

2.2022

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛ ДЕЛИЕ

Фото: почвенный вредитель проволочник
(личинка жуков-щелкунов) *Agriotes spp.*
в многократном увеличении

NEW*

«Нокдаун-эффект» в защите
от почвенных и наземных
вредителей

Бомбарда, КС

+ 130 г/л тиаметоксама
+ 90 г/л имидаклоприда
+ 60 г/л фипронила

Первый 3-х компонентный инсектицидный
протравитель для обработки семян зерновых
культур и клубней картофеля

betaren.ru



**ЩЕЛКОВО
АГРОХИМ**

*новый российский
продукт

Реклама

Специальная версия БПЛА для сельского хозяйства



2 камеры



2000 Га



3 часа

ГЕОСКАН 201 АГРОГЕОДЕЗИЯ

- Картографирование с/х полей
- Точное земледелие
- Инспекция перед покупкой земли
- Получение информации о рельефе

GEOSCAN

+7 812 363-33-87

info@geoscan.aero

www.geoscan.aero



ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал входит в базу данных российских научных журналов
Russian Science Citation Index на платформе *Web of Science*

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЛИ И СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

USE OF SOIL AND AGRICULTURE SYSTEMS

В. И. Кирюшин. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия

V. I. Kiryushin. System of scientific and innovative support of adaptive landscape farming technologies

Н. В. Степных, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян, С. А. Копылова. Стратегическое значение диверсификации растениеводства

N. V. Stepnykh, E. V. Nesterova, A. M. Zargaryan, S. A. Kopylova. Strategic importance of crop production diversification

П. А. Постников, Ф. А. Бородулина, О. В. Васина, Е. Л. Тиханская. Продуктивность севооборотов с различным насыщением клевером в зависимости от фона питания

P. A. Postnikov, F. A. Borodulina, O. V. Vasina, E. L. Tikhanskaya. Productivity of crop rotations with different clover saturation depending on the nutrition background

Г. П. Глазунов, Н. В. Афонченко, А. Н. Золотухин. Агроэкологическая оценка пахотных земель в склоновых агроландшафтах

G. P. Glazunov, N. V. Afonchenko, A. N. Zolotukhin. Agroecological assessment of arable land in sloping agricultural landscapes

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО

FIELD CROPS

Ю. А. Гулянов. Перспективы использования информационных ресурсов ДЗЗ для управления производственным процессом полевых агроценозов

A. Gulyanov. Prospects of using remote sensing information resources for managing the production process of field agrocenoses

Основан в 1939 г.

УЧРЕДИТЕЛИ:
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии

ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ИЗДАТЕЛЬ:
ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Л. В. Будажапов, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
А. Н. Власенко, академик РАН и НА Монголии, доктор сельскохозяйственных наук
Н. Г. Власенко, академик РАН, доктор биологических наук
А. А. Завалин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. Л. Иванов, академик РАН, доктор биологических наук
В. А. Иванов, почетный член редколлегии, главный редактор журнала «Земледелие» в 1978-2001 гг.
А. Н. Каштанов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. И. Кирюшин, академик РАН, доктор биологических наук
В. В. Кулинцев, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Лапа, академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Беларусь
М. А. Мазиров, доктор биологических наук
М. Михловски, доктор сельскохозяйственных наук, Чешская Республика
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. А. Романенков, доктор биологических наук
П. А. Чекмарев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
И. Ф. Храмцов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Р. Ф. Байбеков

ВЕРСТКА

Н. Ю. Луценко

КОНТАКТЫ:

Тел./факс: +7 916 241 63 43

E-mail: jurzemledelie@yandex.ru
www.jurzemledelie.ru

**АДРЕС ДЛЯ ОТПРАВКИ
КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:**
101000, г. Москва,
Моспочтамт, а/я 629

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № 77-9212 от 27 июня 2001 г.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «МЕДИА-ГРАНД» 152900, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Орджоникидзе, д. 57

Подписано в печать 10.02.2022
Формат 60×90 1/8.
Печать офсетная.
Печ.л. 6,0+0,5 вкл.
Заказ

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в журнале «Земледелие», возможны только с письменного разрешения редакции.

© «Земледелие». 2022.

Журнал «Земледелие» включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов (Перечень ВАК), рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (по агрономии).

Информация об опубликованных статьях поступает в систему Российского индекса научного цитирования.

Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, а также полнотекстовые версии статей находятся в свободном доступе в Интернете на сайте www.jurzemledelie.ru

А. А. Полухин, К. Ю. Зубарева, М. А. Кательникова. Перспективы использования органико-минеральных микроудобрений при выращивании кормовых бобов

A. A. Poluhin, K. Ju. Zubareva, M. A. Katal'nikova. Prospects for the use of organic and mineral trace elements fertilizers in the cultivation of broad beans

32

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

SOIL CULTIVATION

О. К. Боронтов, П. А. Косякин, Н. В. Безлер, Е. Н. Манаенкова. Влияние основной обработки почвы на микробиологическую активность, питательный режим чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмном регионе

O. K. Borontov, P. A. Kosyakin, N. V. Bezler, E. N. Manayenkova. Influence of tillage on microbiological activity, nutrient regime of leached chernozem and sugar beet productivity in the Central Chernozem Region

38

Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. Н. Морозов, А. В. Шумаков. Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои

D. V. Dubovik, E. V. Dubovik, A. N. Morozov, A. V. Shumakov. Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality

43

Уважаемые читатели!

В 2022 г. наш журнал будет, как и прежде, выходить 8 раз в год, в первый и второй месяцы каждого квартала. Наш подписной индекс в каталоге Урал-Пресс 70329, в каталоге Почта России – ПП852. Возможна подписка через редакцию как на бумажную, так и электронную версию журнала.

Напоминаем авторам, что формирование планов и подготовка номеров начинается заблаговременно. Редакция заключает договоры с научными организациями и учебными учреждениями на издательские услуги по публикации статей. Заявки принимаются по электронной почте jurzemledelie@yandex.ru



doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7
УДК 631.4

Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия*

В. И. КИРЮШИН, академик РАН, доктор биологических наук, главный научный сотрудник (e-mail: vkiryushin@rambler.ru)
Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Российская Федерация

Дана оценка технологических укладов в мировом и отечественном земледелии. Переход из одного уклада в другой сопряжен с качественными скачками, которые сопровождали индустриальную, зеленую, агрохимическую, трансгенную, информатизационную революции. Переход на шестой технологический уклад ориентирован на развитие нанотехнологий, молекулярной биологии, геномной инженерии. Предложена система инновационного обеспечения проектирования и освоения агротехнологий, включающая реестры видов земель по агроэкологическим группам, реестры сортов сельскохозяйственных культур для природно-сельскохозяйственных провинций, региональные реестры агротехнологий, инструментарий точного земледелия. Применительно к видам земель формируются реестры технологических операций в базовых технологиях и модулях, определяющиеся требованиями растений и различиями их сортов. Реестры сортов необходимо составлять на основе экологических паспортов сортов, включающих следующие позиции: название сорта, год районирования, разновидность; назначение использования; продолжительность периода вегетации (дней); требуемая сумма активных температур (выше 10 °С); морозоустойчивость и зимостойкость; засухоустойчивость; устойчивость к переувлажнению; устойчивость к основным болезням; устойчивость к полеганию; устойчивость к кислотности почв; требования к условиям возделывания (толерантные, пластичные, интенсивные); потенциальная урожайность при экстенсивном, нормальном и интенсивном возделывании (т/га); качество продукции (содержание белка, клейковины и другие

наиболее значимые показатели). Показатели устойчивости должны быть формализованы, выражены в баллах и других единицах. В наиболее развитых странах, особенно в США, значительные средства на разработку инструментария точного земледелия выделяют правительства. В России сервисы точного земледелия осуществляются в основном благодаря зарубежным компаниям. В определенной мере реализуются приборы и другие средства обеспечения точного земледелия, разработанные в России. Однако этот процесс развивается крайне медленно. В стране нет ни одного предприятия, в котором была бы достигнута системная организация точного земледелия. Необходимо более активное участие государства путем организации инновационно-технологических центров и поддержки инновационного бизнеса.

Ключевые слова: реестры агротехнологий, сорта, виды земель, точное земледелие, уровни интенсификации.

Для цитирования: Кирюшин В. И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2022. № 2. С. 3–7. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.

Развитие технологических укладов в земледелии. Ключевым термином современного земледелия выступает технологизация, активно развивающаяся с возникновением индустриального производства. Развитие технологий происходит в рамках технологических укладов в связи с хозяйственными, социально-экономическими и научно-организационными условиями [1]. Переход из одного уклада в другой сопряжен с качественными скачками, которые отмечаются индустриальной, зеленой, агрохимической, трансгенной, информатизационной революциями. Каждый этап подготавливается определенными научными предпосылками. Соответственно технологический уклад представляет комплекс освоенных революционных технологий, инноваций, изобретений,

лежащих в основе количественного и качественного скачка производительных сил общества. При запаздывании смены технологических укладов возникают экономические кризисы, выход из которых требует освоения прорывных революционных технологий. Сейчас в период глобального экономического кризиса развитые страны принимают все меры для перехода на шестой технологический уклад, ориентированный на развитие нанотехнологий, молекулярной биологии, геномной инженерии.

Сельское хозяйство отличается от промышленности и транспорта значительным технологическим отставанием. Радикальный переход мирового сельского хозяйства на путь интенсификации, характеризовавшийся резким увеличением производства продовольствия, состоялся лишь в период четвертого технологического уклада (1930–1970 гг.). В России к 70-м годам также свершился скачок в развитии комплексной механизации, электрификации, химизации и мелиорации, однако эффективность этих мер была далека от ожидавшейся. Средняя урожайность зерновых в стране составляла 1,3 т/га, то есть была вдвое ниже среднемировой, несмотря на существенно возросшее количество минеральных удобрений и пестицидов. Кампанейский характер химизации и мелиорации сказался на усилении процессов деградации почв. Главная причина низкой эффективности производства – несостоятельность советской колхозно-совхозной системы хозяйствования, что усугубилось импульсивностью государственного руководства, неподготовленностью кампаний.

