багс и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв. // Агрохимия. – 2016. – №8. – С.56-61.
5. Русокова И.В. Биопрепараты-деструкторы послеуборочных остатков // Монография. Издательство: LAP LAMBERT, Рига, 2018. 101 с.
6. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). – М.: Россельхозакадемия, 2005 – 154 с.
7. Хамов О.Ф., Ледовский Е.Н., Тукмачева Е.В., Шулико Н.Н. Влияние бактериальных препаратов на биологическую активность чернозема выщелоченного и урожайность зерновых культур // Вестник ОмГАУ. – 2016. – №3 (23). – С. 44-48.
8. Esther O.J., Hong T.X., Hui G.C. Influence of straw degrading microbial compound on wheat straw decomposition and soil biological properties // African Journal of Microbiology Research. – 2013. – Vol. 7(28). – Pp. 3597-3605.
9. Mayer J., Scheid S. et al. How effective are 'Effective microorganisms (R) (EM)' Results from a field study in temperate climate // Applied Soil Ecology. – 2010. – V. 46(2). – Pp. 230-239.
10. Omar de Kok-Mercado Microbial decomposition of corn residue in two Iowa Mollisols // Graduate Theses and Dissertations. – 2015. – 14770. URL: <http://lib.dr.iastate.edu/etd/14770>.

УДК 631.452:631.445.4

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЦЧР В СКЛОНОВОМ РЕЛЬЕФЕ ПОД ПОСЕВАМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Караулова Л.Н.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск, Россия

E-mail: karauvaln@gmail.com

Резюме. Исследования проводили на территории землепользования Опытного производственного хозяйства в многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» на черноземе типичном. Было установлено, что исследуемые почвы хорошо обеспечены фосфором и калием, в динамике наблюдается тенденция стабилизации или незначительного увеличения содержания данных элементов. Азотные компоненты почвы, напротив, характеризуются снижением содержания. Почвы водораздельного плато в своем составе содержат больше азота, фосфора и калия, чем почвы склоновых поверхностей.

Ключевые слова: склоны, содержание азота, фосфора, калия.

Курская область расположена на западе Российской Федерации в центральной части Восточно-Европейской равнины и является зоной благоприятной для земледелия и характеризующейся пространственной пестротой почвенного покрова. В целом почвенный покров области характеризуется высоким потенциальным плодородием. Почвы разнообразны, однако основным ти-

пом являются различные черноземы (выщелоченные, слабовыщелоченные, типичные, оподзоленные и т.д.); ими занято более 70% территории. К неблагоприятным факторам внешней среды можно отнести дефицит влаги, особенно в вегетационный период, и развитие водной эрозии.

В ЦЧР эффективность сельскохозяйственного производства в значительной степени определяется не только почвенными условиями, но и рельефом. По данным генеральной схемы противоэрозионных мероприятий Курской области, около половины пахотных земель региона расположено на склонах [1]. Территория ЦЧР отличается высоким уровнем распаханности, а производство сельскохозяйственных культур осуществляется в условиях расчлененного рельефа [2].

Известно, что на разноориентированных склонах складывается различное соотношение между процессами мобилизации и иммобилизации элементов питания. Наибольшие различия показателей характерны для полярно-ориентированных склонов. Это связано с тем, что склоны полярных экспозиций существенно различаются по количеству поступающей солнечной радиации, запасам воды в снеге, поверхностному стоку и смыву почвы, температурному, водному и питательному режимам почвы [3, 4]. На южном и северном склоне при одной и той же крутизне по-разному складываются условия произрастания растений и формирования урожая [5, 6].

Так как основной культурой в структуре посевных площадей Курской области является озимая пшеница, то для изучения была выбрана именно эта зерновая культура.

Целью работы является обобщение результатов мониторинга агрохимических показателей плодородия черноземных почв Курской области.

В задачи исследований входило изучить динамику гумуса, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое чернозема типичного под посевами озимой пшеницы в склоновом рельефе.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились на территории землепользования Опытного-производственного хозяйства в многофакторном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская обл. Медвенский р-он). Район исследований относится к Среднерусской провинции Центральной лесостепной и степной области.

Почвенный покров представлен чернозёмом типичным несмытым и слабосмытым (на склонах), сформировавшемся на лессовидных отложениях, подстилаемых пылеватым суглинком, тяжелосуглинистый по механическому составу и богатый основными элементами питания.

Погодные условия, на данной территории, характеризуются колебаниями температур и относительной влажности воздуха, а также неравномерным распределением осадков в течение года и по годам, наличием выраженных засухливо-суховейных годов.

В опыте изучаемые почвы располагаются на склонах северной и южной экспозиции, между которыми находится участок водораздельного плато.

Отбор почвенных образцов из слоя 0-20 см проводился один раз в год после уборки культуры на контрольных вариантах и на вариантах с внесением

минеральных, органических удобрениями и их сочетании в четырехпольном зернопаропропашном, зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах на фоне отвальной, безотвальной и комбинированной обработки почвы.

Предшественником озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте являлся черный пар, в зернотравянопропашном и зернотравяном – многолетние травы 2 г.п.

Для решения всех поставленных на изучение вопросов в почвенных образцах использовались следующие основные методы исследований: гумус – по методу Тюрина, щелочногидролизующий азот – по Корнфилду [7]; подвижные формы фосфора и калия в почве определялись по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91).

Математическая обработка данных учётов и наблюдений производилась методами корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализов [8] с использованием прикладных программ STATGRAPHICS Plus, Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. В современной ландшафтной структуре Курской области и ЦЧР в целом одно из ведущих мест занимают склоновые ландшафты. На склонах разной экспозиции создаются неодинаковые микроклиматические условия, которые определяют разную направленность и интенсивность почвообразовательного процесса. В частности, на южных склонах весеннее снеготаяние происходит раньше и характеризуется большей интенсивностью. За короткий период активного снеготаяния почва не успевает полностью оттаять, и её поверхностный слой смывается [9, 10], что сказывается на содержании элементов питания в почве (таблица).

Таблица – Содержание элементов питания в почве под посевами озимой пшеницы в динамике (среднегрупповые значения)

Год	1988	1992	1996	2000	2004	2008	2012	2016	сред- нее	НСР ₀₅ год	НСР ₀₅ склон
Гумус,%											
Сэ [*]	-	5,9	5,86	-	5,36	5,59	5,35	5,2	5,5	0,62	0,44
Вод ^{**}	-	6,24	6,21	-	5,69	5,68	5,47	5,34	5,8		
Юэ ^{***}	-	5,37	5,56	-	5,14	5,22	4,97	4,9	5,2		
N _{щг} , мг/100г											
Сэ	19,12	16,97	19,3	17,34	19,23	17,4	17,52	15,88	17,8	1,06	0,65
Вод	21,11	17,43	19,59	18,75	19,42	17,23	17,39	16,4	18,4		
Юэ	16,21	15,07	15,68	15,76	16,63	14,65	14,44	13,13	15,2		
P2O5, мг/100г											
Сэ	12,67	12,44	14,05	12,83	13,38	14,17	12,41	13,41	13,2	3,37	2,06
Вод	20,34	26,17	25,91	20,62	22,86	19,96	25,26	22,67	23,0		
Юэ	14,59	15,1	16,06	16,02	17,31	16,76	14,98	19,35	16,3		
K2O, мг/100г											
Сэ	9,5	7,83	10,75	12,23	9,7	10,48	9,33	10,78	10,1	1,75	1,07
Вод	13,15	9,04	10,25	13,3	9,6	11,13	13,33	11,98	11,5		
Юэ	11,06	11,5	11,3	13,85	11,37	12,97	11,7	12,11	12,0		

Сэ* – склон северной экспозиции

Вод** – водораздельное плато

Юэ*** – склон южной экспозиции

Важнейший показатель естественного плодородия – содержание органического вещества в почве. Результаты наших наблюдений свидетельствуют, что исследуемые почвы средне обеспечены гумусом. В среднем 74% почв содержат от 5,0% до 6,0% гумуса.

Лучше всего обеспечены водораздельные плато, наименьшее содержание на склоне южной экспозиции. В то же время следует отметить, что за 28 лет исследований отмечается снижение содержания гумуса на всех элементах рельефа, причем более богатое по содержанию водораздельное плато потеряло и наибольшее количество гумуса - в среднем 0,9%, а склоны южной экспозиции в среднем 0,47%.

Тенденция снижения содержания наблюдаются и при изучении щелочно-гидролизующего азота. Азот является одним из основных элементов питания. Минеральные соединения азота в почве не накапливаются, так как потребляются растениями и используются микроорганизмами, частично превращаясь в органическую форму. Основное накопление азотистых соединений связано с содержанием в почве сложных органических соединений. Так как содержание гумуса снижается, то и органический азот также снижается. Однако интенсивность снижения содержания по склонам различна. Наиболее интенсивно снижение происходит на склоне южной экспозиции, в среднем за 28 лет содержание снизилось на 19 мг/кг или 12,9% от исходного количества.

В то же время следует отметить, что в исследуемых почвах содержание фосфора и калия незначительно, но увеличилось. Во многом такое увеличение связано с систематическим внесением минеральных удобрений в дозах $P_{150-300}$ $K_{160-320}$ за ротацию севооборота. В целом 78% исследуемых почв имеют повышенное и высокое содержание фосфора, повышенное содержание калия наблюдалось в 63% образцов.

Выводы. В целом исследованные почвы хорошо обеспечены фосфором и калием, в динамике наблюдается тенденция стабилизации или незначительное увеличение их содержания, обусловленное системой земледелия, применяемой на данной территории.

Азотные компоненты почвы, напротив, характеризуются снижением содержания, что обусловлено как складывающимися метеорологическими условиями, способствующими увеличению интенсивности процессов дегумификации, так и недостаточными компенсационными дозами азотных удобрений.

Библиографический список

1. Земельные ресурсы Курской области. Администрация Курской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://adm.rkursk.ru/index.php?id=263&mat_id=583 (дата обращения: 23.01.2020).
2. Статистический ежегодник Курской области. 2018: Стат. сб. / Курскстат. – Курск, 2018. – 424 с.
3. Каштанов, А.Н. Агроэкология почв склонов /А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1977. – 240 с.
4. Караулова Л.Н. Динамика подвижных соединений азота в черноземах типичных пахотных склонов ЦЧЗ: дис. ... кандидата с.-х. наук. – Курск, 2005. – С. 203.

5. Дубовик Д.В., Чуян О.Г. Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий // Земледелие. – 2018. – №2. – С. 9-13.
6. Экологические факторы и свойства почв склонов ЦЧР: в 2 ч. Ч.2 / науч. ред. Е.П. Проценко. Курск. гос. ун-т. – Курск, 2011. – 133 с.
7. Александрова, Л.Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.И. Найденова. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 295с.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Моисеев А. Н. Оценка севооборотов по влагообеспеченности культур в условиях лесостепной зоны Зауралья / А.Н. Моисеев, Д.И. Ерёмин // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 11(103). – С. 18-20.
10. Листопадов, И. Н. Почвенная влага севооборотов на эрозионноопасных склонах / И. Н. Листопадов, Д. С. Игнатьев // Научно-агрономический журнал. – 2010. – № 2. – С. 10-14

УДК: 631. 416. 9

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ОСНОВНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ ЦЧР

Митрохина О.А.

ФГБНУ Курский ФАНЦ, г. Курск

E-mail: mitrokhina1977@mail.ru

Резюме. Исследования проводили с целью оценки изменения содержания микроэлементов (Zn, Cu, Mn) в пахотных почвах ЦЧР на примере Курской области. Работа выполнена на основании материалов многолетнего многофакторного полевого опыта Курского ФАНЦ. По результатам исследований выявлено: почвы имеют низкую обеспеченность изучаемыми микроэлементами. В целом за 20 лет содержание марганца снизилось на 57%, меди на 56%, цинка на 60%.

Ключевые слова: микроэлементы, медь, цинк, марганец, почва, агрохимическое обследование.

Abstract. Studies were carried out with the goal of assessing changes in the content of trace elements (Zn, Cu, Mn) in arable soils of the Central Black Sea region using the example of the Kursk region. The work is based on the materials of many years of multifactorial field experience of the Kursk FANC. According to the results of studies, soils have a low availability of such trace elements as zinc, copper, manganese. In general, over 20 years, the manganese content decreased by 57%, copper 56%, zinc 60%.

Key words: trace elements, copper, zinc, manganese, soil, agrochemical examination.

Проблема использования микроэлементов в сельском хозяйстве – важная часть теории и практики минерального питания растений [1]. Научно-обоснованное применение микроудобрений позволяет не только получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, но и производить сбалансированные по составу продукты питания и корма.

Элементы, содержащиеся в организмах в очень небольших количествах ($10^{-3}\%$ и меньше), принято называть микроэлементами [2]. Такое количественное определение во многом условно и некоторые ученые предпочитают называть микроэлементами те элементы, которые служат инициаторами и активаторами биохимических процессов, без участия которых невозможна регулирующая роль ферментов [3].

В почвах происходит накопление, поглощение и закрепление большого числа микроэлементов. Поглощение микроэлементов идет различными путями: они могут входить в состав поглощенных катионов, в кристаллическую решетку первичных и вторичных минералов, входить в состав органического вещества, образовывать нерастворимые соединения.

Содержание и распределение микроэлементов в почвах зависят от степени развития почвообразовательного процесса и особенностей поведения микроэлементов в ландшафте.

Низкая обеспеченность почв подвижными формами микроэлементов является одним из негативных факторов, которые отрицательно влияют на урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Эта проблема на сегодняшний день является актуальной для многих регионов России, в том числе и для ЦЧР.

Цель нашей работы – провести агрохимическую оценку изменения содержания микроэлементов (Zn, Cu, Mn) в пахотных почвах ЦЧР (на примере Курской области, пахотные почвы Курского ФАНЦ).

Почвенный покров пашни полей Курского ФАНЦ представлен черноземами типичными тяжелосуглинистыми.

Валовое содержание марганца в почвах области колеблется от 0,1 до 1%. В исследованиях В.В. Ковальского и Г.А. Андрианова среднее содержание марганца в черноземах 680 мг/кг, в серых лесных почвах 1000 мг/кг. Колебания содержания подвижного марганца в почве обусловлены варьированием количества органического вещества, гранулометрическим составом, степенью окультуренности почв. Распределение подвижного марганца по профилю черноземов характеризуется биогенной аккумуляцией его в верхних горизонтах.

Хорошо обеспечены подвижным марганцем выщелоченные черноземы (89 мг/кг), это связано с их подкислением, обеспечивающим более легкий переход элемента в растворимое состояние; обыкновенные карбонатные черноземы содержат 32 мг/кг. Объяснить это можно тем, что щелочная среда снижает подвижность марганца. Черноземы типичные содержат 73 мг/кг подвижного марганца [4].

По данным многолетнего исследования содержание подвижного марганца в почвах многофакторного полевого опыта снижалось (рис.1).

Рисунок 1 – Динамика содержания марганца в почвах, мг/кг

Исходное содержание подвижного марганца соответствовало средней степени обеспеченности почв данным элементом, по прошествии двадцатилетнего периода изучаемые почвы можно отнести к почвам с низкой обеспеченностью. В среднем за двадцать лет содержание марганца снизилось на 57%.

Содержание меди в почвах зависит от их типа, подтипа и особенностей почвообразования. По данным Н.А. Протасовой и др. в эталонном курском черноземе содержание меди составляет 26 мг/кг. Содержание меди в почвах тесно связано с количеством гумуса, гранулометрическим составом и суммой поглощенных оснований.

Наши исследования показали, что уровень содержания подвижной меди в изучаемых почвах снижался (рис.2). За двадцатилетний период содержание меди снизилось на 56%.

Рисунок 2 – Динамика содержания меди в почвах, мг/кг

Различные почвы содержат разное количество цинка, так серые лесные содержат 28-65 мг/кг, черноземы 24-90 мг/кг [5].

За эталон содержания валового цинка принято его содержание в курском черноземе (52 мг/кг почвы) [6-8]. На подвижность цинка в почве оказывает влияние содержание фосфора. Чем больше фосфора, тем ниже подвижность цинка. Это связано с образованием в почве фосфатов цинка. Кроме того, на содержание микроэлемента в почве оказывает влияние органическое вещество почв, поэтому наибольшее количество подвижного цинка находится в верхних горизонтах.

Анализ наших исследований показал, что содержание цинка изначально соответствовало низкому уровню обеспеченности почв (рис. 3). Через двадцать лет оно соответствует очень низкому уровню обеспеченности. Содержание цинка за изучаемый период снизилось на 60%.

Рисунок 3 – Динамика содержания цинка в почвах, мг/кг

Таким образом, изучение динамики микроэлементов в исследуемых нами почвах показало, что по содержанию таких микроэлементов, как цинк, медь и марганец изучаемые почвы относятся к низкообеспеченным. Поэтому на данных почвах крайне необходимо применение микроудобрений, что в свою очередь положительно скажется на урожае и качестве выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Лукин С.В. Микроэлементы в почвах ЦЧО // Земледелие. – 2015. – №5. – С. 26-28
2. Протасова Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – №12. – С. 32-37
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.
4. Лазарев В.И., Айдиев А.Я., Золотарева И.А., Стифеев А.И., Шершнева О.М. Эффективность микроэлементных удобрений в условиях Курской области. Курск, 2013. – 139 с.
5. Ковда В.А., Якушевская А.Н., Тюрюканов В.В. Микроэлементы в почвах Советского Союза М.: МГУ, 1959. – 67с.
6. Шеуджен А.Х., Алешин Н.Е., Бондарева Т.Н.и др. Цинк в жизни растений и применение цинковых удобрений в рисоводстве Краснодар, 1996. – 30 с.
7. Митрохина О.А. Некорневая подкормка микроудобрениями и урожай озимой пшеницы // Земледелие. – 2013. – №7. С. – 41
8. Караулова Л.Н. Влияние комплексных минеральных удобрений на содержание и вынос азота наземной массой зерновых культур // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: I Международная научно-практическая конференция молодых ученых и аспирантов – Краснодар, 2018. – С. 95-98.

**ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА
В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

Ореховская А.А., Ступаков А.Г., Куликова М.А.

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, г. Белгород

E-mail: orehovskaja_aa@bsaa.edu.ru

Резюме. В статье приведены данные по изучению содержания гумуса в черноземе типичном в зависимости от длительного применения удобрений. В результате исследований было установлено, что для создания благоприятного гумусового режима рекомендуется применение минеральных удобрений в дозе $N_{42}P_{62}K_{62}$ как отдельно, так и в сочетании с навозом 8 т/га.

Summary. The article presents data on the study of humus content in typical Chernozem depending on the long-term use of fertilizers. As a result of research, it was found that to create a favorable humus regime, it is recommended to use mineral fertilizers at a dose of $N_{42}P_{62}K_{62}$ both separately and against the basis of the aftereffect of 8 t/ha of manure.

Вопросы сохранения и повышения плодородия почв являются основополагающими в росте продуктивности сельскохозяйственных культур. Одним из основных показателей плодородия почвы, является содержание в ней гумуса, определяющего её важнейшие агрономические свойства.

Большая роль в накоплении гумуса и поддержании оптимального питательного режима почвы принадлежит минеральным и органическим удобрениям. В связи с этим особое значение приобретает проблема улучшения их использования, для обеспечения положительного баланса гумуса.

Исследования проводились на базе лаборатории плодородия почв и мониторинга в стационарном полевом опыте, заложенном в 1987 году в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», расположенном на юго-западе Центрально-Черноземного региона.

В опыте изучалось влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на содержание гумуса в черноземе типичном в зерноотравнопропашном пятипольном севообороте с таким чередованием культур: эспарцет 1 года пользования, эспарцет 2 года пользования, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень + эспарцет.

Минеральные удобрения вносили в дозах $N_{42}P_{62}K_{62}$ и $N_{84}P_{124}K_{124}$ и навоз в дозах 8 и 16 т из расчёта на 1 га севооборотной площади.

Навоз применяли один раз за ротацию севооборота под сахарную свеклу в дозах 40 и 80 т/га.

Исследование исходных почвенных образцов в 1987 году показало достаточно однородное содержание гумуса в слоях почвы 0-10, 10-20 и 20-30 см (рис. 1). В подпахотном слое наблюдалось неоднозначное колебание содержания гумуса в диапазоне 4,0-5,0%.

Рисунок 1 – Содержание гумуса в черноземе типичном за годы исследований в зависимости от удобрений, %

Слой почвы: а) 0-10 см, б) 10-20 см, в) 20-30 см, г) 30-50 см.

Варианты удобрений: 1. Без удобрений, 2. $N_{42}P_{62}K_{62}$, 3. $N_{84}P_{124}K_{124}$, 4. 8 т/га навоза, 5. 8 т/га навоза+ $N_{42}P_{62}K_{62}$, 6. 8 т/га навоза+ $N_{84}P_{124}K_{124}$, 7. 16 т/га навоза, 8. 16 т/га навоза+ $N_{42}P_{62}K_{62}$, 9. 16 т/га навоза+ $N_{84}P_{124}K_{124}$.

По завершению третьей ротации севооборота в 2002 году было отмечено повышение содержания гумуса во всех изучаемых слоях почвы. Причем, наибольший эффект был от применения навоза в одинарной и двойной дозе. Так, увеличение содержания гумуса в слое 0-10 см составило соответственно 1,71 и 1,21%. Внесение минеральных удобрений отдельно и в сочетании с навозом также способствовало повышению содержания гумуса после прохождения 3 ротации, но в меньшей степени, отклонение составило 0,92 и 1,02%. Такая же закономерность отмечена и в нижележащих слоях почвы. Это связано, с тем, что систематическое применение минеральных удобрений в длительный период определило минерализацию органического вещества.

В 2012 году после прохождения пятой ротации севооборота в слое почвы 0-10 см наиболее интенсивное увеличение содержания гумуса составило 1,38 и 1,66% соответственно в почве без удобрений и при насыщенности навозом 8 т/га. Это обусловлено двухлетним выращиванием эспарцета в севообороте (40% от севооборотной площади). Эффект от применения двойной дозы навоза отдельно и в сочетании с минеральными удобрениями был заметно ниже. В целом, можно отметить некоторое снижение содержания гумуса в 2012 году по отношению к 2002 году, особенно в подпахотных слоях почвы. Это связано с тем, что большая часть удобрений концентрируется в слое 0-10 см, способствуя накоплению гумуса именно в этом слое.

Для установления взаимосвязи изученных приемов и содержания гумуса

в почве был проведен корреляционно-регрессионный анализ. Уравнения регрессии содержания гумуса от применения удобрений за пять ротаций севооборотов приведены в таблице 1. Также установлены коэффициенты корреляции.

Таблица 1 – Зависимость содержания гумуса в черноземе типичном от применения удобрений

Слои почвы, см	Уравнение регрессии*	Коэффициент корреляции, r
0-10	$y = 5,3419 - 0,0030 x_1 - 0,0014 x_2 + 0,0370 x_3$	0,7190
10-20	$y = 5,3213 + 0,0062 x_1 - 0,0008 x_2 + 0,0237 x_3$	0,5564
20-30	$y = 5,2153 + 0,0056 x_1 - 0,0010 x_2 + 0,0213 x_3$	0,4848
30-50	$y = 4,5932 + 0,0287 x_1 - 0,0025 x_2 + 0,0234 x_3$	0,5770
Среднее\	$y = 5,1179 + 0,0094 x_1 - 0,0014 x_2 + 0,0264 x_3$	0,6456

* где, y – содержание гумуса в черноземе типичном, %; x_1 – доза минеральных удобрений в основное внесение, ц/га x_2 – доза навоза КРС, т/га; x_3 – год ротации, лет

Как показали расчёты, зависимость содержания гумуса от применения удобрений также выше в слое почвы 0-10 см, для которого коэффициент корреляции составил 0,7190. С увеличением глубины изучаемого слоя он уменьшался до 0,5564 и 0,4848 соответственно для слоёв 10-20 и 20-30 см. Для подпахотного слоя 30-50 см он принял среднее значение – 0,5770.

Таким образом, использование удобрений обусловило повышение содержания гумуса в почве. Наиболее высоким эффект был при внесении одинарной дозы минеральных удобрений – $N_{42}P_{62}K_{62}$ как отдельно, так и в сочетании с навозом при насыщенности 8 т/га.

Библиографический список

1. Karabutov, A.P. Humus status of typical black soil under different intensity of arable land usage / A.P. Karabutov, S.I. Tyutyunov, V.D. Solovichenko // EurAsian Journal of BioSciences. – 2019. – Т. 13. – № 2. – С. 1317-1321.
2. Минакова, О.А. Влияние удобрений на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность зерносвекловичного севооборота в ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Т.Н. Подвигина // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 345-348.
3. Навольнева, Е.В. Динамика гумусного состояния чернозема типичного при длительном применении удобрений в севообороте / Е.В. Навольнева, А.А. Ореховская, Ю.С. Пономаренко, М.А. Куликова, В.Д. Соловиченко // Проблемы и перспективы инновационного развития животноводства: материалы Международной научно-практической конференции. – п. Майский: изд-во БелГСХА им. В.Я. Горина. – 2013. – С. 24.
4. Соловиченко, В.Д. Изменение содержание гумуса в специализированных севооборотах в зависимости от элементов технологии / В.Д. Соловиченко, Е.В. Навольнева, А.Г. Ступаков, А.А. Ореховская // Сахарная свекла. – 2014. – № 10. – С. 19-23.
5. Тютюнов, С.И. Влияние способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в чернозёме типичном / С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко, А.С. Цыгуткин, И.В. Логвинов // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 5. – С. 7-12.

УДК 631.811.1:633.11"324"

ОПТИМИЗАЦИЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Чуян О.Г., Караулова Л.Н.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск, Россия

E-mail: agrochemgis@mail.ru

***Аннотация:** в работе представлены новые алгоритмы, функциональные схемы расчетов применения минеральных удобрений, а также нормативные данные, обеспечивающие разработку, проектирование и реализацию системы удобрений в адаптивно-ландшафтной системе земледелия ЦЧР. Установлены поправки к дозам азотных удобрений с учетом фактического варьирования погодно-климатических условий в многолетнем цикле.*

***Ключевые слова:** минеральный азот, доза азотных удобрений, погодно-климатические условия.*

Современная система земледелия включает использование таких технологий возделывания зерновых культур, которые предполагают наличие в почве необходимого количества питательных веществ. Одним из главных средств повышения питательного режима почвы является применение минеральных удобрений, которые служат основой создания устойчиво высоких урожаев заданного качества. Удобрения воздействуют на процессы потребления растениями элементов питания, получение продукции с определенными качественными показателями и химическим составом. Эффективность минеральных удобрений зависит от конкретных почвенно-климатических условий. Обладая достаточно высоким потенциальным плодородием, черноземы Курской области положительно отзываются на внесение минеральных удобрений. Однако высокая стоимость удобрений определяет их низкие объемы поставок сельскому хозяйству и предполагает строгий научный подход к установлению доз с обязательным учетом фактической и оптимальной обеспеченности каждого поля доступным азотом в критические фазы развития растений, уровня планируемой урожайности и качества получаемой продукции [1-4].

В агрономической практике расчет доз удобрений на планируемый урожай проводят балансовым методом. Однако полученные дозы удобрений не учитывают почвенно-климатические условия территории. В результате снижается точность вычислений, уменьшается урожайность, ухудшаются экономические показатели, возникает угроза экологии окружающей среды.

Целью исследований являлось: усовершенствовать определение потребности в минеральных удобрениях при проектировании системы удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья, а также алгоритмы и нормативы оперативной корректировки ежегодных планов внесения удобрений с учетом складывающихся почвенных и климатических условий.

Методика проведения исследований. Исследования выполнялись на базе лаборатории агрохимии и ГИС ФГБНУ «Курский ФАНЦ» с использова-

нием системного анализа результатов опытов с удобрениями, результатов производственной деятельности в хозяйствах ЦЧР и включали концептуальное и математическое моделирование с учетом ландшафтного подхода. Объектом исследования являются данные по эффективности использования минеральных удобрений в условиях ЦЧР.

Результаты и обсуждение. Алгоритмы и нормативы оперативной оценки дозы азота для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур имеют следующий вид (рисунок 1).

Рисунок 1 – Схема оценки доз азота ранневесенней подкормки озимых зерновых культур для оперативного плана применения удобрений

Для оценки доз азота применяются эмпирические уравнения, основанные на коэффициенте использования минерального азота почвы ($N-NO_3+N-NH_4$) и дополнительного выноса азота для планируемого уровня урожая, с учетом возрастающего норматива затрат с ростом урожая.

1. Оценка дозы по фактическим запасам минерального азота в слое почвы 0,9 м ($\sum N_m$, кг/га):

$$D_N = 0,3 Y_{пл}^{1,59} - 0,7 \sum N_m, \quad (1)$$

2. Оценка дозы азота при отсутствии каких-либо оперативных данных, кроме уровня базовой и планируемой урожайности:

$$D_{Ncp} = 0,3 Y_{пл}^{1,59} - H_{вN} \cdot Y_б, \quad (2)$$

где D_{Ncp} – доза азота, кг/д.в./га.; $Y_{пл}$ – планируемая урожайность, ц/га; $Y_б$ – базовая урожайность, ц/га; $H_{вN}$ – норматив выноса азота в расчете на единицу основной продукции, кг N/ц.

3. Оценка уровней доз и поправок ранневесенней подкормки азотом с учетом климатических условий предшествующего периода основана на представлениях о перераспределении массы растворимых солей в верхних горизонтах

почвы при увлажнении сверх наименьшей влагоемкости:

$$а) \quad D_N = 0,3 Y_{пл}^{1,59} - K_{JO} \cdot Y_6 \cdot H_{BN}; \quad (3)$$

$$б) \text{ поправка к средней принятой или расчетной дозе } (\pm d_N, \text{ кг/га}):$$

$$\pm d_N = Y_6 \cdot H_{BN} \cdot (1 - K_{JO}), \quad (4)$$

где $D_N = D_{Ncp.} \pm d_N$,

где K_{JO} – относительный коэффициент промываемости для текущего года по климатическим условиям:

$$K_{JO} = (H_B / P_B) \cdot (J - J_{cp.}) / (P_B - H_B) \quad (5)$$

где H_B , P_B – гидрофизические константы почвы, наименьшая и полная влагоемкость, %, мм; $(P_B - H_B)$ – максимальная водоотдача для слоя почвы 0 – 40–60 см, (мм); J , $J_{cp.}$ – промываемость почвы (мм) рассчитывается для фактический условий текущего года и по среднемноголетним данным [5]:

$$J = 2,236 \cdot P^{2,5} \cdot (ST > 10 + 500)^{-1,5} (1 - 0,01 \Phi_{г\%}), \quad (6)$$

где P – осадки за год, мм; $ST > 10$ – сумма температур более 10°C ; $\Phi_{г\%}$ – содержание физической глины в почве, %.

Для фактических условий используется сумма температур более 10°C предшествующего года и осадки от начала теплого периода весной предшествующего года до конца холодного периода весной текущего, к которому приурочена оценка.

Выявлено, что расчетные коэффициенты промываемости или снижения запасов минерального азота (от осени к весне) слоя почвы 0-60 см в Нечерноземье могут достигать 0.5, а в Центральном Черноземье в зависимости от климатических и почвенных условий – 0.65 - 1.0 (рисунок 2).

Рисунок 2 – Расчетные коэффициенты промываемости почв K_J (0-60 см) и среднемноголетние весенние запасы продуктивной влаги (0-100 см) в зависимости от гидротермических условий (КУ)

При этом с учетом фактического варьирования погодно-климатических

условий в многолетнем цикле относительные коэффициенты изменяются в интервале 0.7-1.3. Поправки к дозам по расчету тесно связаны с величиной базовой урожайности и при ее уровне в 25 –30 ц/га могут варьировать от +30 до – 30 N кг д.в./га (рисунок 3).

Рисунок 3 – Поправки к средним расчетным дозам азота ранневесенней подкормки озимой пшеницы в зависимости от климатических условий предшествующего периода при уровне базовой урожайности 25-30 ц/га

С учетом анализа погодно-климатических условий необходимость в подкормке имеется в большинстве лет, при этом для 40% случаев эффективным будет повышение средних уровней доз (рисунок 4).

Рисунок 4 – Кривая обеспеченности эффективных уровней доз подкормки озимой пшеницы азотом для условий Курской области

Таким образом, усовершенствованные алгоритмы, функциональные схемы расчетов доз подкормки азотных удобрений, учитывают основные факторы эффективности удобрений: обеспеченность почв элементами питания и влагой в зависимости от складывающихся климатических условий. Эти данные

необходимы для разработки, проектирования и реализации системы удобрений в адаптивно-ландшафтной системе земледелия ЦЧР.

Библиографический список

1. Шилов А.Н., Плотников А.М. Продуктивность зернопарового севооборота под влиянием азотно – фосфорных удобрений // Вестник Курганской ГСХА. – 2014. – № 1. – С. 28-30.
2. Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2013. – 296 с.
3. Конончук В.В., Штырхунов В.Д. Затраты удобрений на увеличение запасов нитратного азота в почве под зерновыми культурами в Центральном Нечерноземье // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – т.29. – №12. – С. 76-79.
4. Плотников А.М. Зависимость урожайности зерновых культур от содержания в почве доступных форм фосфора и калия // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 1. – С. 17-20.
5. Чуян О.Г. К вопросу оценки динамики кислотности пахотных почв // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 12. Т. 33. – С. 5-9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11201

**СЕКЦИЯ «ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ
РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ЭРОЗИИ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ.
ЗАЩИТА ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ»**

УДК 631.6.02

**ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО
УПРАВЛЕНИЮ ЭРОЗИОННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ**

Барабанов А.Т., Кулик А.В., Гордиенко О.А.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»,
г. Волгоград

E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

***Резюме.** Многолетние исследования закономерностей формирования поверхностного стока талых вод позволили сформулировать и обосновать закон лимитирующих факторов стока и определить их максимальные уровни, при которых он не формируется. При уровнях факторов выше лимитирующих, созданы статистические модели формирования стока на разных типах почв, видах пашни и сельхозугодий.*

***Summary.** Long-Term research of regularities of formation of surface runoff of meltwater allowed to formulate and justify the law of limiting factors of runoff and determine their maximum levels at which it is not formed. Statistical models of runoff formation on different types of soil, types of arable land and farmland were created at the levels of factors higher than the limiting ones.*

Наиболее важные природные факторы эрозии почв являются рельеф местности, геологическое строение, особенности почвенного покрова, климатические факторы и др. Рельеф местности является важнейшим условием, определяющим адаптивно-ландшафтное обустройство территории и систему защиты почв от эрозии. От геологического строения территории и литологического состава пород в значительной степени зависит интенсивность эрозии, особенно оврагообразование. Наиболее подвержены размыву лессовидные суглинки и лессы. Поэтому интенсивное оврагообразование происходит в районах, где залегают мощные толщи лессов и лессовидных суглинков, а также глин. Интенсивность эрозии зависит также от противоэрозионной устойчивости почв, их химических и водно-физических свойств и механического состава. Более тяжелые почвы лучше противостоят смыву и размыву. Наиболее податливы смыву при наличии стока песчаные и супесчаные почвы из-за слабой связности их частиц. Наиболее устойчивыми в противоэрозионном отношении являются выщелоченные и типичные черноземы. Растительный покров является мощным фактором защиты почв от эрозии. Климат влияет на эрозионные процессы через природные факторы, определяющие характер формирования стока талых и ливневых вод. Очень сильное влияние на смыв почвы оказывает снежный покров. В зависимости от характера снегоотложения на ветроударных и снегозаносимых склонах почва в разной степени подвергается эрозии. Из-за меньшей мощности снега на нижележащих участках ветроударных склонов и более высокой интенсивности снеготаяния нижние отрезки склонов обычно раньше освобождаются от снега, поэтому на них усиливается смыв почвы из-за поступающей сверху

воды.

В силу того обстоятельства, что рельеф территории является ведущим фактором в проявлении эрозии, то рельефообразованию всегда уделялось большое внимание как у нас в стране, так и за рубежом. Первые наиболее серьезные попытки исследовать склоновый сток и рельефообразование связаны с деятельностью экспедиции В.В. Докучаева в южных районах России, главным образом в Каменной Степи [1]. Ему принадлежит попытка теоретического рассмотрения вопросов рельефообразования на равнине в части, касающейся генезиса гидрографической сети (перехода оврагов в балки, а балок в речные долины).

Выдающийся вклад в разработку теории рельефообразования и эрозионно-гидрологического процесса принадлежит А.С. Козменко [2], Г.П. Сурмачу [3], Е.А. Гаршинёву [4] в период их деятельности во Всесоюзном (затем Всероссийском) научно-исследовательском институте агролесомелиорации (ныне ФНЦ агроэкологии РАН).

Они создали стройную схему рельефообразования и формирования лёссов в ходе четвертичных эрозионно-аккумулятивных циклов, обусловленных наступлением-таянием ледников на Русской равнине [2,3], и уточнили условия формирования эрозионно-аккумулятивных форм рельефа [4], что позволяет объяснить механизм эрозии, аккумуляции и закономерности залегания лёссовых пород. С учетом их исследований и современных разработок можно считать, что теоретической основой рельефообразования является учение об эрозионно-гидрологическом и эрозионно-аккумулятивном процессах. Гидрологический процесс определяется, главным образом, впитывающей способностью почвы и образованием поверхностного стока.

В ФНЦ агроэкологии РАН в результате многолетних (60-68 лет) исследований элементов водного баланса по четырем опытным эрозионным объектам, расположенным в трех географических зонах (лесостепной с серыми почвами, степной с обыкновенными чернозёмами и каштановыми почвами и сухостепной со светло-каштановыми почвами) получен уникальный материал, позволяющий дать характеристику поверхностного стока талых вод с разных видов пашни и оценку стокорегулирующей роли зяблевой обработки почвы.