На период IV технологического уклада в России приходится наименее эффективное научно-инновационное обеспечение сельского хозяйства с последствиями гонений на биологическую науку. Для этого периода характерна разобщенность научных направлений, слабая интеграция научных исследований, что никак не способствовало созданию агротехнологий, да и самого термина «агротехнологии» в агрономической литературе не существовало.

Серьезным технологическим прорывом в земледелии страны в конце этого периода стала почвозащитная система земледелия А.И. Бараева,

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, соглашение № 075-15-2020-805 от 2 октября 2020 г.

определившая понятие «почвозащитная технология», которое в дальнейшем трансформировалось в категорию «нормальная технология», то есть технология, обеспечивающая защиту почв от истощения и деградации при сложившемся среднем уровне интенсификации земледелия.

Наиболее ярким, завершающим четвертый технологический уклад, мировым событием стала зеленая революция Н. Борлауга и одновременно осознание экологических последствий хозяйственной деятельности.

Становление пятого технологического уклада в сельском хозяйстве (автоматизация, компьютеризация и информатизация) ознаменовалось началом мировой агротехнологической революции, инициированной «зеленой революцией» Н. Борлауга, которая обусловила скачок в продуктивности пшеницы. Он сопровождался ущербом от применения пестицидов, что вызвало бурный экологический протест. Это противоречие в первом приближении удалось преодолеть созданием интенсивных технологий возделывания новых сортов озимой пшеницы, суть которых заключается в управлении продукционным процессом растений по микропериодам органогенеза с использованием агрохимических и биологических средств по постоянной технологической колее. В 70-х годах в Германии и Голландии были созданы технологии возделывания озимой пшеницы с урожайностью 6...8 т/га. Все последующие годы во многих странах отмечался бурный рост продуктивности земледелия.

Новый импульс этот процесс получил с развитием информатизации, применения ГИС и дистанционных методов зондирования поверхности Земли с использованием GPS. На Западе к 90-м годам сложилась система инновационно-информационного обеспечения земледелия под названием «точное земледелие».

В России попытка перебраться в пятый технологический уклад при незавершенном четвертом была принята в 1985–1990 гг. в виде кампании по освоению заимствованных с Запада интенсивных технологий возделывания пшеницы. К этому времени намечилось заметное оживление в сельском хозяйстве. С 80-х годов началось освоение зональных систем земледелия, инициированное партийным руководством страны. Этим же руководством (В. П. Никонов) было организовано освоение интенсивных агротехнологий на площади 5 млн га. В результате этой кампании средняя урожайность зерновых по стране увеличилась до 1,6 т/га. Однако из-за отсутствия опыта и неподготов-

ленности существенно проявилось загрязнение пестицидами посевов и окружающей среды. В какой-то мере был воспроизведен пестицидный конфликт времен Н. Борлауга с последовавшими протестами различных зеленых, спекуляциями новоявленных политиков.

Несмотря на широкое проявление агрохимического нигилизма, в ряде научных центров страны продолжалась разработка интенсивных агротехнологий с учетом экологических требований. Мощным импульсом развития этой работы стало решение Докучаевской сессии Россельхозакадемии 1992 г., послужившее разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) с пакетами агротехнологий. В середине 90-х годов начинается разработка экспериментальных проектов АЛСЗ в сельскохозяйственных предприятиях различных природных зон. В 2001–2002 гг. был разработан первый цифровой проект адаптивно-ландшафтного земледелия для ОПХ Владимирского НИИСХ [2]. Тем самым было положено начало пятому технологическому укладу в земледелии. На это же время приходится активизация работ по созданию точных агротехнологий.

Технологии адаптивно-ландшафтного земледелия представляют собой комплексы технологических операций по управлению продукционными процессами сельскохозяйственных культур в агроценозах с целью достижения планируемой урожайности и оптимального качества продукции при обеспечении экологической безопасности и определенной экономической эффективности.

Агротехнологии связаны в единую систему управления агроландшафтом через севообороты, системы обработки почвы, удобрения и защиты растений, то есть выступают составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия. При этом они имеют индивидуальное значение, определяемое прежде всего особенностями сорта, его урожайностью, качеством продукции, устойчивостью к болезням, вредителям, засухе, полеганию и др. Сорт диктует агротехнологию, но результат зависит от того, насколько он соответствует агроэкологическим условиям объекта. АЛСЗ реализуются пакетами агротехнологий для различных видов земель в пределах агроэкологической группы. По фактору интенсивности выделены четыре категории агротехнологий: экстенсивные, нормальные, интенсивные и высокоинтенсивные (точные).

Эти агротехнологии различаются, прежде всего, сортами – соответственно толерантными (устойчивы-

ми к неблагоприятным условиям), пластичными и интенсивными. В направлении от экстенсивных агротехнологий к высокоинтенсивным повышаются требования к качеству почв и влагообеспеченности, увеличивается применение удобрений и средств защиты растений, минимизируется обработка почвы, возрастают требования к технике, улучшается качество продукции, усложняется землеоценочная основа, уменьшаются экологические риски, повышаются требования к квалификации специалистов. Эколого-экономическая сущность интенсификации агротехнологий заключается в повышении интеллектуального вклада человека в производство продукции, по сравнению с использованием природно-ресурсного потенциала. В этом отношении агротехнологии существенно различаются.

Экстенсивные агротехнологии ориентированы на использование естественного плодородия почвы. Они носят истощительный характер по отношению к почвам, сопровождаются деградацией ландшафтов, особенно маргинальных.

К нормальным относятся технологии возделывания сельскохозяйственных культур, обеспеченные минеральными, органическими удобрениями, химическими мелиорантами и пестицидами в том минимуме, при котором можно осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранять дефицит элементов минерального питания, находящихся в критическом минимуме, и давать удовлетворительное качество продукции. Эти технологии ориентированы на оптимальную окупаемость производственных ресурсов при бездефицитном или близком к нему балансе основных элементов питания растений с ограниченными рисками деградации почв и ландшафтов. Оптимизация фитосанитарного состояния посевов достигается агротехническими и организационно-хозяйственными средствами с применением химических средств против наиболее вредоносных видов.

Интенсивные агротехнологии рассчитаны на получение планируемого урожая высокого качества интенсивных сортов зерновых культур в системе непрерывного управления продукционным процессом по микропериодам органогенеза. В них обеспечивается оптимальное минеральное питание растений и защита от вредных организмов и полегания. При этом достигается высокий уровень использования их генетического потенциала при минимальных рисках

загрязнения продукции и окружающей среды.

Методология формирования агротехнологий заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции. Объектом интенсивной агротехнологии выступает вид земель, представленный элементарным почвенным ареалом или неконтрастной структурой почвенного покрова с благоприятными почвенными характеристиками. Обязательное условие – выравненность поверхности поля. Управление производственным процессом осуществляется в соответствии с различными шкалами этапов органогенеза. Они позволяют детально контролировать по времени процессы формирования органов растений и на этой основе строить систему ухода за посевами. Вектор развития интенсивных агротехнологий направлен в сторону биологизации, в особенности применения биопрепаратов по борьбе с вредными организмами. Для проведения множества операций по уходу за посевами применяется технологическая колея. Следует подчеркнуть, что интенсивные агротехнологии ориентированы на максимальную прибыль с урожайностью до выхода на плато.

Высокоинтенсивные, или точные агротехнологии отличаются от интенсивных использованием современных электронных средств информатизации, космических методов диагностики посевов, дистанционных средств управления ими. В них обеспечивается высокая точность внесения удобрений и пестицидов, подкормка растений в зависимости от содержания азота в листьях и коэффициента цветности, выборочное опрыскивание сообществ сорняков в посевах. Тем самым достигается экономия препаратов и предельно сокращается опасность загрязнения окружающей среды. Программное управление осуществляется на основе высокоточных ГИС агроэкологической оценки земель.

Поступательное освоение агротехнологий в соответствии с различными условиями составляет ближайшую задачу технологической модернизации земледелия. Для этого созданы необходимые научные предпосылки, имеется внушительное наследие мировой агротехнологической революции и собственный практический опыт. Сдерживающим фактором развития агротехнологий и земледелия в целом представляется отсутствие системы их проектирования и освоения.

Регистры агротехнологий. Исходной позицией для решения этой проблемы выступает систематизация агротехнологий в связи с раз-

нообразием агроэкологических и социально-экономических условий, сельскохозяйственных укладов, сортов растений, приемов обработки почвы, удобрений, защиты растений и др. С появлением в 90-х годах интенсивных агротехнологий и их дифференциацией, эта проблема существенно обострилась и академиком Н. В. Краснощеквым было предложено создание региональных, а впоследствии, федеральных регистров агротехнологий и машин [3]. Для этого В. И. Кирушиным [4] была разработана классификация агротехнологий по уровням интенсификации (экстенсивные, нормальные, интенсивные) и методика формирования регистров агротехнологий [4]. В основу методики были положены модели земледелия и агротехнологий, разработанные по результатам многолетних многофакторных полевых экспериментов в различных регионах Западной Сибири. По этой методике были разработаны Регистры агротехнологий Новосибирской области в составе монографии «Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области» [5]. В основу систематизации множества вариантов агротехнологий было положено выделение базовых технологий и технологических модулей (адаптеров).

Базовая технология представляет собой совокупность взаимосвязанных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственной культуры (с заданными количественными и качественными характеристиками и технико-экономическими показателями), выполняемых в наиболее благоприятных условиях. Базовая технология состоит из звеньев (севооборот, система обработки почвы и посева, система удобрения, защита растений, уборка урожая, послеуборочная обработка зерна, хранение и др.), звенья включают блоки. В частности, система обработки почвы и посева имеет блоки: основная обработка, предпосевная обработка, посев, уход за посевами. Блоки могут состоять из одной или нескольких технологических операций. В зависимости от тех или иных агроэкологических факторов одни и те же блоки могут иметь различные варианты исполнения, которые называются технологическими модулями. Например, в блоке основной обработки почвы в зависимости от почвенных и других условий в качестве модулей возможны: вспашка на разную глубину, безотвальная, плоскорезная, чизельная и другие приемы обработки. Несколько технологических модулей может быть в блоке посева (узкорядный, широкорядный, точный высев), в звене защиты растений (химический, биологический, комбинированный

модули), в звене уборки зерновых культур (прямое комбайнирование, отдельная уборка, с измельчением и разбрасыванием соломы или ее уборкой) и др.