Полученные многолетние материалы наблюдений и обобщение литературных данных [5,6] позволили построить теоретические кривые вероятности превышения стока талых вод на рыхлой и уплотненной пашне, которые хорошо аппроксимируют эмпирические точки исследуемых рядов наблюдений, а также вычислить показатели стока разной вероятности превышения и стокорегулирующий эффект зяби.

Анализ этих данных показал, что средние величины стока с уплотнённой пашни при движении от серых лесных почв (лесостепь) до светло-каштановых почв (сухая степь) снижаются от 30 до 15 мм. На зяби темпы снижения значительно ниже. Ход динамики стока показывает, что величины его колеблются в значительной степени во всех зонах, и отмечается резкое снижение его в по-

следние два десятилетия. Это связано с тем, что почва перед весенним снеготаянием почти все эти годы в лесостепной и степной зонах Русской равнины была талая или промерзала на небольшую (до 50 см) глубину. Также было установлено, что на величину поверхностного стока существенно влияют только три природных фактора: снеготалоходы, влажность почвы и глубина ее промерзания перед началом снеготаяния. Причем прямой связи величины стока ни с одними из этих факторов нет. Парный корреляционный анализ связи стока со снеготалоходами показал отсутствие прямой зависимости его от запасов воды в снеге. Однако это не значит, что от снеготалоходов величина стока не зависит. Средняя величина стока в многоснежные и в малоснежные годы сильно различается. То есть снеготалоходы влияют на сток и в значительной степени, но во взаимодействии с другими факторами: влажностью почвы и глубиной ее промерзания.

Связь стока с природными факторами следующая. Если почва талая или она промерзла не глубже 50 см, сток не формируется независимо от уровня увлажнения почвы, снеготалоходов и продолжительности снеготаяния. Дальнейшее увеличение глубины промерзания почвы не влияет на величину стока. Парный коэффициент корреляции связи стока с глубиной промерзания составил всего 0,04, а стандартная ошибка – 32,2. В условиях глубокого промерзания почвы сток формируется в зависимости от запасов воды в почве и снеге. При увлажнении верхнего (0-50 см) слоя почвы до уровня менее 120-130 мм на юге ЦРНЗ и 70-95 мм в Нижнем Поволжье сток не формируется независимо от глубины промерзания почвы и снеготалоходов. При уровнях факторов выше лимитирующих, сток формируется всегда и зависит он только от запасов воды в снеге и в почве. Увлажненность верхнего слоя почвы является одним из основных факторов, влияющих на формирование поверхностного стока талых вод при глубине промерзания выше 50 см.

На основе математического анализа результатов исследований разработаны модели формирования поверхностного стока талых вод на разных типах почв (серые лесные, черноземы, каштановые и светло-каштановые), видах угодий (пашня, луг, залежь) и пашни (зябь, озимые, многолетние травы и др.). В зональном плане эта связь проявляется по-разному. На юге ЦРНЗ и севере ЦЧО наиболее мощным фактором формирования стока как на зяби, так и на уплотнённой пашне является увлажнение почвы; на юге ЦЧО на зяби и уплотнённой пашне на величину стока сильнее влияют снеготалоходы; в Поволжье на зяби наиболее мощным фактором является увлажнение почвы, а на уплотнённой пашне – снеготалоходы.

Фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования позволили сделать важный вывод о том, что при подборе стокорегулирующих приемов необходимо исходить из того как они воздействуют на природные факторы: глубину промерзания, увлажнение почвы и запасы воды в снеге. Зная роль природных факторов в формировании стока и антропогенного воздействия на него, можно регулировать их. Предотвратить глубокое промерзание

почвы в холодные зимы повсеместно невозможно. Регулируя характер снегоотложения, можно добиться предохранения почвы от промерзания полосно, что будет способствовать хорошему водопоглощению. В связи с тем, что стокорегулирующие лесные полосы наиболее мощно влияют на природные факторы эрозионно-гидрологического процесса через снегораспределительные функции, их необходимо и регулировать в первую очередь на основе знания закономерностей снегоотложения.

На этой основе нами разработаны и апробированы новые приемы регулирования снегоотложения в системе защитных лесонасаждений. Они высокоэффективны, потому что мощно воздействуют на природные факторы стока талых вод. На основе выявленных закономерностей формирования поверхностного стока талых вод и оценки всех способов и приемов управления эрозионно-гидрологическим процессом установлены наиболее перспективные.

В силу указанных обстоятельств, стратегия противоэрозионной мелиорации должна исходить из того, что необходимый стокорегулирующий эффект может обеспечить лишь искусственно создаваемая система контурных стокорегулирующих и противоэрозионных рубежей – в первую очередь, лесных полос в сочетании с гидротехническими приемами, создающих своеобразный экологический каркас на местности. Агротехнические приемы в управлении эрозионно-гидрологическим процессом выполняют лишь ограниченную роль, а применение гидросооружений (валов-террас) на пашне лимитируется сложностью их создания и эксплуатации. Наиболее перспективными приемами регулирования эрозионно-гидрологического процесса являются лесомелиоративные. Они многофункциональны, долговечны и высокоэффективны и есть возможности их дальнейшего совершенствования.

При разработке системы мероприятий по управлению эрозионно-гидрологическим процессом необходимо учитывать закономерности рельефообразования, древних и современных эрозионно-гидрологических процессов и природно-ресурсного потенциала. Важнейшим этапом разработки систем мероприятий является противоэрозионная организация территории. Ее главной задачей является распределение и применение различных элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия в соответствии с природно-ресурсным потенциалом и характером использования сельскохозяйственных земель. Она предусматривает выделение контуров разных групп земель по однородным агроэкологическим условиям и определение характера их использования, а также применение технологий, приемов и мероприятий, обеспечивающих нормальное функционирование агроэкосистем.

Критериями для их выделения являются характер гидрологических и эрозионных процессов, состояние почв, местонахождение в рельефе, доступность для проведения механизированных работ и др. При этом максимально учитываются особенности природных и антропогенных ландшафтов, требовательность сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, оптимально реализуется ресурсный потенциал, каждый земельный участок используется с учетом его экологических условий.

Учитывая изложенные выше закономерности эрозионных и гидрологических процессов, природно-ресурсный потенциал ландшафтов, критерии выделения земель по характеру их использования и требовательность сельскохозяйственных культур к условиям произрастания рекомендуется на приводораздельных участках склонов применять зернопаропропашные севообороты, а на присетевых – почвозащитные.

Разрабатываемые системы адаптивно-ландшафтного земледелия, основанные на изложенных выше принципах и подходах, позволяют зарегулировать поверхностный сток, улучшить гидротермический режим, подавить эрозионные процессы, повысить экологическое разнообразие агролесоландшафтов, улучшить регуляторную способность агроценозов. Защитные лесные насаждения в системе адаптивно-ландшафтного земледелия, кроме того, служат долговременными рубежами землепользований, севооборотов, полей. Они выполняют рекреационную, эстетическую и другие социальные функции.

Библиографический список

1. Докучаев В.В. Овраги, их происхождение и деятельность / В.В. Докучаев // Избр. соч. – М., 1954. – С. 543-560.
2. Козменко, А.С. Борьба с эрозией почв / А.С. Козменко. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 229 с.
3. Сурмач Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия / Г.П. Сурмач. – Волгоград, 1992. – 174 с.
4. Гаршинев Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: Экспериментальная оценка, расчет, проектирование / Е.А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2002. – 220 с.
5. Барабанов А.Т., Панов В.И. К вопросу о прогнозе поверхностного стока талых вод в лесостепной и степной зонах // Аридные экосистемы. – 2012. – Том 18. – № 4(53). – С. 22-27.
6. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.

УДК: 630*232(478)

ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОЛДОВЫ

Корман Ю.Х., Кухарук Е.С.

Институт Почвоведения, Агрохимии и Охраны Почв «Николае Димо»,
г. Кишинёв, Молдова

E-mail: iu.corman@uasm.md ecostrategii@yahoo.com

Резюме. Почвы в Молдове являются главным природным ресурсом, поэтому необходимо создавать все условия для минимализации их от эрозии. Разработанные меры защиты почв от эрозии были всесторонне показаны на примере центральной части республики. Особое внимание было уделено проектированию лесозащитных насаждений для защиты почв от эрозии.

Summary. Soils in Moldova are the main natural resources, therefore it is crucial to create all necessary conditions to mitigate erosion. The elaborated anti-erosion soil protection measures were comprehensively implemented by the pilot area in the central part of the republic. Special

attention was paid to the design of forest green belts to protect soils from erosion.

Современное земледелие направленная на получение максимального урожая при минимальных затратах. В настоящее время землевладельцы не задумываются о соблюдении противоэрозионных мероприятиях. водная эрозия ведет не только к потерям плодородного слоя почвы, но и к другим неблагоприятным явлениям: потеря дождевых вод, уменьшение запасов воды в самой почве, расчленение полей, заиливание водоёмов, ухудшение физических свойств почвы.

На интенсивность проявления водной эрозии в Молдове играет большую роль рельеф (длина, крутизна и форма склона, величина водосборов, а также гранулометрический состав структура почвы.

Организационно-хозяйственные, лесомелиоративные и агротехнические мероприятия составляют комплекс мер направленных на противоэрозионную организацию территории. [1]

Все эти мероприятия направлены на рациональное распределение угодий; снижение или предотвращение эрозионных процессов; борьбу с предотвращение оврагов, и их образование.

Защиту почв от эрозии необходимо проводить для максимального повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Задача защиты и задача повышения продуктивности земель неотделимы друг от друга. Из этого следует, что защита почв должна проводиться в условиях максимальной интенсификации сельскохозяйственного производства. Более интенсивное использование земли, требует надёжного и качественного осуществления комплекса противоэрозионных мероприятий [2].

Защита почв будет эффективной в том случае, если осуществляется систематически. Противоэрозионные мероприятия должны охватить все угодья (пашни, сады, виноградники, пастбища и другие).

Когда проектируются противоэрозионные мероприятия, предусматривают выполнение следующих требований по борьбе с эрозией почв: в зонах подверженных водной эрозии – необходимо регулировать сток талых и ливневых вод; а в зонах ветровой эрозии – создаётся ветроустойчивая поверхность, которая уменьшает скорость ветра, предотвращает пылевые бури [2].

Когда стоит задача выбора противоэрозионных мероприятий, во внимание берутся природные условия зоны проектирования; особенности ведения сельского хозяйства; площади эродированных земель.

К основным принципам землеустройства в районах эрозии почв относятся:

- Предупреждение возникновения эрозионных процессов, путём профилактических мероприятий почв, находящихся под угрозой эрозии.
- Повысить противоэрозионную устойчивость почвы с применением почвозащитной обработки почвы.
- Повысить почвозащитную роль растительного покрова, с помощью залужения.
- На эродированных почвах, необходимо стремиться восстановить плодородие

смытых почв.

- Одновременное применение взаимоувязанных мероприятий, направленных на предупреждение эрозии.
- Учёт зональности проведения противоэрозионных мероприятий, учитывая природные особенности территории (климат, рельеф, почвы, растительность) и экономические условия хозяйства.
- Экономичность защитных мер – достижение наибольшей почвенной эффективности при минимальном отводе ценных земель и наименьших затрат.
- Учёт всевозможных экологических последствий: выявить влияние на другие процессы разрушения почвы [2].

Чтобы защитить почву от эрозии проводят целый комплекс мероприятий (организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные, гидротехнические мероприятия). Основной задачей является остановка эрозионных процессов и восстановление плодородия, предупреждение возникновения эрозии.

Противоэрозионные мероприятия осуществляют в следующем порядке:

- Составляют генеральные схемы для борьбы с эрозией по всей республике и районам.
- Составляют генеральные схемы для борьбы с эрозией по группам.
- Разрабатывают противоэрозионные мероприятия для конкретного хозяйства.
- Разрабатывают проектно-сметную документацию для создания лесозащитных полос и других мероприятий борьбы с эрозией [2].

На исследуемой территории, после расчётов определено, что есть земли с первой по четвертую категории эрозионной опасности, а пятая категория эрозионной опасности отсутствует. Около 50% земель являются среднесмытыми. Для возделывания пашни пригодны все земли, за исключением четвёртой категории эрозионной опасности.

Изучается характеристика угодий, а затем необходим анализ размещения границ хозяйства.

Затем разрабатывается карта категорий эрозионно-опасных земель, которая является основой для проведения противоэрозионных мероприятий. Для неё рассчитывается потенциальная интенсивность смыва почвы от ливневого стока на полученных категориях. Эти данные необходимы для дальнейших расчетов при проектировании севооборотов.

Земли первой и третьей категории используют в земледелии, третью категорию обычно отводят под кормовые культуры. на землях четвёртой и пятой категории можно использовать под многолетние насаждения, с применением комплекса противоэрозионных мероприятий.

Затем составляется таблица, с учетом полученных данных по категориям эрозионно-опасных земель, где площадь пашни будет охарактеризована по крутизне склона, по степени смытости и по категории эрозионно-опасных земель. Получены данные, что 50% земель средне эродированные, расположены на склонах 3-5°. Затем проектируются полевой и кормовой севообороты.

Выполняется проектирование полей рабочих участков. При проектировании севооборотов на склонах, берётся во внимание технология возделывания культур; обработка и уход за растениями производится поперёк склона. Если склон больше трёх градусов, то агрегаты для обработки почвы требуют специальных приспособлений. На склоновых землях, с повышенной крутизной, с более смытым почвенным покровом растёт потенциальная опасность эрозии, отдаётся предпочтение культурам сплошного сева. А более крутые и смытые склоны засеваются многолетними травами, которые наиболее ценные по своим почвозащитным свойствам. Вводимые здесь севообороты, при высоком насыщении трав, имеют высокую противозерозионную эффективность.

Когда выбирается структура посевных площадей, берётся во внимание соотношение площади пахотных земель, которые различны по уклонам, по степени смытости почвенного покрова, по степени потенциальной опасности эрозии в конкретных природных условиях [4].

По возможности границы полей и рабочих участков должны проходить по водораздельным линиям. Это обеспечивает наиболее правильно осуществить систему противозерозионных мероприятий. Граница поля севооборота – это рубеж, вдоль которого осуществляют лесомелиоративные, агротехнические и гидротехнические мероприятия. Длинные стороны полей необходимо размещать поперёк склонов, а короткие границы поля целесообразно приурочить к естественным рубежам перпендикулярно горизонталям.

Поля и рабочие участки проектируются с размещения системы основных дорог и лесных полос. Их местоположение зависит от рельефа и линий стока. Затем начинаются проектироваться рабочие участки соблюдая следующие условия одна категория; степень смытости; экспозиция; крутизна склона. Рабочие участки проектируются поперёк склона или в направлении горизонталей. По возможности должна быть предусмотрена компактность рабочих участков, а также рабочие участки должны быть на небольшом расстоянии друг от друга. Ширина зависит от длины и должна быть оптимальной. Очень важно учитывать рельеф при размещении полей и рабочих участков, так как это оказывает существенное влияние на предотвращение смыва почвы, накопление влаги и рациональное использование сельскохозяйственной техники [5].

Полезащитные лесные полосы проектируют с целью борьбы с засухой, суховеями, ветровой и водной эрозией почвы. Защитные лесные насаждения способствуют улучшению микроклимата; повышают плодородие почв; увеличивают значительно эффективность агротехнических мероприятий; на склоновых землях снижают сток и смыв почвы от осадков; повышают урожайность культур [6].

Защитные лесные насаждения имеют великую и разнообразную роль. В зависимости от основного назначения защитные лесные насаждения разделяют по следующим категориям: полезащитные или ветроломные; стокорегулирующие или водорегулирующие; приовражные и прибалочные; лесные полосы на заовраженных и оползневых землях; вокруг водоёмов и прудов; на орошаемых

землях, вдоль оросительных и водосбросных каналов; на пастбищах, у животноводческих ферм [6].

Лесополосы подразделяются на продольные, то есть основные и поперечные, то есть вспомогательные. Продольные лесные полосы размещают поперёк суховейных ветров. А поперечные перпендикулярно к продольным. При размещении защитных лесных насаждений делаем увязку с элементами организации территории, а также учитываем почвы для выбора ассортимента основных древесных и кустарниковых пород [6].

Стокорегулирующие полосы, в условиях нашей страны, регулируют не только потоки воды, но и наносы почвы. Лесополосы так же влияют на направление обработки почвы. Водопоглащающая способность, сокращение скорости поверхностного стока зависит на прямую от подобранного породного состава. Большую противозерозионную способностью имеют кустарниковые кулисы. Расстояние между лесополосами зависит от склона. Чем больше склон, тем меньше расстояние между ними.

Так как лесомелиоративные приемы начинают свое действие по защите почв от эрозии через несколько лет, то целесообразно проводить гидротехнические мероприятия. Но так как они являются дорогостоящими, то их применяют крайне редко, в основном в вершинах оврагов, чтобы задержать их рост, до тех пор, пока не вырастет и не укрепится защитная лесополоса [6].

Далее будут предоставлены схемы посадки запроектированных лесополос на данной территории:

- посадка растений в кустарниковых стокорегулирующих кулисах;
- посадка растений в аллейной стокорегулирующей полосе;
- посадка растений стокорегулирующей полосы на склонах 3-5°;
- посадка растений в полезащитной (ветроломной) полосе;
- посадка растений в приовражной лесной полосе;
- посадка растений в противооползневой лесной полосе.

Таким образом, перед составлением схемы посадки запроектированных лесополос, предшествует детальное изучение почвенного покрова, составление противоэрозионных мероприятий, а затем проектирование лесных насаждений.

Библиографический список

1. Grama V., Crigan S. și alte Monitorul calității solurilor Republicii Moldova. Ch. Pontos «Tipografia Reclama» SA. – 2010. – 476 p. ISBN 978-997-551-138-4
2. Cerbari V., Andrieș S. și alte Măsuri și tehnologii de combaterea a eroziunii solului. «Recomandări». Ch.: Pontos «Tipografia Reclama» SA, 2012. – 80 p.
3. https://studbooks.net/1103732/agropromyshlennost/sostavlenie_karty_kategoriy_erozionno_opasnyh_zemel
4. <https://studopedia.info/2-118443.html>
5. https://studopedia.su/7_27564_razmeshchenie-poley-sevooborotov-i-rabochih-uchastkov.html
6. Кэнанэу В., Скобиоалэ М. и др. Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий Молдавской ССР. Кишинёв: Молдгипрозем, 1987. – 54 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ КОСВЕННОЙ ОЦЕНКИ СМЫТОСТИ ПОЧВ

Мунтян А.Н.

Республиканский НИИ экологии и природных ресурсов, Бендеры, Приднестровье, Республика Молдова

E-mail: piter504@mail.ru

Резюме. По результатам многолетних сопряженных наземных и спутниковых исследований разработана система уравнений для дистанционной оценки мощности гумусового горизонта почв, основанная на чувствительности посевов озимой пшеницы к смывности почв.

Общеизвестно, что водная эрозия оказывает негативное влияние на почвенное плодородие, снижая запасы гумуса, питательных веществ, макро- и микроэлементов, продуктивной влаги. Деградация почвенного покрова под действием водной эрозии увеличивает почвенную неоднородность территории. Высокая почвенная неоднородность эрозионных агроландшафтов предъявляет особые требования к мониторингу сельскохозяйственных земель. Одним из наиболее перспективных видов мониторинга агроландшафтов является дистанционный мониторинг.

Цель исследования – разработать систему уравнений для дистанционной оценки мощности гумусового горизонта почв под посевами озимой пшеницы.

Объектом исследования являются сельскохозяйственные поля агрофирм ООО «Рустас», ЗАО «ТКХП», ЗАО «БКХП», ООО «Солнце-Дар», АФ «Дружба». Исследованные поля расположены в степной зоне в Слободзейском и Григориопольском районах. Общая площадь исследуемых полей 965 га. Почвы относятся к черноземному типу почвообразования, представлены в основном черноземами обыкновенными и черноземами карбонатными разной степени смывности, лугово-черноземными почвами.

Для выявления эродированных почв применен индикаторный подход, основанный на чувствительности посевов озимой пшеницы к смывности почв. На полях изучена мощность почв разной степени смывности (от сильносмывных до намытых). Оценка состояния посевов озимой пшеницы проведена по данным вегетационных индексов. В качестве базового вегетационного индекса выбран NDVI, поскольку в ранних исследованиях установлена сильная автокоррелированность индексов NDVI, SAVI, LAI, FCOVER, FAPAR, CWC, CAB [3]. Для дистанционного мониторинга состояния культур использованы данные спутника Sentinel-2. На основе данных о рельефе (SRTM-1) определены такие показатели как: абсолютная высота, длина, крутизна и экспозиция склона, превышение над базисом эрозии.

При статистической обработке данных применен метод корреляционного анализа (модифицированный индекс Фехнера), метод разбиения многомерных пассивных экспериментальных данных на статистически однородные группы, метод наименьших квадратов с предварительной ортогонализацией факторов [1].

Проведен корреляционный анализ факторов, влияющих на мощность гумусового горизонта, таких как: абсолютная высота, крутизна склона, длина склона, экспозиция склона, вегетационный индекс NDVI. Корреляционный анализ показал наибольшую связь мощности гумусового горизонта вегетационным индексом NDVI ($r=0,71$) и крутизной склона ($r=-0,63$).

В пределах отдельных полей озимой пшеницы на локальном уровне применение вегетационного индекса NDVI в качестве индикатора смывости почв является перспективным. Так, на полях исследуемых хозяйств связь вегетационного индекса NDVI и крутизны склонов с мощностью почв варьировала в пределах $r=0,84-0,96$.

На региональном уровне применение вегетационного индекса NDVI в качестве индикатора для определения степени смывости почв имеет некоторые ограничения. Соседние поля озимой пшеницы могут иметь разные фоновые значения вегетационного индекса NDVI. Для решения проблемы неоднородности фоновых значений вегетационного индекса NDVI применена группировка сельскохозяйственных полей.

Для исследованных сельскохозяйственных полей рассчитана статистика растров по показателям вегетационного индекса NDVI и крутизны склонов. Определены средние значения NDVI ($X1$), значения 2 сигма NDVI ($X2$), средние значения крутизны склонов ($X3$). Статистические значения растров по вышеуказанным показателям объединены в многомерные однородные группы (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты группировки исследуемых сельскохозяйственных полей

k	Nk	№ полей	$X1$	$X2$	$X3$	Гран. групп	$U(G1, G2)$
1	3	11, 13, 14	0,469-0,533	0,607-0,628	1,5-4,5	1-2	13,89
2	6	16, 17, 18, 21, 24	0,559-0,673	0,648-0,717	1,5-2,9	2-3	13,66
3	4	2, 9, 20, 23	0,624-0,669	0,733-0,75	2,9-4,9	3-4	8,14
4	5	1, 7, 8, 10, 15	0,635-0,727	0,756-0,789	2,0-4,9	4-5	13,10
5	6	3, 4, 5, 6, 19, 22	0,703-0,807	0,792-0,827	1,5-4,5	—	—

Проверка устойчивости границ между группами, основанная на критерии $\chi^2_{табл}$ (5%; 3) = 7,81, позволяет признать правильность проведенной группировки данных, поскольку значения $U(G1, G2) > 7,81$ (табл. 1). Следовательно, границы между группами признаны значимыми.

Для установленных многомерных статистически однородных групп разработан ряд многофакторных математических моделей, позволяющих рассчитывать мощность почв на основании значений NDVI и крутизны склонов. Разработанные математические модели, адекватны, обладают высокой информационной емкостью (39,45-62,78%) и коэффициентом корреляции между наблюдаемыми и предсказанными значениями мощности гумусового горизонта почв ($r=0,85-0,90$).

Полученные математические модели применены на землях центральной части Григориопольского района, занятых в период 2017–2019 гг. посевами

озимой пшеницы. В результате на площади 16 490 га определена мощность гумусового горизонта почвы по дистанционным данным (рис. 1).

Рисунок 1 – Пространственное распределение мощности почв в центральной части Григориопольского района

По результатам дистанционной оценки на основе разработанной системы уравнений установлено, что доля несмытых и намытых почв в центральной части Григориопольского района составляет 67,52%, слабосмытых – 23,63%, среднесмытых – 6,70%, сильносмытых – 2,16%.

Результаты дистанционной оценки мощности гумусового горизонта почв сравнили с данными о доле эрозионно опасных земель, установленных по методу RUSLE в ранних исследованиях [2], данными почвенных исследований 2015 г. в примыкающем к изучаемой территории Новоаненском районе Республики Молдова (табл. 2).

Таблица 2 – Доля эродированных земель, определенная разными способами

Способ определения эродированности почв	Доля земель по степени эродированности, %			
	неэродированные	слабо-	средне-	сильно-
По методу RUSLE (доля эрозионно опасных земель) [2]	74,15	10,42	12,55	2,88
По данным почвенных исследований (Новоаненский район) [4]	62,48	22,81	10,09	4,62
Дистанционная оценка по предложенной системе уравнений	67,52	23,63	6,70	2,16

Сравнительный анализ доли эродированных земель, определенной разными способами, показал, что результаты дистанционной оценки мощности гумусового горизонта почв на основе предложенной системы уравнений вполне соответствуют данным почвенных исследований 2015 г. в примыкающем к изучаемой территории Новоаненском районе Республики Молдова. Результаты оценки доли эрозионно опасных земель, установленных по методу RUSLE, показали, что присутствуют значительные расхождения в доле эрозионно неопасных и слабо эрозионно опасных земель по сравнению с данными дистанционной оценки.

Таким образом, дистанционная оценка мощности гумусового горизонта почв на основе предложенной системы уравнений вполне соответствует данным почвенных исследований и может применяться для предварительной оценки степени смывости почв, при почвенной съемке.

Библиографический список

1. Долгов Ю. А. Статистическое моделирование: Учебник для вузов. – 2-е изд., доп // Тирасполь: Полиграфист, 2011. – 346 с.
2. Мунтян А.Н., Крутоус В.Е., Елифанова Н.В. Применение комплекса наземных и дистанционных показателей для изучения травянистых фитоценозов в условиях склонов // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: материалы VIII Междунар. науч. конф. Белгород, 22–25 октября 2019 г. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2019. – С. 302-306.
3. Мунтян А. Н. Оценка антропогенной деградации почв под влиянием эрозионных процессов с использованием геоинформационных систем и методов дистанционного зондирования Земли (на примере левобережья Днестра) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – Т. 35. – №. 11 (232). Вып. 35. – С. 129-198.
4. Cadastrul funciar al Republicii Moldova la 1 ianuarie 2015. Agenția Relații Funciare și Cadastru a Republicii Moldova. – p. 983-985.

ЭРОДИРОВАННОСТЬ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ ЗАЩИТЕ

Соловиченко В.Д.¹, Логвинов И.В.¹, Ступаков А.Г.², Куликова М.А.²

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», г. Белгород¹

ФГБОУ ВО «Белгородский аграрный университет имени В.Я. Горина»²

E-mail: laboratoria.plodorodya@yandex.ru

Аннотация. Эрозия почв является основным деградационным процессом на территории Белгородской области. Площадь эродированных почв из общей площади 2713,4 тыс. га составляет 53,6%, из них слабосмытых 34,6%, среднесмытых 13,3%, и сильносмытых 5,7%. Приведена визуальная диагностика определения степени смыва почв. Разработаны рекомендации по защите почв от водной эрозии.

Ключевые слова: эрозия почв, диагностика смыва, рекомендации защиты почв, картографический материал, категории земель, адаптивно-ландшафтная система земледелия.

Повышенному вниманию к проблеме сохранения почвенного покрова для будущих поколений на Земле призывают всемирные воззвания и хартии. Так, международная организация по продовольствию (ФАО) приняла в 1982 году Всемирную хартию Почв, в которой призвала правительства всех стран рассматривать почвенный покров как всемирное достояние человечества.

Повсеместно в мире проявляются деградационные процессы почв – необратимые антропогенные изменения их агрофизических, физико-химических и биологических свойств. Это ведёт к невозможности выполнения в полной мере почвами их экологических и производственных функций.

Особое внимание требуют наиболее уязвимые почвы – чернозёмы. Несмотря на то, что чернозёмы занимают всего лишь 6% территории России, на их долю приходится 40% получаемой с.-х. продукции.

Территория Белгородской области (2713,4 тыс. га, в том числе пашни 1654 тыс. га) включает лесостепную и степную почвенные зоны. Лесостепная зона (около 75% площади) состоит из Украинской и Среднерусской лесостепных провинций. Почвенный покров области представлен большим разнообразием почв: выделено 10 типов, 18 подтипов, 37 родов и 320 видов и разновидностей [1, 2].

Общая площадь чернозёмов в Белгородской области составляет 2090,8 тыс. га, или 77,1% от всей территории области, а в пашне чернозёмов 1513,8 тыс.га, 91,5% [2]. Среди чернозёмов преобладают типичные (31,7%), выщелоченные (19,1%) и обыкновенные (8,7%). Значительную площадь области занимают овражно-балочные почвы – 435,9 тыс. га, или 16%, что свидетельствует о развитости процессов водной эрозии. Меньшее распространение получили серые лесные почвы (12,1%). На долю остальных почв – луговых, пойменных и болотных – приходится 6,3% площади области.

Эрозия почв является основным деградационным процессом на территории Белгородской области. К основным факторам, способствующим её развитию, относятся склоновая часть рельефа (около 72% своей площади), сильная

расчлененность овражно-балочной сетью (около 1,5 км/км²), ливневый характер выпадения осадков, высокая распаханность, слабая облесённость, невысокая культура земледелия.

Эрозия почвы – это разрушение, смыв и выдувание верхнего слоя гумусового горизонта, что приводит к уменьшению мощности почвенной толщи, снижению содержания гумуса, элементов питания, ухудшению водно-физических свойств, т.е. потере плодородия и, как следствие, снижению урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшение экологии окружающей среды [3].

На территории области площадь, занятая эродированными почвами, составляет 53,6% всей площади. В их числе слабосмытые составляют 938,8 тыс. га (34,6%), среднесмытые – 360,9 тыс. га (13,3%), сильносмытые – 154,7 тыс. га (5,7%) [3, 4].

Почвенный профиль пахотных несмытых чернозёмов имеет следующую мощность генетических горизонтов (см): А 0 – 40(50), В 40(50)-80 (90), ВС 80(90)-130(150), С 130 (150) и ниже. Мощность гумусового горизонта слабосмытых почв сокращена по сравнению с несмытыми на 10-20 см, у среднесмытых – 30-40 см и сильносмытых более 50 см.

Визуальная диагностика определения степени смыва почвы непосредственно в поле основывается на учете *экспозиции, крутизны склонов и окраски верхнего слоя почвы* [4, 5].

Несмытые почвы на территории Белгородской области сформировались на платообразных повышенных элементах рельефа. Они занимают верхние, выровненные части водоразделов (плато), склоны северных экспозиций крутизной до 2°, южных – не более 1°, а также террасы и поймы рек. Средне- и сильносмытые почвы сформировались на склонах только южных экспозиций. На склонах северных экспозиций встречаются в основном слабосмытые виды почв.

Дополнительным критерием определения степени смыва почвы является окраска ее верхнего слоя. Если поверхностный слой на склоне имеет цвет аналогичный тому, что и на водораздельной части (плато), т.е. тёмно-серый без буроватости, то такая почва несмытая. На слабосмытых почвах в связи с укороченностью гумусового горизонта припахивается его нижняя часть, имеющая серо-бурый цвет. В этом случае в верхнем слое прослеживается буроватая окраска. У средне- и сильносмытых почв, а они залегают, как правило, на южных склонах крутизной более 3-5°, смыта большая часть гумусового горизонта. У сильносмытых практически полностью смыт гумусовый горизонт и в пахотный слой вовлекается переходной к материнской породе горизонт жёлто-бурого или белесого цвета. Отсюда у сильносмытых чернозёмов и серых лесостепных почв верхний слой имеет жёлто-бурую окраску, а у остаточно-карбонатных меловых почв – серовато-белесую.

Основная часть эродированных почв подвержена смыву в слабой степени. Слабосмытые почвы в пашне составляют 35,1%. На долю среднесмытых почв приходится 8,2%, а сильносмытые не превышают 3,6%.

Наиболее эродированные почвы встречаются в восточных и юго-восточных районах области. Здесь площади эродированных почв занимают 50-65 и более процентов, что уже является кризисной опасностью.

В западных и северо-западных районах области эрозия выражена значительно слабее. Площадь смытых почв здесь варьирует в пределах 23-30%.

На смытых почвах в связи с падением их плодородия заметно ухудшаются многие свойства и режимы почв, что снижает их плодородие и приводит к падению урожайности культур. Так, урожайность сельскохозяйственных культур снижается на слабосмытых в сравнении с несмытыми – на 30-40 и сильносмытых – более 50%, т.е. пропорционально степени смыва.

По сравнению с несмытыми распаханнами почвами содержание гумуса, основного фактора плодородия почв, сокращается в пахотном слое серых лесостепных почв у слабосмытых почв в 1,2 раза, среднесмытых – в 1,5 раза и сильносмытых – в 2 и более раза. Черноземы имеют более мощный гумусовый горизонт и высокое содержание гумуса в нем. Однако сокращение содержания гумуса в пахотном слое у них при смыве также сильно выражено: на слабосмытых черноземах содержание гумуса уменьшилось в 1,1-1,2 раза, среднесмытых – в 1,4-1,6 и больше у сильносмытых – в 1,8-1,9 раза.

Важнейшей задачей земледельческой науки и работников сельского хозяйства Белгородской области является разработка и повсеместное внедрение ландшафтной почвозащитной биологической энергосберегающей системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории.

В настоящее время разработан комплекс мероприятий по защите почв от эрозии. Он включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные, гидротехнические и лугомелиоративные мероприятия, что является составными частями адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

Исходной картографической основой для проведения таких мероприятий являются почвенные и топографические карты, аэрокосмические снимки, картограммы эродированности почв и крутизны склонов.

Использование смытых и эрозионноопасных земель должно базироваться на принципах почвозащитной и энергосберегающей ландшафтной системы земледелия, основу которой составляет контурно-мелиоративная организация территории.

В качестве примера проведения комплекса мероприятий по защите почв от эрозии представлен фрагмент территории ООО «РусАгро-Инвест» Шебекинского района Белгородской области (рис. 1).

При почвенно-эрозионном обследовании ООО «РусАгро-Инвест», на площади 22,2 тыс. га составлены в масштабе 1:25 000 карты крутизны склонов, эрозии почв и противоэрозионных мероприятий, где выделены на склоновой части водоразделов и балочной сети почвы разной крутизны и степени эродированности слабо-, средне- и сильносмытые. Всего подверженных эрозии почв на территории обследуемой площади хозяйства 8850 га (39,8%), из них слабосмытых 6485 га (29,2%), средне- и сильносмытых 2365 га (10,6%) Эрозион-

ноопасные почвы (почвы с признаками возможного проявления эрозии) расположены на склонах крутизной свыше 1° и занимают площадь 5262 га (23,7%).

Рисунок 1 – Фрагмент карты эрозии и противоэрозионных мероприятий ООО «РусАгро-Инвест» Шебекинского района Белгородской области

Всего на обследуемой территории по интенсивности проявления водной эрозии выделено на пашне и кормовых угодьях 6 категорий земель, по которым предложены основные рекомендации по производственному использованию, защите от эрозии, повышению плодородия почв и охране экологических условий окружающей среды.

А. Земли пашни

I Категория земель (4558 га; 20,5%). Несмытые почвы на плато и склонах водоразделов крутизной не более 1° .

Рекомендации. Адаптивно-ландшафтная система земледелия: зернотравянопропашные и зернопаропропашные с сидеральным паром севообороты, комбинированная обработка, не исключая нулевой с созданием на поверхности мульчирующего слоя из органических остатков, проводить поукосные, пожнивные посевы трав и сидеральных культур, интенсивное внесение удобрений, особенно органических (навоз, животноводческие стоки, птичий помет). Известкование кислых почв. Создание сети полезащитных лесополос. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и регулирование снеготаяния.

II Категория земель (5262 га; 23,7%). Эрозионноопасные почвы склонов

крутизною 1-3°.

Рекомендации. Адаптивно-ландшафтная система земледелия: зернотравянопропашные севообороты, комбинированная, не исключая нулевой и минимальной обработки почвы с созданием на поверхности мульчирующего слоя из органических остатков, практиковать поукосные, пожнивные посевы трав и сидеральных культур, внесение удобрений (особенно органических). Обработки и уход за посевами проводить строго поперек склона. Известкование кислых почв. Создание сети полевых водорегулирующих лесополос. Эффективно щелевание посевов озимой пшеницы и многолетних трав. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и регулирование снеготаяния.

III Категория земель (5697 га; 25,6%). Слабосмытые почвы склонов крутизною свыше 3°.

Рекомендации. Адаптивно-ландшафтная система земледелия: зернотравянопропашные севообороты, комбинированная, не исключая нулевой и минимальной обработки почвы с созданием на поверхности мульчирующего слоя из органических остатков. Практиковать поукосные, пожнивные посевы трав и сидеральных культур, внесение удобрений (особенно органических). Недопустимо возделывание пропашных культур на склонах свыше 3°. Обработки и уход за посевами проводить строго поперек склона. Известкование кислых почв. Залужение ложбин стока. Создание сети полевых водорегулирующих лесополос. Щелевание посевов озимой пшеницы и многолетних трав. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и регулирование снеготаяния.

IV Категория земель (1235 га; 5,6%). Средне- и сильносмытые почвы склонов крутизною 3-5°.