В регистры были включены три категории базовых технологий по уровню интенсивности: экстенсивные, нормальные и интенсивные. Базовые технологии определяются наиболее благоприятными условиями возделывания этой культуры. Приспособление (адаптация базовых технологий к различным природным и производственным условиям) осуществляется с использованием наборов соответствующих модулей.

На основании этой методологии научными учреждениями Россельхозакадемии и Минсельхоза России в 1999 г. был разработан «Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства» [3]. На его основе создан «Федеральный регистр сельскохозяйственных машин». Для осуществления технологической и технической политики в АПК и регулирования рынка машин в МСХ РФ был организован отдел ведения Федерального регистра агротехнологий и машин.

Федеральный регистр агротехнологий и машин сыграл важную роль в формировании государственной агротехнологической и технической политики и содействии сельскохозяйственным товаропроизводителям в принятии обоснованных технологических решений.

Несколько позже был разработан регистр технологий производства зерна в Центральном районе Нечерноземной зоны [6], основанный на тех же положениях. Затем этот процесс прекратился и возобновился спустя десятилетие в виде создания «Регистра технологий возделывания зерновых культур для условий Центрального Черноземья» [7].

Недостатками этих регистров была слабая идентификация агроэкологических условий, в частности почвенного покрова и почв, и неопределенность рекомендаций по подбору сортов сельскохозяйственных культур. Представляется необходимой компенсация этих недостатков созданием реестров агроэкологических видов земель и реестров сортов сельскохозяйственных культур для природно-сельскохозяйственных провинций.

Реестры агроэкологических видов земель. Недостаточная дифференциация агротехнологий применительно к различным почвенным, геоморфологическим, литологическим, гидрологическим и другим агроэкологическим условиям – наиболее узкое место практического земледелия.

Это связано со слабой почвенной подготовкой агрономов, такой же агрономической подготовкой почвоведов – проектировщиков, а также недостаточно формализованной землеоценочной основой. В соответствии с существующими методическими рекомендациями [8] целесообразна разработка региональных систем агроэкологической оценки земель, включающих природно-сельскохозяйственное районирование территории и агроэкологические группировки земель, применительно к природно-сельскохозяйственным провинциям. В соответствии с климатическими условиями провинции осуществляется подбор сельскохозяйственных культур, применительно к агроэкологическим группам земель формируются адаптивно-ландшафтные системы земледелия, и для агроэкологических видов земель разрабатываются агротехнологии. Виды земель характеризуются агроэкологическими и экономическими показателями и оформляются в списки, называемые реестрами. Такие реестры разработаны для Оренбургской [9], Белгородской [10] областей и Центрального Нечерноземья [11].

Виды земель различаются по пригодности под различные культуры и сорта и определяют содержание агротехнологий. Потенциал продуктивности различных видов земель, как видно из таблицы, предопределяется зонально-провинциальными условиями, однако в большой мере зависит от интенсивности агротехнологий (см. таблицу). При этом потенциал интенсивных агротехнологий возрастает с повышением влагообеспеченности. В частности, урожайность зерновых культур по интенсивным агротехнологиям на дерново-подзолистых почвах при их окультуривании оказывается выше, чем на типичных черноземах. В этой связи Нечерноземье представляет собой крупный резерв развития земледелия, который сегодня не используется вследствие оттока

инвестиций в черноземные районы, более выгодные для использования в интенсивных агротехнологиях и менее затратные при интенсификации. В пределах черноземных зон значительно выделяются лугово-черноземные и черноземно-луговые почвы, отличающиеся дополнительным грунтовым и поверхностным увлажнением.

Принадлежность почв к различным видам земель определяет выбор обработки почвы от систем вспашки до нулевой обработки через различные варианты минимальной, глубокой, разноглубинной безотвальной и комбинированной. В пределах эрозийных, переувлажненных, литогенных, засоленных, солонцовых и других групп неблагоприятных земель, оценка их видов осуществляется по условиям, ограничивающим их использование, способам мелиорации и предотвращения деградации. В процессе оценки видов земель выделяются наиболее ценные категории, требующие охраны, а также определяются деградирующие виды, которые должны быть выведены из пашни, если они не подвергаются мелиорации.

Применительно к видам земель формируются регистры технологических операций в базовых технологиях и модулях, которые определяются требованиями растений и различных их сортов.

Реестры сортов. Основой для подбора сортов сельскохозяйственных культур служат материалы Госсорто-сети и соответствующие документы их регистрации. Однако, они недостаточно информативны, и характеризуют потенциальную урожайность культур, полученную на богатых агрофонах. Требуется более адекватная оценка сортов по результатам широких производственных испытаний по их экологической устойчивости, урожайности, качеству продукции, экономической эффективности при различных уровнях интенсификации возделывания. Для этого следует формировать

адекватные реестры сортов применительно к климатическим провинциям природно-сельскохозяйственных зон. Такие реестры должны составляться на основе экологических паспортов сортов, включающих следующие позиции:

- название сорта, год районирования, разновидность;
- назначение использования;
- продолжительность периода вегетации (дней);
- требуемая сумма активных температур (выше 10 °С);
- морозоустойчивость и зимостойкость;
- засухоустойчивость;
- устойчивость к переувлажнению;
- устойчивость к основным болезням;
- устойчивость к полеганию;
- устойчивость к кислотности почв;
- требования к условиям возделывания (толерантные, пластичные, интенсивные);
- потенциальная урожайность при экстенсивном, нормальном и интенсивном возделывании (т/га);
- качество продукции (содержание белка, клейковины и другие наиболее значимые показатели).

Показатели устойчивости должны быть формализованы, выражены в баллах и других единицах и оцифрованы.

Инструментарий точного земледелия. В мировой практике точное земледелие рассматривается как комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (GIS), технологии оценки урожайности (Yield monitor technologies), технологию переменного нормирования (variable rate technology), технологии дистанционного зондирования (ДЗЗ) и решения технологии «интернет вещей». При этом используется множество сервисов, в том числе: системы параллельного вождения; системы управления зерновыми сеялками, опрыскивателями, разбрасывателями удобрений и мелиорантов; системы планировки полей; платформы управления производством в сельскохозяйственных предприятиях; базовые станции RTK и роверные модемы; датчики уровня вегетации; системы контроля глубины обработки почвы; системы контроля внесения и анализа жидких минеральных удобрений; системы контроля высоты штанги; системы контроля сбора урожая; оперативный мониторинг состояния посевов и др.

За рубежом в обеспечении точного земледелия участвуют различные консультационные службы,

1. Урожайность озимой пшеницы на различных видах земель при экстенсивных, нормальных, интенсивных и точных агротехнологиях, т/га

Агроэкологические виды земель	Агротехнологии			
	экстенсивные	нормальные	интенсивные	точные
Средне-южная провинция южно-таежной зоны, Московская область				
Дерново-подзолистая высококультуренная почва	2,7	3,8	6,0	6,6
Дерново-подзолистая среднекультуренная почва	1,7	3,0	5,0	5,5
Дерново-подзолистая слабоглееватая почва	1,4	2,6	4,5	--
Дерново-карбонатная выщелоченная почва	2,5	3,6	5,5	--
Средне-русская провинция лесостепной зоны, Белгородская область				
Чернозем типичный	2,7	3,4	4,9	5,8
Лугово-черноземная почва	2,9	4,0	5,5	6,5
Заволжская провинция степной зоны, Оренбургская область				
Чернозем обыкновенный	1,2	1,6	1,9	--
Лугово-черноземная почва	1,5	1,9	2,4	--

количество которых растет, дилеры оборудования, агенты по продажам удобрений. В наиболее развитых странах, особенно в США, значительные средства на разработку инструментария точного земледелия выделяют правительства. В России сервисы точного земледелия осуществляются в основном благодаря зарубежным компаниям. В определенной мере реализуются приборы и другие средства обеспечения точного земледелия, разработанные в России. Однако этот процесс развивается крайне медленно. В стране нет ни одного предприятия, в котором была бы достигнута системная организация точного земледелия. Необходимо более активное участие государства путем организации инновационно-технологических центров и поддержки инновационного бизнеса.

Литература

1. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: Владар, 1993. 310 с.
2. Модели адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского Ополья / под ред. В. И. Кирышина, А. Л. Иванова. М.: Агроконсалт, 2003. 456 с.
3. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства / под ред. Н. В. Краснощечекова. М.: Информаргротех, 1999. 517 с.
4. Кирышин В. И. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. М.: ТСХА им. К. А. Тимирязева, 1995. 81 с.
5. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / под ред. В. И. Кирышина, А. Н. Власенко. Новосибирск: РПО СО РАСХН. 2002, 388 с.
6. Регистр технологий производства зерна в Центральном районе Нечерноземной зоны России / Н. В. Войтович, В. Г. Егоров, А. А. Гончаренко и др. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2003. 219 с.
7. Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев и др. Курск: ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ РАСХН, 2013. 249 с.
8. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство / под ред. В. И. Кирышина, А. Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформаргротех», 2005. 784 с.
9. Кирышин В. И., Дубачинская Н. Н., Юрова А. Ю. Комплексная оценка сельскохозяйственных земель на примере Южного Урала // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1363–1375.
10. Белгородская модель адаптивно-ландшафтного земледелия / В. И. Кирышин, С. В. Лукин, В. Д. Соловиченко и др. Белгород: Константа, 2019. 273 с.
11. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. СПб: ООО «Квадро», 2020. 278 с.

System of scientific and innovative support of adaptive landscape farming technologies

V. I. Kiryushin

Federal Research Center «Dokuchaev Soil Science Institute», Pyzhevskii per., 7, str. 2b, Moskva, 119017, Russian Federation

Abstract. *The assessment of technological patterns in the world and domestic agriculture is given. The transition from one way of life to another is associated with qualitative leaps, which are marked by industrial, green, agrochemical, transgenic, informatization revolutions. The transition to the sixth technological order is focused on the development of nanotechnology, molecular biology, genetic engineering. A system of innovative support for the design and development of agrotechnologies is proposed, including registers of land types by agroecological groups, registers of crop varieties for natural agricultural provinces, regional registers of agrotechnologies, precision farming tools. Registers of technological operations in basic technologies and modules are formed in relation to types of land, determined by the requirements of plants and their varieties. Registers of varieties should be compiled on the basis of ecological passports of varieties, including the following items: variety name, year of zoning, variety; the purpose of use; duration of the growing season (days); the required amount of active temperatures (above 10 C); frost resistance and winter hardiness; drought resistance; resistance to waterlogging; resistance to major diseases; resistance to lodging; resistance to soil acidity; requirements for cultivation conditions (tolerant, plastic, intensive); potential yield under extensive, normal and intensive cultivation (t/ha); product quality (protein and gluten content, and other the most significant indicators). Resistance indicators should be formalized, expressed in points and other units, and digitized. In the most developed countries, especially in the USA, governments allocate significant funds for the development of precision farming tools. In Russia, precision farming services are carried out mainly thanks to foreign companies. To a certain extent, devices and other means of ensuring precision agriculture developed in Russia are being implemented. However, this process is developing extremely slowly. There is not a single enterprise in the country in which a systematic organization of precision agriculture would be achieved. There is a need for more active participation of the state through the organization of innovation and technology centers and support for innovative business.*

Keywords: registers of agricultural technologies; cultivars; types of land; precision agriculture; levels of intensification.

Author Details: V. I. Kiryushin, member of the RAS, D. Sc. (Biol.), chief research fellow (e-mail: vkiryushin@rambler.ru).

For citation: Kiryushin VI [System of scientific and innovative support of adaptive landscape farming technologies]. *Zemledelie*. 2022;(2):3-7. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.

doi:10.24412/0044-3913-2022-2-7-13
УДК 631.16 : 633.855

Стратегическое значение диверсификации растениеводства

Н. В. СТЕПНЫХ, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: kniish@ketovo.zaural.ru)

Е. В. НЕСТЕРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
А. М. ЗАРГАРЯН, научный сотрудник
С. А. КОПЫЛОВА, научный сотрудник

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, 620142, Российская Федерация

Исследования выполняли с целью изучения экономической эффективности диверсификации культур в севооборотах в условиях Курганской области. Использовали методы монографического и статистического анализов данных из официальных статистических сборников, годовых отчетов сельхозпредприятий, результатов государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур за 2018–2020 гг. В большинстве хозяйств Курганской области сохраняется существенное доминирование яровой пшеницы в структуре посевов (около 80 %). При этом в 2019 и 2020 гг. и экономическое преимущество продемонстрировало хозяйство с большей долей яровой пшеницы в структуре посевов. Замена трёхпольного зернопарового севооборота с монокультурой пшеницы на плодосменный с такими высокомаржинальными культурами, как подсолнечник, соя, горох и озимая пшеница, позволяет повысить экономическую эффективность растениеводства: прибыль увеличивается с 7606 до 22300 руб./га, рентабельность с 64 до 152 %. Включение в структуру посевных площадей зернобобовых и масличных культур открывает возможности для более эффективного использования природно-климатических ресурсов. Одновременно сокращение доли паровых полей может снизить общие потери углерода при его минерализации, что особенно актуально на фоне потепления климата и необходимости уменьшения выбросов углерода в атмосферу. В условиях засухи урожайность масличных культур выше, чем у яровой пшеницы, что обеспечивает увеличение прибыли и рентабельности. Среди масличных целесообразно расширение посевов таких засухоустойчивых культур, как рапс, лен масличный, подсолнечник, среди зернобобовых – горох, соя. Несмотря на высокую расчетную экономическую эффективность диверсифицированных севооборотов на

фоне роста цен на ресурсы, дальнейшее расширение ассортимента возделываемых культур возможно только в крупных хозяйствах с наибольшей финансовой устойчивостью. Для более широкого распространения различных культур в производстве необходимы дополнительные экономические стимулы в виде государственной поддержки.

Ключевые слова: диверсификация, севооборот, структура посевов, плодородие почвы, секвестрация углерода, экономическая эффективность, масличные, озимые культуры.

Для цитирования: Стратегическое значение диверсификации растениеводства / Н. В. Степных, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян и др. // Земледелие. 2022. № 2. С. 7–13. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-7-13.

Диверсификация и специализация сельскохозяйственного производства играют различную роль в его стабилизации в зависимости от тех или иных факторов. Общественное и международное разделение труда позволяет специализироваться на производстве продукции, для которой сложились более благоприятные почвенно-климатические и экономические условия, сформированы навыки и умения, а издержки ниже, чем в других странах или регионах. Это экономически оправдано. Вопросам рациональной специализации и размещения сельскохозяйственного производства в нашей стране уделяли большое внимание в условиях плановой экономики и государственного регулирования организации производства и сбыта продукции. С развитием рыночных механизмов задача оптимального размещения сельскохозяйственного производства приобретает новый смысл с учетом возможности реализации в регионах [1].

Экономическая эффективность при специализации производства достигается использованием высокопроизводительных специализированных машин и снижением потерь рабочего времени благодаря отработанной технологии и организации труда, формированию команды высококвалифицированных специалистов, обеспечивающей высокую производительность труда на всех этапах производства.

В сельском хозяйстве в каждом регионе сформировалась своя специализация с учетом природно-экономических зон для развития, расширения производства и повышения его эффективности [2].

В свою очередь, диверсификация растениеводства обеспечивает стратегическое преимущество, во-первых, с позиции стабильности производства – выращивание экономически значимых культур с различными биологическими требованиями к условиям вегетации позволяет минимизировать риски в случае неурожая одной из них [3], во-вторых, с позиции экологии – в диверсифицированных севооборотах не накапливаются специализированные сорняки, патогены

и вредные организмы и так называемое почвоутомление, которое характерно для бессменных посевов [4].

Севообороты и соответствующие агротехнологии в последние годы приобрели ещё большее значение с позиции природоохранной функции, способствующей активной переработке углекислого газа из атмосферы. Проблема сокращения выбросов CO₂ в атмосферу из-за наблюдающегося потепления климата на фоне всё большего опустынивания поверхности планеты сегодня актуальна как никогда. Один из способов усвоения углекислого газа атмосферы – биологическая секвестрация, то есть поглощение растениями, микроорганизмами, почвой и др. Сельское хозяйство с огромным разнообразием возделываемых культур в этом смысле может быть не только источником выделения такого парникового газа, как CO₂, образующегося в процессе дыхания растений и разложения органических веществ, но и прекрасным его «переработчиком», благодаря фотосинтезу. Значительный потенциал сокращения выбросов углерода связан с переходом на методы карбонового земледелия, которые направлены как на депонирование углерода из атмосферы в почву, так и на снижение темпов его потерь вследствие оставления растительных остатков, уменьшения интенсивности эрозионных процессов, снижения агрохимической нагрузки (удобрения, СЗР), а также использования методов ведения земледелия, обеспечивающих в процессе хозяйствования восстановление здоровья почв и сохранение их плодородия [5, 6].

Гумусосберегающие технологии в отечественном земледелии обеспечивают системы севооборотов, которые поддерживают баланс органического вещества в почвах. Повышение гумусированности почв сопровождается как увеличением содержания связанного углерода, так и накоплением элементов питания (азот, фосфор, калий и др.), что приводит к улучшению водно-физических свойств, структурного состояния почв, их аэрации, водоудерживающей способности и других показателей плодородия.

Важнейшими факторами, влияющими на динамику накопления углерода в почве, выступают технологии возделывания культур. Ведущим вектором ресурсосбережения, набирающим всё большее распространение в современном земледелии, служит минимизация почвообработки, которая призвана способствовать снижению минерализации гумуса и увеличению накопления органического вещества. Эта технология, обеспечивающая сохранение мульчирующего слоя и снижение испарения почвенной влаги, имеет первостепенное значение, прежде всего, в засушливых условиях. Так, в результате многолетних опытов на черноземах лесостепной зоны

Западной Сибири установлено, что, несмотря на отсутствие существенного влияния приемов поверхностной обработки в течение 9 лет на повышение общего содержания легкоминерализуемого вещества почвы во всем пахотном слое 0...25 см, отмечено перераспределение его фракций по слоям. Наибольшее содержание органического углерода отмечено в севообороте с сидеральным паром [7].

Аналогичную послонную дифференциацию содержания гумуса на фоне нулевой и минимальной обработок наблюдали и в условиях Центрального Черноземья, где положительное влияние на величину этого показателя в первую очередь оказали органические удобрения, использование сидерального (по сравнению с чистым) пара и многолетних бобовых культур [8]. Таким образом, для карбонового земледелия при переходе на минимальные и нулевые технологии ведущую роль играет севооборот, прежде всего, плодосменный.

Грамотно выстроенный севооборот, включающий как однолетние, так и многолетние, в том числе бобовые, культуры способствует повышению микробиологической активности почвы [9] и содержания гумуса [10]. По итогам широкомасштабных исследований, организованных учеными из МСХА им. К. А. Тимирязева во 2-й половине XX века по зонам страны, установлено, что даже высокий уровень интенсификации земледелия не компенсирует 1,5...1,7 кратное снижение урожайности при нарушении научно обоснованных севооборотов, при этом отмечаются деградация почв, массовое распространение сорняков и поражение культурных растений болезнями и вредителями [11].

Особое значение имеют зональные особенности климата. В засушливых условиях, характерных для таких географических районов РФ, как Поволжье, Урал, Западная Сибирь (преимущественно южные зоны) и др., севооборот с набором различных культур позволяет использовать природный потенциал более засухоустойчивых из них, замещать часть паровых полей для снижения темпов минерализации гумуса.

По данным курганских ученых, в условиях засушливого Зауралья за 9 лет (2008–2016 гг.) поверхностной обработки выщелоченного чернозема содержание гумуса в пахотном слое сохранилось на одном уровне или повысилось на 0,1 %, по сравнению с отвальной вспашкой на неудобренном фоне, и на 0,2...0,4 % при внесении N₂₀ в зернопаровом и N₄₀ в зернопропашном севооборотах. В то же время при посеве пшеницы бессменно отмечено снижение гумуса даже на фоне удобрения на 0,1 %, а без их применения – на 0,5 % [12].