Рекомендации. Зернотравяные и травяные севообороты. Нулевая, минимальная обработки почвы с созданием на поверхности мульчирующего слоя и постоянного травяного покрова, проводить пожнивные посевы трав и сидеральных культур. Обработки и уход за посевами проводить строго поперек склона. Внесение удобрений. Эффективно щелевание. Создание сети водорегулирующих лесополос. Сильносмытые с выходами пород почвы исключить из пашни и залужить. Защита культур от сорняков, вредителей и болезней. Снегозадержание и водорегулирование.

Б. Земли кормовых угодий.

V Категория земель (1385 га; 6,2%). Эрозионноопасные и слабосмытые почвы балок крутизною склонов до 10°.

Рекомендации. Пастбище- и сенокосообороты. Не использовать в пашне. Улучшение травостоя: консервация, подсев злаково-бобовых многолетних трав и культур-медоносов, внесение удобрений, регулированный выпас скота. Вершины балок и склоновых оврагов обваловать и облесить, а при необходимости построить гидротехнические сооружения. Создание сети водозадерживающих лесополос. Организация зон отдыха и челоупарков.

VI Категория земель (1530 га; 6,9%). Средне- и сильносмытые и размываемые

склоны балок крутизной свыше 10°.

Рекомендации. Пастбищеобороты. Улучшение травостоя: консервация, выборочный подсев злаково-бобовых трав и культур-медоносов, запрет выпаса скота. Вершины балок и склоновых оврагов обваловать и облесить, а в местах интенсивных водотоков построить гидротехнические сооружения. На сильноосмытых и размываемых почвах с выходами пород провести сплошное или куртинное облесение. Организация зон отдыха и пчелопарков.

Только комплексное применение противоэрозионных мероприятий может обеспечить надёжную защиту почв от эрозии.

Библиографический список

1. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. - Белгород: «Отчий край», 2013. – 371 с.
2. Кирюшин В.И., Лукин С.В., Соловиченко В.Д., Мельников В.И. Белгородская модель адаптивно-ландшафтного земледелия. – Белгород, изд-во «Константа», 2019. – 269 с.
3. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьбе с ними – М., 1960. – Т 2 – 248 с.
4. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2014. – 113 с.
5. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров Поосколья В кн. Поосколье.-Воронеж, 1980. – С. 18-26.
6. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Методика проведения почвенно-эрозионного обследования склоновых земель Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2014. – 43 с.

УДК 631.459.2

ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТА

Подлесных И.В.

ФГБНУ Курский Федеральный аграрный научный центр

Курский ФАНЦ, Курск

E-mail: *podlesnich_igor@rambler.ru*

Резюме. *Противоэрозионная организация территории приводит к стабилизации разрушающего действия поверхностных вод улучшает водный баланс территории, сокращается смыв почвы, повышается плодородие почвы, что приводит к росту урожайности возделываемых культур.*

Ключевые слова: *агроландшафт, склоновые земли, эрозия почв.*

Повсеместная распашка земель даже расположенных на склонах привела к ликвидации на поверхности почв естественной растительности, которая на протяжении столетий являлась естественным сдерживающим фактором в борьбе с проявлением эрозии как в весенний период от таящих запасов снега, так и от проливных дождей в начале лета.

Эрозионная устойчивость почвы подверженной постоянной обработке резко снижается, теряется впитывающая способность, в почве преобладают пылеватые частицы, формируется поверхностный сток агротехнического происхождения, который вызывает ускоренную эрозию. Эрозия почв - сложный процесс, который протекает в результате взаимодействия природных и антропо-

погенных факторов. Для приостановки такого явления необходимо разрабатывать комплексные противоэрозионные мероприятия связанные с ландшафтными особенностями территории, на которых они проявляются. Впервые идею такого комплексного подхода, но с целью борьбы с засухой выдвинул В. В. Докучаев. А вот для борьбы с водной эрозией почв идею комплексного подхода с охватом целых водосборов выдвинул в 20-х годах XX в. А. С. Козменко. Он первый предложил для борьбы с оврагами систему мер не только на самих оврагах, но и главным образом на всем водосборе.

Для рационального использования склоновых земель в хозяйствах ЦЧР со сложным рельефом и наличием эродированных почв, для повышения продуктивности пашни необходимо создание устойчивых агроландшафтов и проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ), важнейшим элементом которых является противоэрозионная организация территории.

Более 60% пашни в ЦЧР расположено на склонах разной крутизны и около 21% из них подвержено водной эрозии [1], на долю пашни приходится 23,8% эродированных земель [2].

В таких условиях без принятия противоэрозионных мер в агроландшафтах можно в итоге активной сельскохозяйственной деятельности остаться с малопродуктивными землями, обработка которых не будет покрыта стоимостью полученного урожая. Противоэрозионная организация территории агроландшафтов и направлена на то, чтобы снизить до допустимых пределов сток талых и ливневых вод и смыв почвы, что стабилизирует экологическую обстановку, создаст условия для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Естественно, предложения по организации территории должны пройти научную апробацию и подтверждение и только потом могут быть рекомендованы в широкое применение.

Во многих научно-исследовательских учреждениях страны закладывались опыты по противоэрозионной организации территории, но они были на небольших территориях и на сегодняшний день исследования на них либо полностью свернуты и переориентированы, либо проводятся на небольших площадях. И только в ФГБНУ Курский «ФАНЦ» эта работа продолжается вот уже на протяжении более 38 лет на опыте по контурно-мелиоративному земледелию, на площади более 146 га пашни.

Опыт был заложен в 1982 году и на сегодняшний день изучается 3 варианта противоэрозионной организации территории на склоновых землях. Вариант 1 (контроль) без противоэрозионных мероприятий с тремя экспозиционными склонами, вариант 2 – в качестве противоэрозионного мероприятия выступает расположенная по контуру узкая 2-х рядная лесная полоса с канавой между деревьями, и вариант 3, где наравне с узкой лесной полосой и канавой в междурядье на пашне располагаются напашные валы-террасы с обрабатываемыми склонами рисунок 1.

Проводя длительные исследования, мы пришли к выводу, что противоэрозионная организация территории положительно сказывается на урожайности возделываемых культур. Рост по озимой пшенице составляет от 11 до 19% [3].

Рисунок 1 – Схема устройства территории стационарного опытного участка по оценке противоэрозионной организации территории

Конечно, в сегодняшней экономической ситуации вкладывание крупных денежных средств в лесомелиоративные и гидротехнические сооружения, может позволить себе не каждое сельскохозяйственное предприятие, да и еще их придется постоянно поддерживать в рабочем состоянии. Поэтому для борьбы с проявлениями эрозионных процессов в агроландшафте можно использовать менее затратные мероприятия, такие как: 1. агроприемы (глубокая вспашка, щелевание, кулисы, полосные посевы) проводимые по контуру или поперек склона;

2. кормовые севообороты на уклонах не более 5° ;

3. почвозащитные севообороты или лугомелиоративные мероприятия на уклонах более 5° .

Библиографический список

1. Ванин, Д.Е. Методические рекомендации по проектированию комплексов противоэрозионных мероприятий на расчетной основе/ Д.Е. Ванин, Г.П. Сурмач, И.П. Здоровцов и др. – Курск. – РАСХН и ВНИИЗиЗПЭ, 1985. – 167 с.
2. Турусов В.И., Гармашов В.М., Богатых О.А., Дронова Н.В., Михина Т.И. Схемы чередования сельскохозяйственных культур для севооборотов эрозионно-опасных агроландшафтов Центрального Черноземья // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 10(52). – Часть 4. – С. 164-166.
3. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Роль лесогидромелиоративного комплекса в снижении эрозионно-гидрологических процессов и повышении продуктивности пашни // сборник трудов Международной научно-практической конференции Волгоград 18-20 октября 2018 года. Волгоград, 2018. – С. 414-417.

УДК 630*233

ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Галстян Н.В., Навалихин С.В., Обухов Ю.А., Кулынтаев Т.С.
СПбГЛТУ, РФ, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5
E-mail: 6423487@mail.ru

Резюме. Были проведены исследования протекания эрозии на отработанных песчаных карьерах методом искусственного дождевания. Установлено, что при увеличении крутизны склона количество жидкого и твердого стока увеличивается в 2-4 раза.

Summary. Studies were conducted on the occurrence of erosion in spent sand pits using the method of artificial sprinkling. It was found that with an increase in the steepness of the slope, the amount of liquid and solid runoff increases by 2-4 times.

Введение. Интенсивность постройки зданий и объектов инфраструктуры в Санкт-Петербурге не снижаются даже в условиях кризиса. Нарушенные добычей полезных ископаемых земли образуют техногенные ландшафты. В силу низкого или полного отсутствия элементов минерального питания они плохо зарастают растительностью и подвержены сильной эрозии и дефляции. В результате чего оказывают негативное влияние на окружающую среду не только близлежащих городов и населенных пунктов, но и региона в целом. Изучение механизмов протекания эрозионных процессов позволит своевременно спланировать мероприятия для снижения их интенсивности или предотвращения.

Объекты Исследования проводились на отработанном песчаном карьере, расположенном в 29 квартале Полянского участкового лесничества Рощинского районного лесничества площадью 5,3 га. В силу неровного рельефа, под действием осадков и весеннего снеготаяния, начался процесс оврагообразования.

Методика. Практические работы по изучению эрозии опирались на использование метода искусственного дождевания небольших (микростоковых 0,25 м.кв) площадок [1,2]. Он позволяет имитировать дожди различные по продолжительности, интенсивности и повторности, для ускорения познания протекания процессов эрозии. Количество жидкого стока – объемным способом; количество твердого стока – методом взвешивания, сухого фильтрования;

Результаты. Под противоэрозионной устойчивостью грунтов следует понимать их способность противостоять разрушающему воздействию воды. Устойчивость грунтосмесей обуславливается комплексом биохимических, химических, физико-химических, водно-физических и механических свойств.

Связность грунтов определяет устойчивость их по отношению к размывающему действию воды.

Таблица 1 – Связность песчаного грунта на различных частях склона и глубине

Часть склона	Показания твердомера в кг/см ² на глубинах, см					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
Верхняя	2	4	4	6	5	6
Средняя	2	3	4	6	6	4
Нижняя	4	4	9	8	8	8

Из данных таблицы 1 видно, что песок практически не имеет связности и не зависит от глубины и части склона. Для сравнения, связность зональных почв увеличивается с глубиной в пределах 25-72 кг/см².

При искусственном дождевании микростоковых площадок установлено, что на участках карьеров с уклоном откосов до 10° при выпадении осадков интенсивностью 0,5-1,0 мм/мин., через 3,1 мин. образуется сток с коэффициентом 0,07. Смыв с 1 га в пределах 2,1-2,9 т (таб. 2).

Таблица 2 – Характеристика стока при различной интенсивности осадков и уклоне откоса

№ п/п	Уклон откоса, °	Интенсивность до- ждя, мм/ мин.	Сток					Концентрация твер- дого стока, г/лит.	Смыв, т/га ± m		
			Время начало, мин.	Объем, мм	Коэффициент, м ± m						
1	2	3	4	6	7			8	9		
1	<10	0,5...1,0	3,1	2,2	0,07	±	0,01	110,03	2,5	±	0,40
		1,5...2,0	0,9	2,8	0,09	±	0,01	275,25	7,9	±	1,43
2	10...20	0,5...1,0	1,1	1,7	0,05	±	0,01	358,95	5,9	±	0,94
		1,5...2,0	0,5	3,6	0,11	±	0,01	315,81	11,3	±	1,64
3	>20	0,5...1,0	0,5	5,0	0,16	±	0,02	225,84	11,3	±	1,63
		1,5...2,0	0,4	10,4	0,33	±	0,04	201,1	20,9	±	2,68

При увеличении интенсивности дождя до 1,5-2,0 мм/ мин. на откосах с тем же уклоном время стокообразования уменьшилось на 2,1 мин. Коэффициент стока составил 0,09, что в 1, 3 раза больше, чем при интенсивности дождя 0,5-1,0 мм/мин. Смыв песка с поверхности в среднем 7,9 т/га, что в 3,2 раза больше, чем при интенсивности дождя 0,5-1,0 мм/мин.

При уклоне песчаных откосов 10-20° на песчаных отвалах осадки интенсивностью 0,5-1,0 мм/мин. через 1,1 мин. образуют сток с коэффициентом 0,05. Это на 2 мин. быстрее, чем при той же интенсивности дождя с отвала уклоном до 10°. Масса смываемого песка в пределах 5,9 т/га.

Осадки интенсивностью 1,5-2,0 мм/мин., при том же уклоне 10-20° через 0,5 мин. образуют сток с коэффициентом 0,11, что на 0,4 мин. быстрее и в 1,2 раза больше, чем при уклоне до 10°. Смыв песка составляет 11,3 т/га, что в 1,7 раза больше, чем при интенсивности дождя 0,5-1,0 мм/мин. на отвалах с тем

же уклоном, и в 1,3 раза больше, чем при той же интенсивности осадков с отвала уклоном до 10°.

С уклоном откосов более 20° осадки интенсивностью 0,5-1,0 мм/мин. образуют сток на 0,6 мин. быстрее, чем на отвалах с уклоном 10-20° и на 2,4 мин. быстрее, чем на отвалах с уклоном до 10°. Количество жидкого стока в 0,5-1,0 раза больше, чем при уклоне 10-20° при той же интенсивности дождя. Смыв песка с 1 га в 1,9 раза больше, чем при той же интенсивности осадков с участков уклоном 10-20° и в 4-5 раза больше, чем при уклоне до 10°.

Графики зависимости степени эрозии от интенсивности осадков имеют вид полиномиальной функции (рис. 1).

Рисунок 1 – Графики зависимости количества стока от интенсивности осадков при различном уклоне поверхности

Таким образом, можно констатировать, что участки отработанных песчаных карьеров подвержены водной эрозии в значительной степени.

Смыв песчаных грунтов на участках с уклоном более 20° в 4 раза больше, чем при уклоне до 10° и в 1,9 раза больше, чем на участках с уклоном 10-20°.

При увеличении интенсивности осадков в 2 раза количество стока и смыва увеличивается на 90-250% в зависимости от крутизны склона.

Выводы.

1. В силу низкой связности песчаные грунты в сильной степени подвержены процессам эрозии.
2. Смыв песчаных грунтов на участках с уклоном более 20° в 4 раза больше, чем при уклоне до 10° и в 1,9 раза больше, чем на участках с уклоном 10-20°. При увеличении интенсивности осадков в 2 раза количество стока и смыва увеличивается на 90-250%, в зависимости от крутизны склона.
3. Снизить интенсивность эрозионных процессов, а в последующем и полностью предотвратить, можно путем создания защитных лесных насаждений и проведения инженерно-биологических мероприятий противоэрозионного назначения.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат. – 1975. – 88 с.
2. Трегубов П. С. Методы исследований эродированных почв [Текст] : обзор. информ. / П. С. Трегубов, В. И. Шурикова. – М., 1982. – 46 с.

УДК 631.559:633.11

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В ЭРОЗИОННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Михайленко И.И., Смирнова Л.Г., Евдокименкова М.И.

ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», г. Белгород

E-mail: ira-mik86@yandex.ru

Резюме. Приводятся многолетние экспериментальные данные о динамике запасов продуктивной влаги в почве в поверхностном и метровом слоях. Выявлена зависимость запасов влаги от климатических условий в период вегетации, фактора мезорельефа и агрофона.

Ключевые слова: фактор мезорельефа; продуктивная влага; озимая пшеница.

Abstract. Long-term experimental data on the dynamics of productive moisture reserves in the soil in the surface and meter layers are presented. The dependence of moisture reserves on climatic conditions during the growing season, mesorelief factor and agricultural background was revealed.

Keywords: factor of mesorelief; productive moisture; winter wheat.

Почвенной влаге принадлежит важнейшая роль. Влага в почве выступает и как терморегулирующий фактор, в значительной степени определяя тепловой баланс почвы и ее температурный режим. Исключительно велика ее роль в плодородии почвы, в обеспечении условий жизни растений, поскольку почва является главным, а во многих случаях и единственным источником воды для произрастающих на ней растений [1]. Целью работы являлся анализ пространственных и временных вариаций динамики запасов продуктивной влаги в почве на посевах озимой пшеницы.

Полевые исследования проводили на базе ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» с 2010 по 2019 год. Опытный участок организован на основе адаптивно-ландшафтного подхода. Он был развернут на прямом склоне южной экспозиции в микроне крутизной 1-3°, в условиях склона крутизной 3-5° и на плакоре. Повторность опыта шестикратная. Площадь одной делянки 10 м². Размещение делянок поперек склона. Минеральные удобрения вносили в соответствии со схемой опыта: 1) N₆₀P₆₀K₆₀, 2) без удобрений.

Почвенный покров участка на плакоре представлен черноземом типичным среднегумусным среднесильным глинистым. Почвы склона крутизной 1-3° – черноземом типичным малогумусным среднесильным слабосмытым тяжелосуглинистым. В нижней части склона крутизной 3-5° – чернозем типичный малогумусный маломощный среднесмытый тяжелосуглинистый.

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с помощью программ MS Excel 2010 и Statistika 10.

Характеристика метеорологических условий составлена в соответствии с гидротермическим коэффициентом конкретного года исследования [2]. Достаточно увлажненный период отмечался в 2016 и 2018 году (ГТК=1,1 и 1,2). Остальные годы сопровождались либо недостаточным увлажнением (в 2011, 2012 и 2014 году) либо были засушливыми (2010, 2013, 2015 и 2019 гг.). По имеющимся данным в 2017 году отмечен сухой период вегетации (ГТК 0,46) (рис. 1).

Рисунок 1 – Гидротермические коэффициенты за 2010-2019 гг.

В среднем за годы исследования выявлено, что запасы продуктивной влаги изменялись в зависимости от климатических условий в период вегетации, фактора мезорельефа и агрофона.

Из рисунка 2 видна зависимость запасов продуктивной влаги от среднемесячной температуры воздуха и суммы выпавших атмосферных осадков за период вегетации. Тренд выглядит таким образом, что наибольшие запасы влаги формируются и аккумулируются либо при низкой температуре воздуха (18-18,5°C), либо при высоком количестве выпавших осадков (300-450 мм).

Рисунок 2 – Пространственно-временное распределение запасов влаги с учетом климатических параметров (2010-2019 гг.)

На распределение запасов влаги в метровом слое почвы оказал влияние фактор мезорельефа. Наибольшие запасы влаги формировались в микрозоне склона крутизной 1-3° (90,3-151,5 мм), а наименьшие – в микрозоне склона крутизной 3-5° (15,1-95,5 мм) (рис.3). Причиной такого распределения является неоднородность климатопа каждой из выделенных агроландшафтных микрозон. Хорошие запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы находятся в пределах 130-160 мм [3]. Следовательно, в выделенной микрозоне склона крутизной 1-3° и на плакоре наблюдались удовлетворительные запасы влаги (средние значения составили 121,6 и 100,9 мм соответственно). В нижней части склона крутизной 3-5° сформировались недостаточные запасы влаги (65,2 мм). Внесение удобрений способствовало снижению влаги в почве, в средние значения составили 113 и 46,6 мм.

Рисунок 3 – Динамика запасов продуктивной влаги (мм) в слое 0-100 см в зависимости от орографических условий (2010-2019 гг.)

Таким образом, представленная модель пространственно-временного распределения запасов влаги отражает влияние на них климатических параметров. Установлена динамика запасов влаги в зависимости от орографического фактора и агрофона. Изменение агрофона в условиях эрозионных ландшафтов значительно повлияло на запасы продуктивной влаги, особенно, в годы с засушливым периодом вегетации.

Библиографический список

1. Александрова Л.Н., Новицкий М.В., Колодка В.П. Состав органических веществ и их значение в процессах гумификации // Актуальные вопросы изучения почв и почвенного покрова Нечерноземной зоны. – 1984. – С. 45-54.
2. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. В кн.: Мировой агроклиматический справочник. – Л. – М., 1937. – С. 245-247.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ДОЖДЕВОЙ ЭРОЗИИ

Прущик А.В.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: *model-erosion@mail.ru*

Резюме. *Представлена возможность применения дождевальной установки для изучения дождевой эрозии на примере парового поля и посевов сахарной свеклы.*

Abstract. *The possibility of using a rainfall simulator to learn rain erosion on the example of a ploughland and sugar beet crops is presented.*

Физическое моделирование дождевых осадков с применением дождевальных установок различных конструкций широко используется в мире. Популярность дождевальные установки (ДУ) для моделирования дождевой эрозии завоевали благодаря быстрому получению экспериментальных данных при моделировании необходимой интенсивности дождя, агрофона и т.д. Использование ДУ началось еще в сороковых годах прошлого столетия. Практически за восемьдесят лет конструкции и размеры ДУ претерпели значительные изменения, увеличилась мобильность установок, стабильность дождя, создаваемого установкой, определены критерия подобия для естественных и искусственных дождей, что позволило использовать полученные экспериментальные данные для расчетов при выпадении подобных естественных дождей [1-4].

Для создания искусственного дождя в полевых условиях использовали лабораторно-полевую дождевальную установку, разработанную в лаборатории Защиты почв от эрозии ФГБНУ «Курский ФАНЦ» [5].

Для изучения влияния различной степени проективного покрытия растений на защиту поверхности почвы от смыва почвы в качестве контроля использовали чистый пар. Дождевальную установку подвешивали на высоте 2 м над стоковой площадкой. С ветреной стороны закрепляли полог, который защищал капли от сдувания. Во время проведения дождевания установку слегка покачивали. При жестком креплении установки над площадкой капли будут попадать в одно и то же место и выбивать лунки, что приведет к неравномерному орошению поверхности почвы.

Перед началом орошения исследуемой площадки, ее укрыли водонепроницаемой пленкой и провели дождевание для определения интенсивности дождя. Конструкция, используемой нами ДУ, позволяет регулировать интенсивность, если перед исследователями стоит такая необходимость. Определение интенсивности дождя определялась подобным образом и в конце дождевания. Отклонение интенсивности дождя при дождевании в течении часа не превышает 3%.

Затем с поверхности почвы снимали пленку, отсекали время начала дождя. Отмечали время начала стока, каждую минуту отбирали пробы воды, взвешивали. Воды выливали на фильтр для дальнейшего высушивания и

определения количества смытой почвы.

По данной методике проводили дождевания для всех изучаемых вариантов.

Затем по полученным данным можно рассчитать эрозионную характеристику дождя, построить зависимости кумулятивного смыва почвы, интенсивности впитывания от эрозионного индекса дождя.

Для определения различных химических веществ (биогенных элементов, тяжелых металлов) собранную стекающую с поверхности почвы воду собирают в специальные емкости, фильтруют или же очищают на центрифуге и проводят необходимые химические анализы.

Дождевание проводили при интенсивности дождя $1,80 \pm 0,01$ мм/мин в течение 30 минут до установившегося впитывания. Высота падения капель – 2 м.

На рисунке 1 представлено состояние поверхности почвы после дождевания на разных агрофонах.

Рисунок 1 – Поверхность почвы после дождевания: пар и посеvy сахарной свеклы

При дождевании растения сахарной свеклы давали небольшой процент проективного покрытия. Однако, на посевах сахарной свеклы кумулятивный смыв почвы меньше, чем на паровом поле, что наглядно представлено на рисунке 2.

Сток на посевах сахарной свеклы начался через 4,30 минуты, а на пару – через 5,45 мин.

Рисунок 2 – Зависимость кумулятивного смыва почвы от эрозионного индекса дождя на разных агрофонах

Используя метод дождевания стоковых площадок, возможно оценить риски развития эрозионных процессов для разной степени проективного покрытия почвы при различной интенсивности дождя.

Библиографический список

1. Соболев Н.В., Габбасова И.М., Комиссаров М.А. Влияние различной интенсивности дождей и крутизны склонов на развитие эрозии почв в Южном Предуралье (модельный опыт) // Почвоведение. – 2017. – № 9. – С.1134-1140.
2. Демидов В.В., Шульга П.С., Есафова Е.Н., Абдулханова Д.Р., Полубнев А.А. Лабораторная дождевальная установка / Патент на полезную модель 171157 РФ. Бюллетень Изобретений. – 2017. – № 15.
3. Norton L.D., Savabi R. Evolution of a linear variable intensity rainfall simulator for surface hydrology and erosion studies // Applied engineering in agriculture. – 2010. – Vol. 26. – No 2. – P.239-245.
4. Saber A.N., Somjunyakul P., Ok J., Watanabe H. Rainfall–Runoff Simulation of Radioactive Cesium Transport by Using a Small-Scale Portable Rainfall Simulator. // Water Air Soil Pollution. – 2019. – Vol. 226. – P. 230-245. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4268-9>.
4. Вытовтов В.А. Сухановский Ю. П., Санжарова С.И., Прущик А.В., Соловьева Ю.А. Лабораторно-полевая дождевальная установка / Патент на изобретение RUS 2519789. Бюллетень Изобретений. – 2014.

УДК 630*266:631.613:631.459.2:631.559

**ВЛИЯНИЕ ЛЕСОПОЛОС И ВАЛОВ-ТЕРРАС
НА ВОДНО-ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И УРОЖАЙНОСТЬ
КУЛЬТУР НА СКЛОНАХ В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Тарасов С.А., Подлесных И.В., Зарудная Т.Я.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: sergejtarasov1989@mail.ru

Резюме. Представлены результаты многолетних исследований, характеризующие влияние лесных полос, усиленных гидротехническими сооружениями в виде водоулавливающих канав и водозадерживающих валов-террас, на снижение интенсивности проявления водной эрозии почв на водосборах со сложным рельефом, и на повышение урожайности сельскохозяйственных культур в севооборотах.

Ключевые слова: лесные полосы, водоулавливающие канавы, водозадерживающие валы-террасы, водная эрозия почв, урожайность культур.

Summary. The results of many years of research are presented, characterizing the influence of forest strips, reinforced by hydraulic structures in the form of water-collecting ditches and water-retaining shafts-terraces, on a decrease in the intensity of soil erosion on catchments with a complex topography, and on an increase in crop productivity in crop rotation.

Key words: forest strips, water catching ditches, water-retaining shafts-terraces, water erosion of soils, crop yields.

Защита почв от водной эрозии остается важнейшей проблемой современного земледелия, эффективное решение которой позволит сохранить плодородие почв и в перспективе приумножать его на основе адаптивно-ландшафтного подхода. На склоновых землях необходимо использовать адекватную систему земледелия, которая позволит не только решать задачи производства растениеводческой продукции в необходимом количестве нужного качества, но и обеспечивать эффективное поглощение почвой талый и ливневых вод, исключать смыв почвенного покрова.

В настоящее время водная эрозия является наиболее распространенным, масштабным и разрушительным видом деградации почв [2]. В Центральном Черноземье на склоновых землях водная эрозия также является основной причиной снижения плодородия почв из-за смыва наиболее плодородного верхнего слоя. В условиях региона эрозионно-опасными являются около 39% от общей площади сельскохозяйственных угодий. Развитию водной эрозии способствует наличие значительных площадей сельскохозяйственных угодий на склоновых землях, а также преобладание почв с тяжелым гранулометрическим составом. Процесс гумусообразования и воспроизводства плодородия почв во временном интервале значительно отстает по масштабам от процессов потерь гумуса. Например, в течение года черноземы Тамбовской области теряют гумус в пределах 2000-3650 тыс. т, и образуют его только в пределах 10-20 тыс. т. Темпы накопления гумуса в почвах отстают от темпов его потерь в 100-200

раз [6]. Ущерб от водной эрозии обусловлен также не только снижением содержания гумуса в почвах, но и изменением в худшую сторону его фракционно-группового состава, а также потерями агрономически ценных свойств почв. Отмечается снижение доли фракций гуминовых кислот в составе гумуса, и возрастает доля фульвокислот, теряются элементы минерального питания в корнеобитаемом слое [1].

В пределах Центрального Черноземья в Курской области, наряду с Липецкой областью, потенциал проявления водно-эрозионных процессов на склоновых землях наиболее выражен. Это связано с тем, что в этих областях самая высокая степень распаханности территории, в том числе и на эрозионно-опасных площадях. Если в Белгородской, Воронежской и Тамбовской области степень распаханности территории составляет 59-61%, то в Курской и Липецкой областях – 65-66% [6]. По данным А.И. Стифеева и соавторов [4], в Курской области общая площадь эрозионно-опасных сельскохозяйственных территорий составляет 56,8%, из которых подвержены эрозии уже 22,6%. Последствиями водной эрозии является ежегодная потеря почвы в среднем до 4,5 т/га. По мнению Л.С. Трофимовой, И.А. Трофимова, Е.П. Яковлевой [6], в сложившихся условиях для предотвращения дальнейшей деградации почвенного покрова, необходимо в качестве средостабилизирующего компонента в агроландшафтах ЦЧР на 10-15% увеличить долю в структуре сельхозугодий пастбищ, сенокосов и лесов.

Мониторинг климатических изменений за последние десятилетия свидетельствует о том, что наблюдается выраженная тенденция потепления климата, которая отразилась и на проявлении процессов эрозии почв. Анализ показывает, что в зимний период повышенный температурный режим и частые оттепели способствуют тому, что глубина промерзания почв снижается, часть зимних осадков еще до наступления весны фильтруется в почву, и уменьшается вероятность проявления поверхностного стока талых вод и смыва почвы. Однако также наблюдается ярко выраженная тенденция увеличения количества выпадающих осадков из десятилетия в десятилетие. Такие изменения климата приводят к увеличению смыва почв в результате проявления ливневой эрозии, и возрастает вероятность внутрипочвенного стока, который на склоновых землях часто приводит к развитию оползневых процессов [7]. По данным И.Ф. Медведева, Н.Г. Левицкой, В.З. Макарова [5], за 30 лет сток талых вод на зяби снизился в 3,8 раза и на уплотненной пашне – в 5,7 раз, и смыв почвы уменьшился в 6,2 раза. Тем не менее, в 4,5 раза увеличилась интенсивность ливневой эрозии почв.

Для эффективной защиты почвенного покрова от деградации, в том числе и от водной эрозии, необходимо использовать комплекс взаимоувязанных и дополняющих друг друга организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических и других мероприятий в системе агроландшафтного, экологического и экономического подхода [3].

В системе контурно-мелиоративного земледелия эффективным приемом

защиты почв от водной эрозии являются лесные полосы, усиленные гидротехническими сооружениями. В условиях многофакторного стационарного опыта на базе водосборов с различным насыщением почвозащитными элементами в виде лесных полос и гидротехнических сооружений в период с 1988 по 2018 годы изучали их противоэрозионную эффективность, а также влияние на уровень урожайности культур почвозащитных севооборотов в пределах каждого водосбора. Двурядные тополевые лесные полосы усилены водоулавливающей канавой, сформированной в центре полосы между рядами деревьев. Напашные водозадерживающие валы-террасы размещены друг от друга на расстоянии 54 м, и имеют высоту в пределах от 0,4 до 0,5 м. В эксперименте изучали два варианта лесогидромелиоративных почвозащитных комплексов. Один из них представлен водосбором с лесными полосами, усиленными водоулавливающей канавой, и другой – водосбором также с лесными полосами и канавами, дополнительно усиленный валами-террасами. В качестве контроля использовался водосбор без элементов почвозащиты. Все водосборы характеризуются сложным рельефом, уклон склонов которых составляет от 0,1 до 8°.

Результаты учета стока талых вод и смыва почвы в пределах водосборов по вариантам опыта показаны в таблице.

Таблица – Влияние лесных полос и гидротехнических сооружений на проявление водно-эрозионных процессов и урожайность сельскохозяйственных культур

Водосборы	Сток талых вод, мм	Смыв почвы, т/га	Средняя урожайность культур севооборота, т/га*
Без противоэрозионных элементов	$\frac{18,0}{41,5}$	$\frac{0,18}{0,45}$	2,42
С лесными полосами и канавами	$\frac{9,1}{21,2}$	$\frac{0,09}{0,21}$	2,76
С лесными полосами, канавами и валами-террасами	$\frac{9,3}{18,6}$	$\frac{0,09}{0,23}$	2,82
В числителе – значения в среднем за все годы исследований (1988-2018 гг.), в знаменателе – значения в среднем за годы, с проявлением стока или стока и смыва почвы. * Урожайность приведена в зерновых единицах			

Установлено, что в среднем за период наблюдений продолжительностью более 30 лет лесные полосы, усиленные гидротехническими сооружениями, на водосборах со сложным рельефом обеспечивали снижение стока талых вод и смыв почвы в 2 раза, в сравнении с водоразделом без противоэрозионных элементов. Сравнивая противоэрозионную эффективность лесных полос, усилен-

ных только канавами, и лесных полос, усиленных канавами и валами террасами, можно отметить, что наличие валов-террас незначительно влияло на величину стока и смыва. На варианте с валами-террасами отмечалось некоторое снижение величины стока и возрастание величины смыва. Это можно объяснить тем, что в отдельные годы сконцентрированная валами-террасами талая вода прорывалась через препятствие и усиливала смыв почвы. Тем не менее, наличие валов-террас способствовало заметному повышению продуктивности почвозащитного севооборота. В сравнении с контролем урожайность культур в пределах водосбора с лесными полосами, канавами и валами-террасами в среднем за годы исследований была на 0,4 т/га зерновых единиц больше. Повышение урожайности культур севооборота на водоразделе с лесными полосами и канавами в сравнении с контролем было на 0,34 т/га зерновых единиц. Очевидно, что валы-террасы способствовали формированию более благоприятной влагообеспеченности возделываемых культур.

Полученные результаты позволяют заключить, что лесные полосы, усиленные гидротехническими сооружениями, являются эффективным приемом снижения интенсивности водно-эрозионных процессов и повышения урожайности культур в условиях склоновых земель Центрального Черноземья.

Библиографический список

1. Влияние степени эродированности на показатели экологического состояния черноземных почв / Н.П. Масютенко, Г.П. Глазунов, А.И. Санжаров, А.В. Кузнецов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 8. – С. 19-23.
2. Глушко А.Я. Влияние водной и ветровой эрозии на земельный фонд Юга европейской части России / А.Я. Глушко // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2010. – № 1. – С. 75-85.
3. Городецкий А.П. Эколого-экономические основы природоохранных систем земледелия в эрозионных и эрозионно-опасных агроландшафтах / А.П. Городецкий // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2. – С. 80-83.
4. Деградированные и нарушенные земли Курской области и необходимость их реабилитации / А.И. Стифеев, О.В. Никитина, Е.Н. Панова, А.И. Тюнина, П.П. Черников // Актуальные вопросы инновационного развития Агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 28-29 января 2016 г. Курск: Издательство Курская ГСХА, 2016. – С. 18-21.
5. Медведев И.Ф., Левицкая Н.Г., Макаров В.З. Результаты мониторинга эрозионных процессов на черноземах Поволжья / И.Ф. Медведев, Н.Г. Левицкая, В.З. Макаров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2016. – Т. 16. – № 3. – С. 142-146.
6. Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П. Развитие системного подхода в изучении сельскохозяйственных земель и агроландшафтов Центрального Черноземья / Л.С. Трофимова, И.А. Трофимов, Е.П. Яковлева // Вестник российских университетов. Математика. – 2014. – Т. 19. – № 5. – С. 1585-1588.
7. Чеботарев П.М., Спесивый О.В., Ахтырцев А.Б. Трансформация деградационных процессов на землях Воронежской области в последние десятилетия / П.М. Чеботарев, О.В. Спесивый, А.Б. Ахтырцев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1 (28). – С. 173-178.

ОЦЕНКА РАВНОМЕРНОСТИ ДОЖДЕВАНИЯ ПДУ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ЦЕНТРОВКЕ СПИРАЛИ АРХИМЕДА

ВЫТОВТОВ В.А.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: v.a.vitovtov@mail.ru

Резюме. Проведена оценка равномерности орошения стоковых площадок при смещении центра спирали Архимеда от оси вращения портативной дождевальной установки (ПДУ). Полученные результаты можно использовать для улучшения равномерности орошения поверхности почвы.

Summary. The uniformity of irrigation of runoff sites at displacement of the center of Archimedes spiral from the axis of rotation of portable rainfall simulator (PRS) was estimated. The results obtained can be used to improve the uniformity of irrigation of the soil surface.

Применение портативной дождевальной установки (ПДУ) позволяет в короткие сроки получить экспериментальные данные по впитывающей способности почвы и по потерям из почвы растворённых веществ вместе с поверхностным потоком дождевой воды.

Первоначально дождеватель портативной дождевальной установки и почвенные образцы имели прямоугольную форму. Дождеватель представляет собой горизонтальную панель, на которой в шахматном порядке размещены каплеобразователи (тонкие гибкие трубки одинакового размера).

Дождеватель подвешивали на шнуре над почвенным образцом и слегка раскачивали руками. При раскачивании дождеватель постоянно пытался вращаться, что ухудшало равномерность орошения поверхности почвенного образца. Чтобы эффективно использовать это вращение, мы перешли к круглой форме дождевателя и почвенного образца. Это предполагает совпадение оси вращения дождевателя с осью почвенного образца. Встал вопрос о том, как разместить каплеобразователи на дождевателе, чтобы улучшить равномерность орошения. В результате проведения экспериментов, лучшим способом размещения был выбран способ закрепления каплеобразователей на горизонтальной панели по спирали Архимеда с одинаковым шагом. У спирали Архимеда расстояние между соседними линиями одинаковое, а при равном шаге по ней, каждый каплеобразователь орошает одинаковую площадь. Дождевальную установку подвешивали на шнуре, который после закручивания самораскручивался, что облегчало работу.