В большинстве публикаций важная роль отводится внесению в севообо-

ротах удобрений, так как они способствуют, во-первых, формированию большей вегетативной биомассы и, как следствие, растительных остатков, а во-вторых, гумификации этих растительных остатков до гуминовых и фульвокислот, закрепляющих углерод в органическом веществе почвы. Это свидетельствует о необходимости комплексного подхода при переходе к минимизации почвообработок, который должен происходить не только в системе севооборота, но и на фоне улучшенного режима питания. При этом диверсификация севооборотов должна учитывать не только разнообразие культур, но и экологически безопасную интегрированную их защиту [13, 14, 15], устойчивость ко всё более распространяющейся на территории РФ засухе и другим стрессорам с учетом местных почвенно-климатических условий и их возможных изменений [16].

Между тем, пока разрабатывается законодательный механизм экономического стимулирования развития карбонового и экологического земледелия, сельхозтоваропроизводителю приходится ориентироваться на экономическую целесообразность диверсификации севооборотов в реальных современных условиях рынка. И если её необходимость с позиции экологизации земледелия вполне понятна, то экономическая сторона этого вопроса ввиду меняющихся цен на продукцию и средства производства требует постоянного мониторинга, в том числе с учетом региональных природных особенностей.

Цель исследований – изучение экономической эффективности различных вариантов структуры использования пашни в Курганской области.

Работу выполняли в лаборатории экономики и инновационного развития Курганского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме № 0532-2021-0002 «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и био-препаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия». В процессе исследования использовали монографический, статистический, аналитический и графический методы анализа данных, при определении экономической эффективности применяли компьютерную программу для расчета технологических карт производства различных культур

по общепринятым в хозяйствах технологиям (Жукова О. А., Заргарян А. М., Степных Н. В. *Проектирование технологий выращивания сельхозкультур: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2017662369, 03.11.2017*). Информационно-эмпирическая база для расчета экономической эффективности основана на открытых данных Федеральной службы государственной статистики, итогов испытания Госсорткомиссии, сводных отчетов сельхозпредприятия Департамента АПК Курганской области.

Природные условия Курганской области, расположенной в Зауралье, в юго-западной части Западно-Сибирской низменности, способствуют активному развитию отрасли растениеводства. Почвенный покров представлен преимущественно чернозёмами выщелоченными и обыкновенными, распространены солонцеватые почвы и солонцы. Регион характеризуется резко-континентальным климатом с преобладанием ветров южного и юго-западного направления, продолжительной малоснежной зимой и коротким жарким летом с периодически повторяющейся засухой. Годовая сумма осадков составляет 390 мм, из них за период с мая по август выпадает 202 мм (<http://www.pogodaiklimat.ru/climate/28661.htm>). Засушливость и континентальность климата постепенно нарастают с северо-запада на юго-восток, определяя природную зональность (северо-западная, восточная, центральная и южная зоны). Динамика изменения среднегодовых значений температуры воздуха и суммы осадков, проанализированная за последние 90 лет, свидетельствует о постепенном потеплении, засушливость вегетационного периода по десятилетиям характеризуется скорее цикличностью, чем определенным трендом. В последние десятилетия зона засушливости стала расширяться к северу и востоку (*Проблемы экологизации зернового производства и пути их решения в Зауралье / Под ред. С.Д. Гилева. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2018. 224 с.*). Несмотря на высокие температуры в летний период, спектр сельскохозяйственных культур ограничен его небольшой продолжительностью для вегетации растений, сумма положительных температур за период выше 5 °С составляет от 1600 °С в холодные годы в северо-западной зоне до 2200 °С в жаркие годы в южной зоне. Общая сумма положительных температур за последние десятилетия варьирует в пределах 2300...2400 °С.

Узкая зерновая специализация растениеводства, с одной стороны, позволяет лучше изучить и организовать качественное выполнение технологического процесса выращивания культуры, обеспечивающее приемлемую рентабельность производства, с другой, ограничивает

разнообразие биологических процессов в почве, характерных для разных видов культур, что снижает экологическую и, как следствие, экономическую устойчивость растениеводства. Расширение набора культур с разными требованиями к условиям посева, вегетации и уборки, в течение полевого сезона, дает возможность эффективнее использовать время (маневрировать сроками выполнения полевых работ), почвенную влагу (благодаря культурам с глубокой корневой системой), сокращать пестицидную нагрузку (путем чередования культур с высокой конкурентной способностью и пространственной изоляции полей одной культуры) и получать дополнительный доход (посредством вложений в выращивание высокомаржинальных культур).

Ведущей сельскохозяйственной культурой (около 60...80 % в структуре посевов) в АПК региона, устойчиво вызревающей и дающей стабильный (хотя не всегда высокий) урожай во все годы, выступает яровая мягкая пшеница. В то же время, набор полевых культур, биологические требования которых удовлетворяют сложившиеся почвенно-климатические условия Зауралья, достаточно широк – рожь, ячмень, овес, просо, озимая рожь и пшеница, кукуруза на силос и на зерно, горох, чечевица, соя, гречиха, рапс, подсолнечник, лен масличный, картофель и корнеплоды, менее распространенные, но вызревающие нут, конопля, рыжик, сафлор, существенную долю в структуре посевов занимали кормовые культуры. Однако фактически в производстве складывается преимущественно зерновая специализация, зачастую переходящая в монокультуру яровой мягкой пшеницы.

Рыночные преобразования в 90-е годы прошлого века в АПК Курганской области, как и во всей стране, привели к резкому сокращению поголовья животных и, как следствие, площади под кормовыми культурами, среди которых были и многолетние бобовые травы, обогащающие почву органическим веществом. В результате нарушились научно обоснованные зернотравопаровые и плодосменные севообороты. Даже в довоенный 1940 г. доля кормовых культур была в 1,5 раза выше, чем сегодня (рис. 1). В структуре посевных площадей увеличилась доля зерновых культур: в Уральском федеральном округе – с 55 % в 1990 г. до 65 % в 2020 г., в Курганской области – с 59 до 80 %. С 2021 г. в Зауралье наметилась тенденция к увеличению доли масличных, зернобобовых, озимых культур, но площади посевов кормовых культур продолжают снижаться.

Доминирование зерновых на протяжении трех десятилетий в Курганской области (как и во многих других регионах РФ) негативно отражается на состоянии отрасли растениеводства: возникает ор-

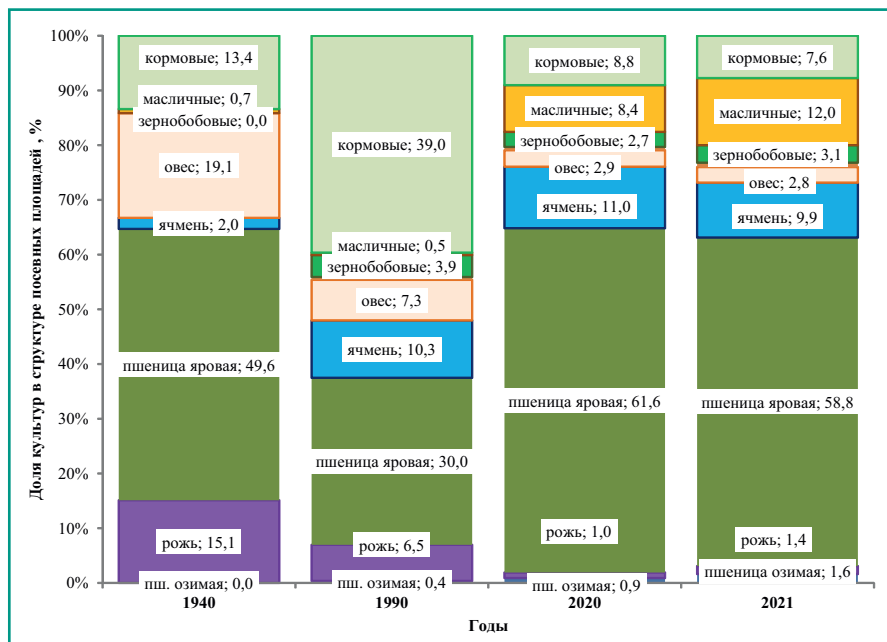


Рис. 1. Структура посевных площадей в Курганской области в различные годы.

ганизационная напряженность полевых работ в пиковые периоды (при посеве и уборке), отмечается экономическая нестабильность работы сельхозпредприятий, без животноводческой отрасли практически отсутствует поступление на поля органических удобрений. Внесение как органических, так и минеральных удобрений в последние годы стало экономически невыгодно, так как прибавка урожая не компенсирует значительные затраты на их приобретение [17]. В результате природного и экономического дисбаланса в почвах происходит снижение содержания гумуса, основного показателя плодородия, характеризующего устойчивость продуктивности агроценозов.

Один из экологических и экономических обоснованных путей повышения плодородия – включение в севооборот зернобобовых культур, среди которых в условиях Зауралья могут вызревать и успешно возделываться горох, соя, вика, чечевица, нут. Горох, например, не только обеспечивает сохранение плодородия почвы, но и позволяет оптимизировать полевые работы, его посев можно проводить в начале мая, а уборку в первой половине августа. Благодаря посевам гороха можно сократить площади под яровой пшеницей и тем самым сдвинуть сроки уборки на более ранние при благоприятных погодных условиях. При этом уровень рентабельности производства зернобобовых культур ежегодно имеет преимущество перед яровой пшеницей (рис. 2).

Изменения погодных и экономических условий по-разному влияют на культуры с различными биологическими параметрами (более продолжительная вегетация позволяет использовать осадки в течение всего периода роста и развития; глубокая стержневая корневая

система повышает засухоустойчивость): неблагоприятные условия для яровых могут быть благоприятными для озимых или масличных и наоборот.