В лабораторных условиях для механизации вращения применили электропривод (вертикально расположенные электродвигатель с редуктором). Совмещение (центровка) оси вращения дождевателя и оси почвенного образца происходит с погрешностью. При точной центровке (для спирали Архимеда) при вращении каждый каплеобразователь движется по своей отличной от других окружности. При удалении от центра вращения разница диаметров этих окружностей уменьшается в квадратичной зависимости. Из-за неточной центровки ухудшалась равномерность орошения. Это приводило к образованию колец на

поверхности почвы, выбиваемых каплями. [1]. Для их устранения нами было разработано и изготовлено автоматическое раскачивающее устройство. Эксплуатация этого устройства значительно упростила и улучшила равномерность орошения. Однако появился вопрос: насколько эффективно было использовано данное расположение каплеобразователей?

Для создания искусственного дождя с одинаковым размером капель в нашем институте была разработана ПДУ (рис.1), состоящая из рамы с подвесным регулируемым узлом, ёмкости для воды, поплавковой системы с резиновой грушей и дождевателя с горизонтальной панелью [2]. Дождеватель включает последовательно закрепленные на ниппеле толстую гибкую трубку, втулку и пучок тонких гибких трубок. Тонкие гибкие трубки (каплеобразователи), равные по длине и с одинаковой пропускной способностью, верхними концами закреплены во втулке, а нижними - на горизонтальной панели по спирали Архимеда.

Рисунок 1 – Портативная дождевальная установка

Цель данной работы – оценка влияния неточности центровки оси дождевателя (оси спирали Архимеда) на равномерность орошения горизонтальной поверхности.

Для достижения поставленной цели была изготовлена круглая кассета с рядами квадратных пластмассовых ячеек (рис.2). Восемьдесят шесть пластмассовых ячеек имели размеры 20-20-14 мм. В дождеобразователе в центре спирали Архимеда закреплена вертикальная металлическая ось.

Рисунок 2 – Общий вид кассеты с ячейками

Для смещения от оси почвенного образца использован заостренный наклонный стержень, закрепленный на штативе, стоящем на полу (рис.3). После включения электропривода наблюдали изменение расстояния между осью дождевателя и осью почвенного образца, которое характеризовало качество центровки.

Рисунок 3 – Заостренный стержень и металлическая ось дождевателя

Изменять это расстояние можно стяжками на подвесном узле (рис.4). Меняя длину стяжек, перемещаем ось спирали Архимеда в ту или иную сторону относительно оси вращения дождевателя.

Рисунок 4 – Стяжки на подвесном узле.

Первоначально центровку выставили с минимальным нулевым отклонением. Для устранения разбрызгивания капель из ячеек, высоту их падения уменьшили до 100 мм. Запустили ПДУ и вывели ее в рабочий режим. Затем на подставку, под центр вращающегося дождевателя, подвели центр кассеты с пустыми ячейками и засекли время. Через четыре минуты кассету достали и взвесили вес воды в каждой из ячеек. Для удобства при расчетах весовые данные разбили по интервалам через 0,5 г. Такую процедуру повторяли при отклонениях оси на 5, 10, 15 и 20 мм. Для этого стяжками на подвесном узле увеличили отклонение вертикальной металлической оси от верхнего заостренного конца стержня. Показателем равномерности орошения принят коэффициент вариации отклонения веса воды в ячейках от средних их значений. Чем меньше значение этого коэффициента, тем лучше равномерность орошения. Результаты эксперимента приведены в таблице.

Таблица – Соотношение показателей качества работы ПДУ, %

Интервал веса воды в ячейках, г	Отклонение оси вращения дождевателя, мм				
	0	5	10	15	20
1,75±0,25	–	–	–	9,3	11,6
2,25±0,25	–	3,5	18,6	11,6	12,9
2,75±0,25	9,3	27,9	22,1	8,1	8,1
3,25±0,25	46,5	19,8	12,8	19,8	15,1
3,75±0,25	32,6	23,2	13,9	15,1	9,3
4,25±0,25	11,6	25,6	27,9	17,4	14,0
4,75±0,25	–	–	4,7	16,3	20,9
5,25±0,25	–	–	–	2,4	8,1
Коэффициент вариации колебания веса воды в ячейках, %	11	18	24	28	31

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что при смещении цен-

тровки спирали Архимеда от центра вращения ПДУ на 20 мм коэффициент вариации равномерности распределения капель искусственного дождя по орошаемой поверхности увеличился почти в три раза.

Таким образом, центровка спирали Архимеда оказывает значительное влияние на равномерность выпадения капель искусственного дождя. Эти результаты могут быть использованы для совершенствования метода дождевания стоковых площадок.

Библиографический список

1. Вытовтов В.А. Качество работы портативной лабораторно-полевой дождевальной установки и пути его улучшения / Сб. конф. МОО «Курской отделение общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Курск: ФГБНУ Курский ФАНЦ, 2019. – С. 85-88.
2. Патент на изобретение 2519789 РФ: МПК А01G 25/09 Портативная лабораторно-полевая дождевальная установка / Вытовтов В.А., Сухановский Ю.П., Санжарова С.И., Прущик А.В., Соловьева Ю.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН – №2018112099; заявл. 25.10.2012, опубл. 20.06.2014, бюл. № 17.

УДК 630*266:631.432.3

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИЕМОВ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ В МОЛОДЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ

Зарудная Т.Я.

ФГБНУ «Курский ФАНЦ», г. Курск

E-mail: proterozorg@mail.ru

Резюме. Приведены результаты воздействия на водно-физические свойства почвы в междурядьях молодых лесных полос с помощью посева люпина и мульчирования соломой.

Summary. Results of influence on water-physical properties of soil in inter-rows of young forest bands with the help of lupin sowing and straw mulching are given.

Водорегулирующие функции лесных насаждений проявляются, главным образом, через физические и водные свойства почв, которые обусловлены сложнейшими взаимоотношениями между лесом и средой его обитания. Проводя сравнительную оценку воднофизических свойств различных типов почв, установили, что они зависят от агрегатного состава, сложения и структуры, которые существенно изменяются в процессе почвообразования. Главным фактором изменения сложения, структуры и агрегатного состава является жизнедеятельность растений, животных и микроорганизмов. Общее направление изменения водных свойств заключается в увеличении в верхних почвенных горизонтах (по сравнению с материнской породой) общей и некапиллярной порозности почвы, порозности аэрации, наименьшей влагоемкости и водопроницаемости [1, 2].

Объект исследований расположен в провинции черноземных почв Курской области, в Мальцевском агропочвенном районе. Здесь преобладают типичные черноземы в сочетании со слабовыщелоченными и выщелоченными черноземами. Почвенный покров представлен, главным образом, почвами чер-

ноземного типа почвообразования. Почва опытного участка представлена типичным среднесуглинистым черноземом на лессовидном суглинке. На опытном участке описаны три почвенных разреза, которые имеют следующее морфологическое строение.

Почва – чернозем типичный, выщелоченный, среднесуглинистый, слабосмытый.

Мощность гумусового горизонта А+В в разрезах колеблется в пределах 102-113 см. В разрезе отдельно выделен горизонт В₁. Это сильно перерытая землероями нижняя часть горизонта В. Фактическое залегание должно находиться на глубине 110-115 см.

В условиях Среднерусской возвышенности склоны южной экспозиции отличаются высокой микроложбинностью. Ложбинность склона, на котором расположен опыт, достигает 31 ложбины на 1 погонный километр бровки балки; на противоположном склоне северной экспозиции 6 ложбин на 1 погонный километр. Для закладки опыта выбрано достаточно широкое межложбинное пространство, поэтому мощность гумусового горизонта здесь меняется в небольших пределах, свидетельствуя о достаточной однородности почвенных условий.

В таблице 1 приводятся данные по водным свойствам гумусового горизонта на делянках с люпином и мульчей. При этом отметим, что в ниже залегающих горизонтах эти свойства были близки к таковым на контрольной делянке. При сравнении водных свойств горизонта А на делянках с люпином и контроле установлено, что, несмотря на некоторое снижение наименьшей влагоемкости в пахотном слое варианта с люпином, полная влагоемкость оказалась на глубине 10 см заметно выше. Еще большей величины она достигла в верхнем слое почвы на делянке с мульчей (73,2%). На последней повышены значения в пахотном слое почвы имели наименьшая влагоемкость, пористость общая и пористость аэрации в слое 0-5 см. В то же время пористость аэрации на глубине 10 см были значительно ниже, чем на делянке с люпином. Это можно объяснить пространственной пестротой водно-физических свойств почвы.

Таблица 1 – Изменение водных свойств почвы на вариантах с люпином и мульчей (второй год после посева люпина и четвертый год после мульчирования)

Глубина, см	Объемная масса, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	% от массы		% от объема		
			НВ	ПВ	НВ	ПО	ПА
1	2	3	4	5	6	7	8
Люпин							
0-5	1,04	2,61	32,3	58,0	33,6	60,2	26,6
5-10	1,06	2,64	28,9	56,5	30,6	59,9	29,3
10-20	1,08	2,62	28,8	52,2	31,1	58,8	27,7
20-30	1,03	2,63	29,5	59,0	30,4	60,8	30,4
30-40	1,02	2,63	30,5	60,0	31,1	61,2	30,1
40-50	1,03	2,64	30,2	59,2	31,1	61,0	29,9

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Мульча							
0-5	0,90	2,64	34,0	73,2	30,6	65,9	35,3
5-10	1,13	2,63	33,3	50,4	37,6	57,0	19,4
10-20	1,05	2,64	28,6	57,3	30,0	60,2	30,2
20-30	1,09	2,68	30,8	54,4	33,6	59,3	25,7
30-40	1,05	2,67	29,1	57,8	30,6	60,7	30,1
40-50	1,08	2,69	29,2	55,5	31,5	59,9	28,4
Контроль							
0-5	1,03	2,64	33,5	59,2	34,5	61,0	26,5
5-10	1,13	2,64	32,7	50,6	37,0	57,2	20,2
10-20	1,10	2,61	31,5	52,5	34,7	57,8	23,1
20-30	1,03	2,66	30,8	59,5	31,7	61,3	29,6
30-40	1,01	2,68	30,5	61,6	30,8	62,3	31,5
40-50	1,05	2,63	30,2	57,2	31,7	60,1	28,4

Примечание. НВ – наименьшая влагоемкость, ПВ – полная влагоемкость, ПО – пористость общая, ПА – пористость аэрации.

Структурный состав почвы (по Бакшееву) представлен в таблице 2 и 3. Из данных этой таблицы видно, что структура почвы была хорошей на всех делянках, а после посева люпина и особенно после мульчирования она еще улучшилась. Наиболее существенные изменения ее произошли в пахотном слое. С глубиной различия между вариантами опыта сглаживаются. В верхнем 10-сантиметровом слое пахотного горизонта после сухого просеивания распыленная часть почвы (размером менее 0,25 мм) на контроле равнялась 14%, на делянке с люпином – 3,6%, а на делянке с мульчей – 1,4%. На глубине 10-20 см эта фракция соответственно составляла 2,6%; 8,7 и 3,4%.

Таблица 2 – Структурный состав почвы опытного участка по вариантам опыта. Сухое просеивание

Вариант опыта	Глубина, см	Размеры агрегатов, мм							
		>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0,25	<0,25	<1
Контроль	0-10	17,4	7,5	6,1	11,7	18,2	26,2	13,9	40,1
	10-20	40,8	12,1	8,9	14,2	12,9	8,6	2,6	11,2
	20-30	43,9	12,3	9,6	12,1	10,9	7,7	3,5	11,2
	30-40	40,0	8,1	7,6	12,8	12,9	10,9	7,7	18,6
	40-50	40,7	11,5	9,1	13,6	11,6	7,9	5,6	13,5
	50-60	37,1	8,5	7,3	11,3	12,6	12,3	10,9	23,2
Люпин	0-10	45,9	10,4	7,3	12,8	12,8	7,2	3,6	10,8
	10-20	50,7	13,8	8,2	10,1	9,6	5,9	8,7	14,6
	20-30	26,2	11,4	10,6	15,4	17,2	12,4	6,8	19,2
	30-40	50,2	9,3	8,4	10,8	10,2	7,4	3,7	11,1
	40-50	34,0	9,2	7,9	11,1	12,6	13,5	11,7	25,2
	50-60	28,6	7,6	8,2	13,0	15,3	15,9	11,4	27,3
Мульча	0-10	62,0	10,2	6,6	8,7	7,2	3,9	1,4	5,3
	10-20	59,3	12,7	6,9	8,3	5,1	4,3	3,4	7,7
	20-30	32,7	12,2	8,9	13,4	13,0	12,4	7,4	19,8
	30-40	18,6	9,9	9,9	17,2	18,1	15,2	11,1	26,3
	40-50	33,2	7,8	7,4	11,8	12,4	13,8	13,6	27,4
	50-60	36,3	9,2	9,0	12,1	13,0	11,0	9,4	20,4

В процессе оструктурирования почвы на делянке с мульчей происходило склеивание структурных отдельностей в более крупные агрегаты. Так, если на контроле агрегаты размером более 10 мм в пахотном слое составляли 17-41%, то на делянке с люпином их количество увеличилось до 46-51%, а на делянке с мульчей – до 59-62%. Агрегаты в диапазоне размеров от 1 до 10 мм на контроле составили 44-48%, на делянке с люпином их содержание уменьшилось до 42-43%, на делянке с мульчей до 33%.

После мокрого просеивания наименьшее содержание водопрочных агрегатов размером меньше 0,25 мм оказалось в верхнем слое почвы контрольной делянки (75-88%). На делянке с люпином оно увеличилось до 86-91%, а на делянке с мульчей достигало наибольшей величины (91-98%). При мокром просеивании, как и при сухом, сохранялась тенденция к повышению содержания более крупных фракций на делянках с большим поступлением в почву свежего органического вещества (мульча, люпин).

Таблица 3 – Структурный состав почвы опытного участка по вариантам опыта. Мокрое просеивание

Вариант опыта	Глубина, см	Размеры агрегатов, мм				
		>3	3-1	1-0,25	>0,25	<0,25
Контроль	0-10	27,3	11,0	36,9	75,2	24,8
	10-20	29,3	22,4	35,9	87,6	12,4
	20-30	31,4	29,0	29,0	89,6	10,6
	30-40	43,0	19,9	21,3	84,2	15,8
	40-50	48,5	24,5	18,2	91,2	8,8
	50-60	31,6	28,2	23,3	83,1	16,9
Люпин	0-10	40,9	17,0	28,5	86,4	13,6
	10-20	41,2	23,3	26,7	91,2	8,8
	20-30	27,7	36,4	23,4	87,2	12,5
	30-40	34,8	29,9	23,5	88,2	11,8
	40-50	37,6	24,5	20,7	82,8	17,2
	50-60	30,0	29,6	23,5	83,1	16,9
Мульча	0-10	84,8	8,3	4,7	97,8	2,27
	10-20	64,9	13,2	12,7	90,8	9,2
	20-30	32,7	27,1	26,6	86,4	13,6
	30-40	28,9	33,2	23,0	85,1	14,9
	40-50	17,8	32,9	28,6	79,3	20,7
	50-60	20,0	34,5	28,1	82,6	17,4

Резюмируя, можно заключить, что мульчирование способствовало структурообразованию, ускоряло укрупнение агрегатов почвы, повышало водопрочность почвенной структуры.

Библиографический список

1. Зарудная Т.Я. Пути повышения водопоглощения в молодых лесных полосах / Сб. конф. МОО «Курской отделение общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Курск: ФГБНУ Курский ФАНЦ, 2019. – С. 148-151.
2. Троц В.Б. Агроэкологическое влияние полезащитных лесных полос // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (60). – С.189-192.

ЭТАПЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ В ЦЧР, ОТ ИСТОКОВ ДО СОВРЕМЕННОСТИ

Архипов А.С.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск

E-mail: *Sasha-Vidhar@yandex.ru*

Резюме. Эрозия – опасный и вредоносный процесс разрушения плодородного слоя почвы с пагубными последствиями. Человек, как участник данного процесса, не может не вмешиваться в него. Поэтому от деятельности человека и антропогенных факторов, напрямую зависит его же существование на земле. Эрозия как процесс появилась очень давно, тогда же, когда появилась суша на нашей планете, но её осознание и изучение появились гораздо позже.

Ключевые слова: эрозиоведение, этапы изучения эрозии, ВНИИЗиЗПЭ.

Впервые информацию о проявлениях эрозии почв в России можно найти еще у Геродота (484-425 гг. до нашей эры). В описании рек Скифии Геродотом отмечается, что все они имеют мутную воду, кроме Борисфена (Днепра): «... вода его очень приятна на вкус и отличается чистотою среди мутных рек Скифии; вдоль его тянется превосходная пахотная земля...» [1]. Известно, что мутные реки бывают только среди распаханых, подверженных эрозией земель. По степени мутности рек судят об интенсивности эрозионных процессов [2]. Местами смыв почв, наносил значительный ущерб сельскому хозяйству еще при Иване Грозном: в документе 7189 г. (1581 г.) сказано, что деревня Шеломьянское на Двине «лежит впусе, пашенную землю вешнею водою смыло». Здесь же приводится специальный термин для эродированных почв – «смойные земли» [4].

Это все говорит о том, что еще во времена допетровской Руси было известно, что такое ветровая и водная эрозия, различались смыв почв и овражная эрозия, а также применялись различные способы по борьбе с эрозией почв. Наблюдение процессов эрозии почв и применение противоэрозионных мероприятий и сооружений имеют многовековую историю, однако наука об эрозии почв начала формироваться сравнительно недавно. Так, М.Н.Заславский (1983) выделил три этапа в её становлении и развитии в нашей стране: первый – до 1917 г.; второй – с 1917 по 1967г. и третий – после 1967г.

Первым этапом изучения эрозии в России относится 1751-1763 гг, когда М. В. Ломоносовым был применён научный подход к проблеме эрозии почв. Он отмечал разрушающую и сортирующую деятельность водных потоков, а также выдувание земли в местах, не защищённых растительностью. Его работы и наблюдения дали интересный материал к познанию процессов эрозии, и её распространения в 18 веке. Дальнейший вклад внесли учёные и практики (М.И. Афонин, С. Друковцев, С. Лесли, Н.Н. Шишка, А.Т. Болотов, В.Я. Ломиковский) которыми был разработан ряд приёмов по регулированию и задержанию талых вод на полях, меры по борьбе с овражной эрозией, заложены основы лесомелиорации. В середине 19 века установлен механизм зарождения и роста

оврагов, выделены стадии их развития (В.А. Киприянов), положено начало изучения географии эрозионных процессов (А. Гроссул-Толстой). Наибольший вклад в исследование процессов эрозии, в первую очередь водной, внёс В.В. Докучаев. Он исследовал закономерности влияния рельефа на смыв и аккумуляцию. Его наблюдения послужили основанием для составления классификации почв двух классов: «смытым» и «намытым». Большое значение имеют работы П.А. Костычева, исследовавший эрозионные процессы преимущественно в Центрально-Чернозёмных районах России. В.В. Докучаев положил основу в изучении эрозии как науки, и дальнейшее её развитие было основано на его трудах и исследованиях. Последователями В.В. Докучаева можно считать А.А. Измаильского, П.В. Янковского, А.Н. Шишкина

Второй этап появился после октябрьской революции, и большой вклад в его развитие внёс А.С. Козьменко, который со своими сотрудниками разработал комплекс противоэрозионных мероприятий для лесостепной зоны европейской части СССР. Также, оригинальные взгляды на эрозию почв и меры борьбы с ней высказал В.Р. Вильямс (травопольная система земледелия), он считал, что причиной эрозии является бесструктурность пахотных почв склонов, и предлагал решать её с помощью окультуривания почв многолетними травами в полевых и кормовых севооборотах.

В Почвенный институт имени В.В. Докучаева, усилиями видного почвовед А.М. Панкова, был создан отдел (1932г) по изучению эрозии почв. В дальнейшем отдел перерос в общественный центр координации противоэрозионных исследований [6]. Параллельно были созданы ещё два научных центра по изучению эрозии почв, один из которых возглавил А.С. Козьменко. После смерти А.М. Панкова, Почвенный институт возглавил С.С. Соболев, сохранивший тематику исследований. Соболевым и его сотрудниками, на основании маршрутных исследований, а также детальных почвенно-эрозионных исследований проведённых в разных географических районах европейской части СССР, к 1940 г. была составлена почвенно-эрозионная карта. Соболев уделял большое внимание картографии эрозионных процессов.

Таким образом, за довольно короткий период, был сделан гигантский скачок в познании различных проявлений эрозии почв и борьбы с ней. Следствием этого стала дифференциация отдельных направлений в данной области. Так, помимо географов и картографов, появились специалисты, изучающие физико-механические, физические, химические и физико-химические свойства эродированных почв; почвоведы-агрохимики – занимающиеся вопросами удобрения; агрономы – изучающие способы обработки и разрабатывающие соответствующие севообороты.

После великой отечественной войны, которая нанесла колоссальный урон стране и народному хозяйству в целом, исследования продолжились, их особенностью стала попытка дифференцировать противоэрозионные мероприятия в зависимости от климатических, почвенных, геологических, гидрологических и геоморфологических условий и создать региональные системы противоэрозионных мероприятий в качестве составной части региональных систем

ведения хозяйства. К этому времени, отдел эрозии почв возглавляемый С.С. Соболевым в Почвенном институте им В.В.Докучаева, на протяжении 30 лет продолжал работать в данном направлении.

Третий этап связан с выходом Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20 марта 1967г. «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии». В этом же году был создан государственный научно-исследовательский институт земельных ресурсов МСХ СССР, его основной задачей была разработка научных основ проектирования противоэрозионных мероприятий. Ещё через три года, 1970г. в Курске начал работать всесоюзный научно-исследовательский институт защит почв от эрозии, переименованный затем во Всесоюзный научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии (ВНИИЗиЗПЭ). Данное заведение было образовано по инициативе учёных-эрозиоведов академика С. С. Соболева, профессоров М. Н. Заславского, К. Л. Холупяка, А. С. Скородумова Государственным комитетом по науке и технике СССР.

Однако простая сумма знаний не даёт ещё нового направления. Как считал Г.И.Швебс (1981г), для нового научного направления характерен только ему присущий объект исследования, специфические методы его познания и задачи, которые не решаются никаким другим научным направлением. А для этого необходимо условие – наличие теоретического фундамента в основе нового научного направления. Особенностью третьего этапа развития, является выделение нового раздела почвоведения – эрозиоведение. Таким образом, новый раздел – эрозиоведение, выделяет свой специфический объект, методы и задачи. К объектам эрозиоведения относятся такие процессы как водная и ветровая эрозия почв, происходящих в разных природных и хозяйственных условиях, а также результаты их протекания – смытые и дефлированные, а также намытые и навесные почвы и методы их мелиорации. К специфическим методам относится наблюдение за смывом почв на стоковых площадках. Задачи достаточно специфичны, вследствие особенности почвы как объекта взаимодействия с водой и ветром. Для Курского ВНИИЗиЗПЭ этот фундамент был заложен его организаторами, а также д.с-х.н. Н.К.Шикулой – под руководством которого проходило становление института. С 1974 по 1988 гг. Институт возглавлял д.э.н., профессор, Герой Социалистического Труда Д.Е. Ванин, под руководством которого формировалась материально-техническая база Института, Институт разрабатывал теоретические основы по борьбе с водной и ветровой эрозией, зональные противоэрозионные мероприятия и комплексы, занимался изучением закономерностей проявления эрозионных процессов и определением экономической эффективности отдельных приемов и комплексов по защите почв от эрозии [7].

При организации института на него были возложены задачи: разработка теоретических основ по борьбе с водной и ветровой эрозией, изучение закономерностей проявления эрозионных процессов, разработка зональных противоэрозионных мероприятий и комплексов, определение экономической эффективности отдельных приёмов и комплексов по защите почв от эрозии.

Когда в 1981 году Институт был преобразован во Всесоюзный НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, ему были определены следующие задачи:

- разработка теории и совершенствование методов организации систем почвозащитного земледелия,
- разработка и совершенствование методик научных исследований по земледелию и защите почв от эрозии,
- разработка энергосберегающих почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и создание специальных технических средств для их осуществления,
- анализ и оценка систем земледелия по регионам и областям страны и обоснование направлений их совершенствования,
- координация и методическое руководство научными исследованиями по земледелию и защите почв от эрозии.

С начала образования и до наших дней, институт внёс огромный вклад в науку по изучению эрозионных процессов, не только в своём регионе, но и на территории ЦЧР в целом. За свою 50-летнюю историю, институт сформировал мощный научный потенциал, созданы и постоянно разрабатываются новые научные направления в области общего земледелия, почвоведения и защиты почв от эрозии.

Библиографический список

1. Латышев В.В. Scythica et Caucasica e veteribus scriptoribus graecis et latinis collegit et cum versione rossica edidit Basilius Latyschew. Vol. I. Scriptores graeci. Fasc. I. Известия древних писателей греческих и латинских о Скифии и Кавказе: в 3-х выпусках / В.В. Латышев. - СПб.: Типография Императорской Академии Наук, 1890-1900. - Том I: Греческие писатели. - Вып. 1-й., 1890. – С.24
2. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. Т.1. - Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – 306 с.
3. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. Т.2. – Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – 248 с.
4. Русская историческая библиотека: в 39 томах. – СПб.: Археографическая комиссия, 1872-1927. – Т. XIV, Ч. II: Акты Холмогорской и Устюжской епархии – 1894. – С.1193-1194
5. Заславский М. Н. Эрозиоведение. М.: Высшая школа, 1983. – 320 с.
6. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 335с., ил.
7. https://ru.wikipedia.org/wiki/Всероссийский_НИИ_земледелия_и_защиты_почв_от_эрозии
8. <http://vniizem.ru> – официальный сайт ВНИИЗиЗПЭ

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	3
Гостев А.В., Масютенко Н.П., Дубовик Д.В. 50 лет ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии. основные направления и результаты деятельности	5
Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Круговорот и баланс органического азота в агрофитоценозе	11
Милащенко Н.З., Трушкин С.В. Технологии производства высококачественного зерна пшеницы в системе адаптивно-ландшафтного земледелия.....	16
Турусов В.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А. Минимализация основной обработки почвы в звене севооборота горох – озимая пшеница в условиях Юго-Востока ЦЧР.....	19
Попов Л.Г. Земельные ресурсы Молдовы и их менеджмент.....	27
Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Инновационные агротехнологии, обеспечивающие переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству	31
Тютюнов С.И. Разработка элементов агротехнологий в Белгородском ФАНЦ РАН, как основы современных систем земледелия	35
Кухарук Е.С. Эрозионные процессы в Молдове и их прогноз развития.....	39
Демидов В.В., Плотникова О.О. Моделирование транспортирующей способности потоков малой глубины (на примере чернозема типичного разной степени смывости).....	43
Ташкузиев М.М., Бердиев Т.Т., Шадиева Н.И., Очилов С.К., Каримов Х.Х. Инновационные агротехнологии ведения органического земледелия в условиях орошаемых сероземных почв Узбекистана	48
Немцев С.Н., Сабитов М.М., Науметов Р.В., Кузина Е.В., Шарипова Р.Б., Власов В.Г., Захарова Л.Г., Никифорова С.А., Кильянова Т.В. Основные направления в адаптивно-ландшафтной системе земледелия в условиях лесостепи Поволжья.....	54
Буюнкин Н.И., Краснощёров А.Г. Роль смешанных посевов в сохранении плодородия почвы	70
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ЦИФРОВИЗАЦИИ»	74
Столбовой В.С., Корчагин А.А., Винокуров И.Ю., Петросян Р.Д., Мазиров М.А., Шилов П.А. Цифровые технологии в управлении базой данных Владимирской области.....	74
Бек А.Н. Применение данных зондирования земли для решения различных задач управления сельскохозяйственными угодьями.....	78
Зинчук Е.Г. Форматы изображений в базах данных.....	82
Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Кузнецов В.К. Использование 3D моделей для проектирования систем адаптивно-ландшафтного земледелия	83
Рыспеков Т.Р. Современные экологические и экономические аспекты изучения почвенно-растительных ресурсов на ландшафтах степной зоны Республики Казахстан.....	86
Котлярова Е.Г., Рязанов М.Н. Морфометрический анализ рельефа Белгородской Области.....	90
Малышева Е.С. Преимущества использования ГИС для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия	94
СЕКЦИЯ «ИННОВАЦИОННЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПЕРЕХОД К ВЫСОКОПРОДУКТИВНОМУ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОМУ АГРОХОЗЯЙСТВУ»	100
Агеев А.А. Адаптация технологии No-Till возделывания полевых культур в лесостепи Южного Зауралья.....	100
Дридигер В.К., Горшкова Н.А. Засоренность посевов подсолнечника, возделываемого без обработки почвы, в зависимости от сроков сева и гербицидов	104
Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Лигнин, как фактор биологизации земледелия.....	108

Каримбердиева А.А., Кузиев Ж.М. Изменение агрохимических свойств и содержания микроэлементов в орошаемых луговых аллювиальных почвах при внесении местного минерального сырья.....	113
Рзаева В.В., Миллер С.С. Продуктивность культур севооборотов в Западной Сибири.....	117
Туманьян Н.Г. Оценка качества сортов риса, выращенных в условиях Красноармейского района Краснодарского края в 2019г.	120
Акименко А.С., Дудкина Т.А., Вавин В.Г., Садыкова Л.И. Биологизация свекловичных севооборотов в лесостепи Центрального Черноземья.....	123
Гуреев И.И. Особенности комплексной механизации вариантов адаптивной технологии производства озимой пшеницы	126
Нитченко Л.Б. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы на склоне северной экспозиции.....	135
Тюрин А.В. Богданов Н.А. Формирование урожая зерна гибридов кукурузы в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья	140
Вавин В.Г. Эволюция защиты растений в устойчивых системах земледелия.....	143
Тарасова Л.Е. 50 лет ВНИИЗиЗПЭ: международное сотрудничество	145
Свиридов В.И. Формирование бездефицитного баланса гумуса путем оптимизации структуры посевных площадей и совершенствования севооборотов.....	159
Дудкина Т.А. Влияние севооборота и минеральных удобрений на засорённость посевов сахарной свёклы	163
Нитченко Л.Б. Влияние систем обработок почвы и доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте ЦЧР	166
Дубовик Д.В., Шумаков А.В., Дубовик Е.В. Эффективность различных способов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя в Курской области.....	171
Шаталина Л.П., Агеев А.А. Влияние систем обработки почвы на содержание основных элементов питания в зернопаровом севообороте.....	174
Яковлева Е.П. Инновационные агротехнологии перехода к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству в степной зоне Республики Хакасия.....	179
Сухановский Ю.П. О возможности применения методов моделирования для разработки агротехнологий.....	182
Цыгуткин А.С. Двухфакторная полная факториальная схема опыта 4х2	187
Кумейко Т.Б., Туманьян Н.Г. Показатели признаков качества новых сортов риса селекции «ФНЦ риса» в зависимости от предшественников.....	191
Селиванова М.В., Айсанов Т.С. Урожайность огурца в зависимости от уровня минерального питания.....	193
Конькова Э.А. Влияние абиотических факторов на фитопатогенный комплекс яровой мягкой пшеницы в условиях Юго-Востока	196
Орлова Е.Е., Гуртовая А.В., Орлова Н.Е. Агроэкологическая характеристика компостов из биомассы <i>Heracleum Sosnowskyi</i>	198
Полунина Т.С., Лавринова В.А., Леонтьева М.П. Зависимость микологического состава почвенных грибов от минерального питания и способов основной обработки в посевах сои	202
Дериглазова Г.М. Возделывание яровых культур в различных севооборотах на черноземах Курской области.....	206
Караева Н.В., Сусский А.Н. Результаты изучения системы земледелия прямого посева (No-Till) в Крыму	210
СЕКЦИЯ «АГРОГЕННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ, СОХРАНЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ИХ ПЛОДОРОДИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ»	215
Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Попов Ф.А., Денисова А.В. Биологизированные севообороты и их влияние на баланс гумуса дерново-подзолистых почв Кировской Области	215

Масютенко Н.П. Темпы изменения содержания органического углерода в черноземе типичном в многолетнем многофакторном полевом стационарном опыте.....	220
Корчагин А.А., Шеин Е.В., Ильин Л.И., Мазиров М.А. Тепловой режим почв Владимирского Ополя	225
Алферов А.А. Потоки ¹⁵ N в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании яровой пшеницы и применении удобрений и микробных препаратов.....	228
Анисимов В.С., Санжаров А.И., Анисимова Л.Н., Фригидов Р.А. Исследование катионного состава и кислотности почвенных растворов черноземных почв методом прессования при загрязнении цинком	232
Гюлалыев Ч.Г. Диэлектрическая проницаемость и гранулометрический состав почвы...	235
Салимгареева О.А., Прущик А.В. Особенности порозности черноземов при минимальной обработке в условиях опыта по контурно-мелиоративному земледелию	238
Кошелев А.В., Тубалов А.А., Беляков А.М. Методический подход к оценке относительного плодородия почв.....	242
Карабеков О.Г., Ташкузиев М.М. Почвенно-мелиоративная характеристика гидроморфных почв, сформированных на равнинах Голодной степи	247
Ильвес А.Л., Смолина Л.П. Детализация показателей агроэкологической оценки с учетом агрогенной деградации земель.....	250
Глазунов Г.П. Оценка плодородия черноземных почв на основе морфометрических параметров рельефа	254
Крамаренко В.Я. Влагообеспеченность вегетационного периода в зависимости от цикличности солнечной активности в Северной лесостепи Южного Урала и Зауралья ...	257
Мамсиров Н.И., Макаров А.А. Анализ современного состояния земель агроландшафтов для ведения сельскохозяйственного производства в горной зоне Республики Адыгея	260
Панкова Т.И. Изменение физико-химических свойств почвы в лесополосах на различных экспозициях склона в течение длительного времени.....	265
Прущик И.А. Влияние ресурсосберегающих обработок почвы на влажность и плотность почвы	268
Двойных В.В. Целлюлозоразлагающая активность черноземных почв.....	271
Трофимова Л.С. Биологизация и экологизация сельского хозяйства как фактор сохранения и повышения почвенного плодородия	274
Минакова О.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н. Закономерности использования NPK из почвы и удобрений при их длительном применении под сахарную свеклу в ЦЧР	277
Чуян Н.А. Биоэнергетическая эффективность приема биологизации в сельскохозяйственном производстве.....	280
Моисеев К.Г., Терлеев В.В. Метод экспериментального определения фрактальной размерности порового пространства почв.....	283
Новых Л.Л., Волощенко И.В., Смирнова Л.Г., Новых Е.А. Состояние почвенной структуры при длительном применении ландшафтной системы земледелия	288
Афонченко Н.В. Показатели плодородия чернозема типичного в склоновом агроландшафте и их оценка.....	291
Масютенко М.Н. Влияние обработок почвы в зернопаропропашном севообороте на качество чернозема типичного	295
Кузнецов А.В., Припутнева М.А. Влияние вида обработки и сельскохозяйственной культуры на содержание микробной биомассы в черноземе типичном	300
Брескина Г.М. Особенности биологической активности почвы при использовании биопрепаратов	304
Караулова Л.Н. Динамика показателей плодородия черноземных почв ЦЧР в склоновом рельефе под посевами озимой пшеницы	307
Митрохина О.А. Оценка динамики основных микроэлементов в пахотных почвах ЦЧР .	311

Ореховская А.А., Ступаков А.Г., Куликова М.А. Варьирование содержания гумуса в черноземе типичном в зависимости от длительного применения удобрений	315
Чуян О.Г., Караулова Л.Н. Оптимизация азотного питания озимой пшеницы в зависимости от климатических условий	318
СЕКЦИЯ «ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ЭРОЗИИ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ. ЗАЩИТА ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ»...	323
Барабанов А.Т., Кулик А.В., Гордиенко О.А. Обоснование системы мероприятий по управлению эрозионно-гидрологическим процессом	323
Корман Ю.Х., Кухарук Е.С. Лесомелиоративные мероприятия для защиты почв от эрозии в Центральной части Молдовы.....	327
Мунтян А.Н. Применение данных дистанционного зондирования земли для косвенной оценки смывистости почв	332
Соловиченко В.Д., Логвинов И.В., Ступаков А.Г., Куликова М.А. Эродированность почв Белгородской области и мероприятия по их защите	336
Подлесных И.В. Противозерозионная организация агроландшафта	341
Галстян Н.В., Навалихин С.В., Обухов Ю.А., Кулынтаев Т.С. Эрозионные процессы нарушенных земель Ленинградской области.....	344
Михайленко И.И., Смирнова Л.Г., Евдокименкова М.И. Особенности пространственно-временной динамики запасов продуктивной влаги в эрозионных ландшафтах.....	347
Прущик А.В. Применение физического моделирования в изучении дождевой эрозии.....	350
Тарасов С.А., Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. Влияние лесополос и валов-террас на водно-эрозионные процессы и урожайность культур на склонах в условиях Центрального Черноземья.....	353
Вытовтов В.А. Оценка равномерности дождевания ПДУ при различной центровке спирали Архимеда.....	357
Зарудная Т.Я. Оценка влияния приемов активного воздействия на водно-физические свойства почв в молодых лесных полосах	361
Архипов А.С. Этапы изучения водной эрозии в ЦЧР, от истоков до современности	365

Научное издание

Инновационно-технологические основы развития адаптивно-ландшафтного земледелия. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию со дня основания ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Курск, 9-11 сентября 2020 г. – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2020. – 373 с.

Компьютерная верстка: **Г.П. Глазунов**

Сдано в набор __.08.20 г. Подписано в печать __.08.20 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. __. Тираж 500 экз. Заказ № __. Отпечатано:
«Деловая полиграфия»

ИП Бескровный Александр Васильевич
г. Курск, ул. К.Маркса, 61 Б.
E-mail: zakaz-zachetka@mail.ru