На фоне наблюдающегося в последние годы потепления зим в Уральском регионе и Сибири отмечается постепенный рост посевных площадей озимых ржи и пшеницы. Благодаря стабильной урожайности в большинстве лет производство озимой ржи в области более рентабельно, несмотря на меньшую цену реализации зерна (см. рис. 2). В свою очередь озимая пшеница, по сравнению с рожью, не имеет ограничений по сбыту. По данным Курганского НИИСХ, в питомниках и на производственных полях размножения с 2011 по 2020 гг. озимая пшеница ни разу не погибала и

её урожайность в конкурсном сортоиспытании была на 0,22 т/га выше, чем у яровой (2,80 против 2,58 т/га) [18]. При этом уборка озимой пшеницы проходит в конце июля-начале августа, это снижает напряженность в использовании уборочной техники вследствие более раннего начала и позволяет избежать неблагоприятной погоды во второй половине сентября и октябре, когда необходимо убирать большие площади яровой пшеницы. Как правило, в период уборки озимых зерновых культур цена на зерно выше, чем в более поздние сроки, когда его предложение резко возрастает. Средства от реализации такого зерна могут служить своего рода кредитом на последующие уборочные работы. Доля посевов озимых ржи и пшеницы в Курганской области в последние годы стала расти и в сумме достигла 2,6 %, однако это все еще существенно ниже 6,5 % в 1990 г. (см. рис. 1).

Важным направлением диверсификации посевных площадей сельскохозяйственных культур выступает расширение посевов масличных культур, которые благополучно вызревают в условиях Зауралья (подсолнечник, рапс, лен масличный). Они обладают рядом преимуществ. Во-первых, эти культуры в большинстве своем засухоустойчивы, имеют стержневую корневую систему, проникающую за влагой и элементами питания в более глубокие слои почвы. Во-вторых, такой тип корневой системы служит естественным почвенным разрыхлителем, что имеет особое значение при минимальной или нулевой почвообработке в ресурсосберегающих технологиях карбонового земледелия. В-третьих, в связи с более продолжительным (подсолнечник) или коротким (лен масличный) вегетац-

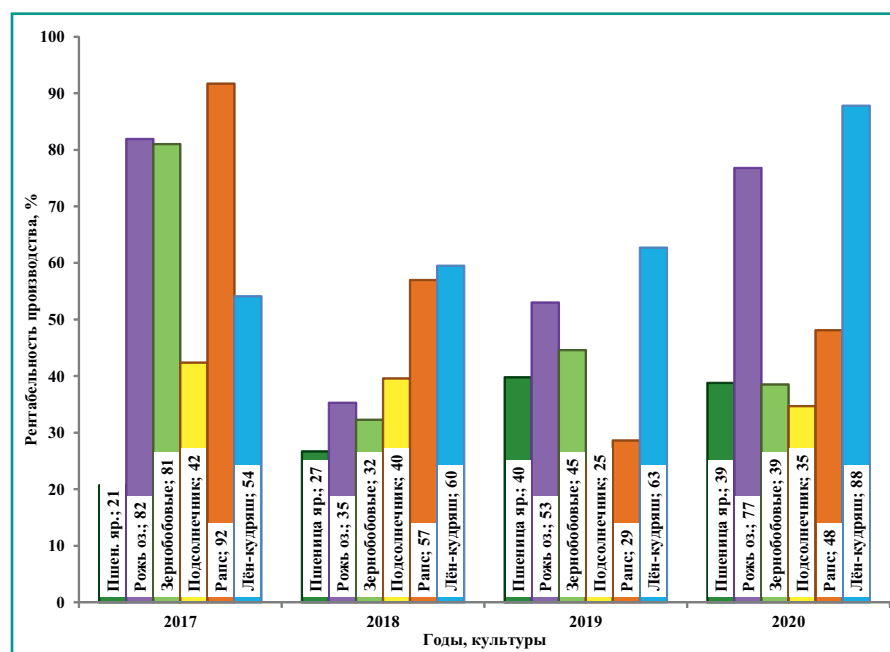


Рис. 2. Рентабельность производства основных полевых культур в сельскохозяйственных организациях Курганской области, %.

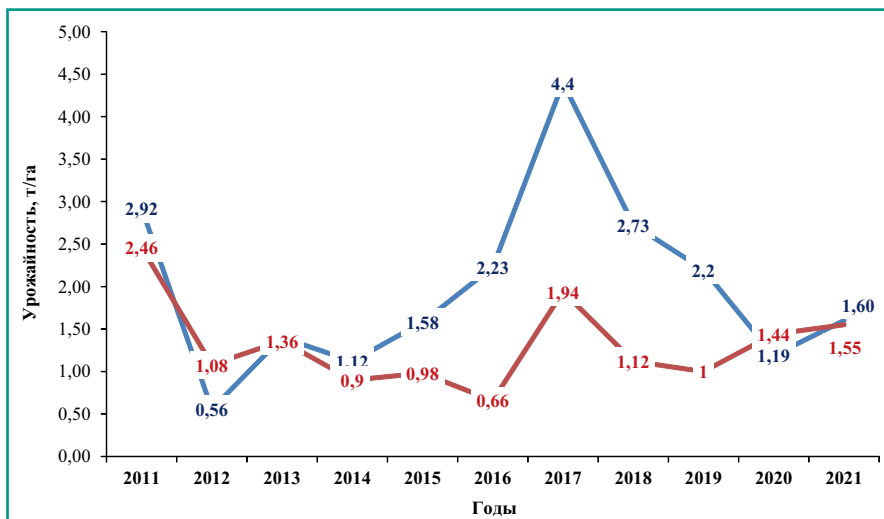


Рис. 3. Урожайность яровой пшеницы и подсолнечника на Куртамышском госсортоучастке (по данным Госсортокомиссии по Курганской области за 2011–2021 гг.): — — яровая пшеница, т/га; — — подсолнечник, т/га.

онным периодом их уборка проводится до (в августе) или после зерновых (в сентябре–октябре) без потери качества продукции. Это также разгружает нагрузку на комбайн в основной период уборки. В-четвертых, цена маслосемян в современных рыночных условиях существенно превышает цену зерна пшеницы. При этом урожайность, например, возделываемых в условиях Зауралья подсолнечника, рапса и масличного льна в последние годы приближается к уровню зерновых культур.

В условиях засухи масличные культуры по урожайности выравниваются с зерновыми, а в отдельные годы даже превосходят их. Например, на Куртамышском госсортоучастке в острозасушливом 2012 г. (ГТК за май–август составил 0,4) урожайность подсолнечника была почти в 2 раза выше яровой пшеницы, в 2021 г. (ГТК за май–август = 0,5) – на 0,05 т/га (рис. 3).

Учитывая более высокий, по сравнению с зерновыми, уровень цен на продукцию подсолнечника, рапса и льна масличного, эффективность их возделывания очевидна особенно в засушливые годы. В большинстве лет при производстве масличных культур хозяйства получают более высокую прибыль и рентабельность, по сравнению с яровой пшеницей (см. рис. 2). Но если, по данным Росстата, площади под масличным льном в Курганской области с 2015 г. ежегодно увеличиваются и с 15 тыс. га достигли 123 тыс. га в 2021 г., то рапс и особенно подсолнечник не столь популярны у сельхозтоваропроизводителей. Площадь подсолнечника, достигнув максимума, 35 тыс. га в 2016 г., за последние 5 лет варьирует в пределах 15...26 тыс. га, рапса – 13...33 тыс. га (максимум в 2017 г. – 49 тыс. га).

Результаты наших исследований, основанные на условном примере расчета технологических карт производства

различных культур по общепринятым в хозяйствах технологиям, показали, что по сравнению с монокультурой сочетание различных культур в посевах стабилизирует производство и доходы предприятий. Так, если наиболее распространенный в Курганской области трёхпольный зернопаровой севооборот (по существу монокультура пшеницы), в котором 67 % занимает яровая пшеница и 33 % – пар, заменить, например, на плодосменный (рис. 4), в котором яро-

Пар	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Горох	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Соя	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Подсолнечник
-----	----------------	----------------	-------	----------------	----------------	-----	----------------	----------------	--------------

Рис. 4. Размещение культур в десятипольном плодосменном севообороте.

вая пшеница будет занимать лишь 50 %, а озимая пшеница, подсолнечник, горох и соя по 10 %, с частичным сохранением пара (10 % под посев озимой пшеницы), то экономическая эффективность растениеводства существенно возрастает (табл. 1). Причем из масличных культур для примера взяты именно подсолнечник, рентабельность которого по области в среднем меньше, чем у высокомаржинального в последние 2...3 года льна-кудряша (масличного), но она стабильнее (то есть не учитывает

резкое повышение цены на маслосемена льна, связанное в первую очередь с увеличением спроса на экспорт).

Увеличение стоимости техники при переходе с трёхпольного зернопарового (13300 руб./га) на плодосменный севооборот (16000 руб./га) происходит вследствие расширения посевной площади при сокращении пара и введения культур, возделывание которых предполагает большее количество технологических операций, в частности, обработок по защите растений. В то же время техника эксплуатируется более эффективно. Например, трактор К-744 в зернопаровом севообороте используют на полевых работах 1352 ч за сезон, а в плодосменном – 1646 ч, посевной комплекс «Агрмастер», соответственно, 623 и 934 ч, зерноуборочный комбайн «Акрос» – 369 и 507 ч. Несмотря на рост материально-денежных затрат в плодосменном севообороте с 11888 до 14658 руб./га, или в 1,23 раза, прибыль увеличивается с 7606 до 22300 руб./га, или в 2,9 раза, рентабельность – с 64 до 152 % (см. табл. 1).

Результаты анализа структуры использования пашни свидетельствуют, что доля яровой пшеницы в Курганской области в среднем составляет 56...59 %, а всех зерновых культур – около 80 %. Такое доминирование (в первую очередь яровой пшеницы) можно объяснить выбором сельхозтоваропроизводителей в

пользу более привычного и отработанного многолетним опытом производства зерновых. Усложнение диверсифицированного сельхозпроизводства оказывается зачастую менее привлекательно на фоне постоянного диспаритета цен на продукцию и ресурсы, так как оно не всегда дает сразу же соответствующее повышение доходов, все затраты на приобретение и обслуживание дополнительной специализированной техники для возделывания новых культур возникают в первые же годы, что бывает не

1. Экономическая эффективность зернопарового и плодосменного севооборотов (расчетная)*

Показатель	Севооборот		Отношение показателей плодосменного к зернопаровому севообороту, %
	зернопаровой	плодосменный	
Стоимость используемой техники, руб./га	13300	16000	120
Затраты труда, чел.-час/га	2,7	3,3	122
Материально-денежные затраты, руб./га	11888	14658	123
Расчетная продуктивность севооборота, тыс. зерн.ед./га пашни	1,5	2,1	140
Стоимость продукции, руб./га	19494	36958	190
Прибыль, руб./га	7606	22300	293
Рентабельность, %	64	152	238

*урожайность культур для расчета взята на основе многолетних результатов научных исследований Курганского НИИСХ: для яровой пшеницы по зерновым – 2,00 т/га, по пару, гороху, сое – 2,56 т/га, озимой пшеницы – 2,76 т/га, подсолнечника – 2,00 т/га, гороха – 2,56 т/га и сои – 0,95 т/га.

2. Рентабельность реализованной продукции растениеводства в зависимости от доли яровой пшеницы и других культур в структуре посевных площадей (2018–2020 гг.)

Группа	Число хозяйств	Площадь посевов, га	Доля посевов, %			Рентабельность реализованной продукции, %
			пшеницы	зерновых	масличных	
2018 г.						
1	57	5259	35	64	20	32
2	57	5455	62	84	6	33
3	57	2508	86	93	3	14
Среднее	171 (всего)	4408	56	78	11	30
2019 г.						
1	51	5621	36	69	15	35
2	52	5513	60	83	6	36
3	52	3769	82	92	5	49
Среднее	155 (всего)	5043	56	80	9	39
2020 г.						
1	51	4665	37	70	16	39
2	51	6657	62	83	7	49
3	50	2912	85	92	2	33
Среднее	152 (всего)	4757	59	81	9	44

по силам многим предприятиям. Группировка сельскохозяйственных предприятий Курганской области по доле яровой пшеницы, зерновых и масличных культур в структуре посевных площадей показала, что в 2018 г. с увеличением доли пшеницы в посевах рентабельность реализованной продукции снижалась (табл. 2), в 2019 г. – повышалась, в 2020 г. – сначала повышалась, а при еще большей специализации начала снижаться, что может быть связано с ростом цен на масличные культуры (см. табл. 2). При этом 2018 и 2019 гг. характеризовались относительно благоприятными погодными условиями для производства сельскохозяйственных культур в Зауралье (ГТК за май–август был равен 0,9), а 2020 г. был острозасушливым (ГТК составил 0,5).

Группировка по уровню рентабельности реализованной растениеводческой продукции (табл. 3) свидетельствует о том, что в различных группах доли яровой пшеницы и зерновых в структуре посевной площади были примерно одинаковыми. Оказалось, что рентабельность зависела, прежде всего, от урожайности, затрат на выращивание культур, а также от цен на продукцию зерновых культур, которые существенно выросли: в 2019 г. к уровню 2018 г. на 36 %, в 2020 г. – на

61 %. В 2019 г. предприятия третьей группы, в которой рентабельность была самой высокой, по сравнению с первой, реализовали зерно на 25 % дороже, в 2020 г. – на 18 %.

Рентабельность, как и урожайность культур, оказалась тесно связана с размерами посевных площадей (см. табл. 3). В более крупных предприятиях благодаря лучшей обеспеченности техникой, специалистами и цифровыми средствами управления растениеводством, обоснованному, грамотному и организованному выполнению и оперативному контролю технологий выращивания сельскохозяйственных культур, есть возможность постепенно приобретать новую технику, закупать ресурсы по более низким оптовым ценам и реализовывать продукцию по более высоким ценам, вследствие прямых поставок крупным переработчикам. Кроме того, в отличие от крупных предприятий, в мелких сложнее, а в некоторых и невозможно, организовать систему севооборотов.

Несмотря на то, что секвестрация углерода в виде накопления органического вещества почвы в севооборотах в системе карбонового земледелия представляется стратегической и в перспективе экономически выгодной (посредством карбоновых выплат) задачей,

но решать ее хозяйствующие субъекты могут только при условии получения достаточной прибыли уже сегодня.

Диверсификация посевов должна проходить поэтапно. Начинать ее следует с зерновой отрасли, вводя новые высокопродуктивные и стрессоустойчивые зерновые культуры, в том числе озимые, а также сорта разных групп спелости, позволяющие эффективнее использовать производственные ресурсы. При переходе на новые культуры потребуются время на освоение севооборотов и технологий, приобретение техники, создание дополнительных складских помещений, налаживание каналов сбыта продукции.

Для того чтобы необходимая с экологической стороны секвестрация углерода в диверсифицированных севооборотах происходила, необходимо на фоне диспаритета цен между средствами производства и сельскохозяйственной продукцией [19] находить пути дополнительного государственного стимулирования дальнейшей диверсификации культур.

За рубежом появились новые экономические стимулы по секвестрации углерода и сохранения почвенного плодородия: сельскохозяйственные организации, которые используют севообороты и агротехнологии, позволяющие сохранять углерод в почве, имеют возможность продавать его накопленный эквивалент на рынке. На сегодняшний день объем мировой торговли карбоновыми фьючерсами превысил 100 млрд долл. США, в течение следующего десятилетия ожидается его многократный рост, что сделает карбоновую отрасль одной из ведущих в глобальной экономике. В России Минобрнауки в феврале 2021 г. запустило пилотный проект по созданию на территории регионов России карбоновых полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса [20]. Однако без ощутимой государственной финансовой поддержки, компенсирующей часть издержек сельхозпредприятий на при-

3. Рентабельность реализованной продукции растениеводства и доля яровой пшеницы, зерновых, масличных культур в структуре посевных площадей и чистых паров в пашне (2018–2020 гг.)

Группа	Число хозяйств	Средняя площадь посевов, га	Рентабельность реализованной продукции, %	Доля в посевах, %			Доля чистых паров, %	Урожайность зерновых, т/га	Цена зерна, руб./т
				яровой пшеницы	зерновых культур	масличных культур			
2018 г.									
1	55	2980	-10	56	80	6	19	1,21	6421
2	55	4239	14	56	78	9	18	1,54	6842
3	55	5899	44	58	79	12	20	1,93	7872
Среднее	165 (всего)	4373	26	57	79	10	19	1,64	7350
2019 г.									
1	49	4051	8	55	82	8	19	1,51	8742
2	49	3472	29	57	76	11	19	1,62	9072
3	49	6814	60	59	81	9	18	2,06	10963
Среднее	147 (всего)	3831	33	57	80	9	18	1,80	10025
2020 г.									
1	47	4116	7	55	78	8	17	1,21	10551
2	47	5702	33	57	83	9	15	1,44	11592
3	48	8534	65	61	80	9	19	1,53	12415
Среднее	142 (всего)	6134	41	58	81	9	18	1,43	11818

обретение техники, в таких регионах рискованного земледелия, как Курганская область, карбонизация земледелия на основе диверсификации севооборотов может затормозиться.

Таким образом, диверсификация растениеводства имеет важнейшее стратегическое значение в земледелии. С позиции потенциала дополнительного использования местных почвенно-климатических ресурсов, стабилизации общей продуктивности и доходности предприятия в разные годы наиболее перспективны бобовые, озимые и масличные культуры. В большинстве лет при реализации продукции масличных культур хозяйства получают наиболее высокую прибыль и рентабельность.

Диверсификация посевных площадей позволяет вести рентабельное производство. Несмотря на рост материально-денежных затрат при переходе с зерно-пшеничного на плодосменный севообороты с 11888 до 14658 руб./га, или в 1,23 раза, прибыль увеличивается с 7606 до 22300 руб./га, а рентабельность – с 64 до 152 %.

Отсутствие заинтересованности в совершенствовании структуры посевных площадей в Курганской области объяснимо усложнением производства, необходимостью приобретения новой техники, строительства дополнительных мощностей для сушки и хранения продукции, что можно успешно реализовать преимущественно в крупных хозяйствах и агрохолдингах. Для более активной диверсификации севооборотов необходима дополнительная государственная поддержка.

Литература

- Белова Т. Н. Процессы импортозамещения в агропродовольственной сфере // Экономика региона. 2019. Т. 15. Вып. 1. С. 285–297. doi: 10.17059/2019-1-22.
- Бессонова Е. В., Утенкова Т. И. Размещение и специализация агропромышленного производства в Сибири // АПК: Экономика, управление. 2020. № 9. С. 20–29. doi: 10.33305/209-20.
- Стелных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М. Перспективы расширения производства масличных культур в Уральском регионе // Аграрный вестник Урала. 2021. № 5 (208). С. 89–102. doi: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-89-102.
- Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139. doi: 10.1134/s0032180x19070062.
- Greenhouse gas fluxes and mitigation potential for managed lands in the Russian Federation / A. A. Romanovskaya, V. N. Korotkov, P. D. Polumieva, et al. // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2020. Vol. 25. No. 4. С. 661–687. doi: 10.1007/s11027-019-09885-2.
- Soil carbon 4 per mille / В. Minasny, В. P. Malone, A. V. McBratney, et al. // Geoderma. 2017. Vol. 292. P. 59–86. doi: 10.1016/j.geoderma.2017.01.002.
- Sharkov I. N., Samokhvalova L. M., Mishina P. V. Transformation of soil organic matter in leached chemozems under minimized treatment in the forest-steppe of West Siberia // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. No. 7. С. 824–830. doi: 10.1134/s1064229316070097.
- Никитин С. Н., Якунин А. И. Влияние средств химизации и биологизации на эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 28–32.
- Dubova L., Ruža A., Alsina I. Soil microbiological activity depending on tillage system and crop rotation // Agronomy Research. 2016. Vol. 14. No. 4. 1274–1284.
- Karabutov A. P., Tyutyunov S. I., Solovichenko V. D. Humus status of typical black soil under different intensity of arable land usage // EurAsian Journal of BioSciences. 2019. Vol. 13. No. 2. С. 1317–1321.
- Лошаков В. Г. Развитие учения о севообороте в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева // Земледелие. 2017. № 2. С. 3–9.
- Динамика плодородия почвы при возделывании яровой пшеницы в севооборотах и бесменно в зависимости от системы удобрений и обработки / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, Ю. В. Суркова и др. // Земледелие. 2017. № 4. С. 22–26.
- Голубев А. С., Берестецкий А. О. Перспективные направления использования биологических и биорациональных гербицидов в растениеводстве России // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 5. С. 868–884. doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.868rus.
- Анализ продовольственного зерна в Российской Федерации на загрязненность широким спектром микотоксинов (на примере урожая 2018 года) / М. Г. Киселева, И. Б. Седова, З. А. Чалый и др. // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 3. С. 559–577. doi: 10.15389/agrobiology.2021.3.559rus.
- State support improvement for ecological land-use in terms of transition to rural territory sustainable development / A. V. Turyansky, I. N. Merenkova, A. I. Dobrunova, et al. // Amazonia Investiga. 2018. Vol. 7. No. 15. С. 13–19.
- Ласточкина О. В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Vaccillus spp.*: механизмы реализации и практическая значимость // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 5. С. 843–867. doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.843rus.
- Коновалова Л. К., Окорков В. В., Ильин Л. И. Экономическая оценка агротехнологий при различных системах удобрения и уровнях интенсивности // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 85–90.
- Стабильность урожая озимой пшеницы и возможность ее возделывания в Зауралье / Л. Т. Мальцева, Е. А. Филиппова, Н. Ю. Банникова и др. // Кормопроизводство. 2020. № 7. С. 32–36. doi: 10.25685/km.2020.7.2020.005.
- Стелных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М. Влияние цифровизации управления агротехнологиями на эффективность использования ресурсов // АПК: Экономика, управление. 2020. № 8. С. 46–65. doi: 10.33305/208-46.
- Глобальный климат и почвенный покров – последствия для землепользования России / А. Л. Иванов, И. Ю. Савин, В. С. Столбовой и др. // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2021. № 107. С. 5–32. doi: 10.19047/0136-1694-2021-107-5-32.
- Гилев С. Д., Волынкина О. В., Суркова Ю. В. Влияние природных и агротехнических факторов на содержание гумуса в почве // Агротехнический вестник. 2020. № 4. С. 36–45. doi: 10.24411/1029-2551-2020-10053.

Strategic importance of crop production diversification

N. V. Stepnykh, E. V. Nesterova, A. M. Zargaryan, S. A. Kopylova
Ural Federal Agrarian Scientific Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, ul. Belinskogo 112 A, Ekaterinburg, Sverdlovskaya obl., 620142, Russian Federation

Abstract. We studied the economic efficiency of crop diversification in crop rotations under the conditions of the Kurgan region. Methods of monographic, statistical analysis of data from official statistical collections, annual reports of agricultural enterprises, results of state variety testing of agricultural crops for 2018–2020 were used. In most farms in the Kurgan region, a significant dominance of spring wheat in the structure of crops remained (about 80%). At the same time, in 2019 and 2020, farms with a larger share of spring wheat in the structure of crops had an economic advantage. The replacement of a three-field grain-fallow crop rotation with a wheat monoculture with a crop rotation with such high-margin crops as sunflower, soybean, pea and winter wheat makes it possible to increase the economic efficiency of crop production; the profit increased from 7606 to 22300 rubles/ha, profitability raised from 64 to 152%. The inclusion of legumes and oilseeds in the structure of sown areas opens up opportunities for more efficient use of natural and climatic resources. At the same time, a reduction in the share of fallow fields can reduce the total loss of carbon during its mineralization, which is especially important against the background of climate warming and the need to reduce carbon emissions into the atmosphere. Under drought conditions, oilseed yields are higher than those of spring wheat, which provides increased profits and profitability. Among oilseeds, it is recommended to expand the crops of drought-resistant cultures such as rapeseed, oilseed flax, sunflower, among leguminous crops – pea, soybean. Despite the high estimated economic efficiency of diversified crop rotations, against the background of rising resource prices, further expansion of the range of cultivated crops is possible only in large farms with the greatest financial stability. For a wider distribution of various crops into production, additional economic incentives in the form of state support are needed.

Keywords: diversification; crop rotation; crop structure; soil fertility; carbon sequestration; economic efficiency; oilseeds; winter crops.

Author Details: N. V. Stepnykh, Cand. Sc. (Econ.), leading research fellow (e-mail: kniish@ketovo.zaural.ru); E. V. Nesterova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; A. M. Zargaryan, research fellow; S. A. Kopylova, research fellow.

For citation: Stepnykh NV, Nesterova EV, Zargaryan AM, et al. [Strategic importance of crop production diversification]. *Zemledelie*. 2022;(2):7-13. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-7-13.

ЗАВОД АГРОМАШ

«Сохраним зерно
вместе»

- ✓ Более 300 объектов,
работающих в странах СНГ и ЕС
- ✓ Европейский сертификат
- ✓ Все объекты делаем под ключ

✓ Зерносушилки модульного типа
на газе, дизеле, соломе, щепе, пеллете

✓ Нории, транспортеры

✓ Силоса с плоским и конусным дном

✓ Строительство ЗАВ, КЗС

<http://www.zavagromash.ru>

<http://zavagromash31.ru>

☎ 8 961 198 54 81



Продуктивность севооборотов с различным насыщением клевером в зависимости от фона питания*

П. А. ПОСТНИКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: postnikov.ural@mail.ru)
Ф. А. БОРОДУЛИНА, научный сотрудник
О. В. ВАСИНА, младший научный сотрудник
Е. Л. ТИХАНСКАЯ, младший научный сотрудник

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, 620142, Российская Федерация

Исследования проводили для определения влияния минеральных и органических удобрений на продуктивность полевых севооборотов с различным насыщением многолетними бобовыми травами. Работу выполняли в течение 2 ротаций севооборотов в 2011–2020 гг. на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в стационарном двухфакторном опыте в условиях Среднего Урала. Схема опыта предусматривала изучение следующих факторов: А (севообороты) – зернопаросидеральный (без многолетних бобовых трав); зернотравяной с одним полем клевера; зернотравяной с двумя полями клевера; В (фон питания) – без удобрений (0); минеральный ($N_{30}P_{30}K_{36}$); органоминеральный ($N_{24}P_{24}K_{30}$ + сидераты, солома). По усредненным данным даже без применения минеральных удобрений урожайность яровых зерновых культур в севооборотах составляла 2,3...2,7 т/га. Применение минеральных удобрений и их сочетаний с органическими обеспечило дополнительный сбор зерна в интервале от 0,99 до 1,54 т/га, максимальная в опыте отдача от удобрений отмечена на ячмене. Включение гороха в зернопаросидеральный севооборот снижало среднюю урожайность яровых зерновых с 1 га пашни при внесении удобрений на 6...7 %, по сравнению с зернотравяными. При отсутствии в структуре посевных площадей многолетних бобовых трав и насыщении зерновыми и зернобобовыми культурами до 80 % выход зерна с 1 га севооборотной площади увеличился на неудобренном фоне на 0,40...0,48 т, при использовании удобрений – на 0,52...0,58 т/га. Наилучшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений достигнута в зернотравяных севооборотах на фоне $N_{30}P_{30}K_{36}$. Она в среднем варьировала в интервале 11,7...13,0 кг зерна. При отсутствии клевера величина этого показателя

была ниже на 1,5...4,4 кг. Зернопаросидеральный севооборот без многолетних бобовых трав по всем параметрам продуктивности, за исключением выхода зерна с 1 га пашни, заметно уступал зернотравяным. Включение клевера (1 или 2 поля) в схемы севооборотов повысило энергетическую эффективность на 13...25 %, по сравнению с зернопаросидеральным севооборотом.

Ключевые слова: темно-серая лесная почва, севооборот, фон питания, зерновые культуры, урожайность, кормовые единицы, переваримый протеин.

Для цитирования: Продуктивность севооборотов с различным насыщением клевером в зависимости от фона питания / П. А. Постников, Ф. А. Бородулина, О. В. Васина и др. // Земледелие. 2022. № 2. С. 15–18. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-15-18.

Резкий переход к рыночной экономике в конце прошлого столетия привел к нарушению разработанных севооборотов, что связано со снижением ассортимента возделываемых культур из-за уменьшения поголовья крупного рогатого скота. Повышение объемов производства зерна в основном осуществляется путем расширения посевов яровой пшеницы, что не дает возможности размещать ее и другие яровые зерновые культуры по хорошим предшественникам. Для поддержания стабильных урожаев зерновых культур и сохранения плодородия почв важным фактором становится использование приемов биологизации [1]. При ресурсосберегающих технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия целесообразно освоение биологизированных севооборотов [2, 3, 4].

Севооборот с его научным чередованием сельскохозяйственных культур во времени и пространстве позволяет внедрять приемы биологизации с наименьшими затратами. Расширение в структуре посевов доли однолетних и многолетних бобовых культур, наряду с увеличением поступления легкодоступных элементов питания с растительными остатками, способствует накоплению биологического азота, который усваивается из атмосферы благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями [5, 6]. Использование сидератов и соломы на удо-

брение в севооборотах – важный прием в улучшении свойств почвы [7, 8].

В хозяйствах, занимающихся производством молока, ввиду резкого сокращения посевов под пропашными культурами, становится острой необходимостью возделывание многолетних бобовых трав, в первую очередь клевера. Это дает возможность благодаря их биологическому потенциалу производить высококачественный корм для животных и поддерживать плодородие пахотных земель через улучшение агрофизических и агрохимических свойств почвы и обеспечение положительного баланса гумуса [9]. Считается, что по воздействию на плодородие почв клевер практически не уступает органическим удобрениям [10, 11].

Цель исследования – выявить влияние минеральных и органических удобрений на продуктивность полевых севооборотов с различным насыщением многолетними бобовыми травами в условиях Среднего Урала.

Работу проводили в 2011–2020 гг. в Уральском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в длительном стационарном опыте, схема которого предполагала изучение следующих вариантов:

севооборот и степень его насыщения многолетними бобовыми травами (фактор А) – зернопаросидеральный, без многолетних трав (сидеральный пар – пшеница – овес – горох – ячмень); зернотравяной с насыщением многолетними бобовыми травами 20 % (однолетние травы, поукосно рапс – ячмень с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – пшеница – овес); зернотравяной с насыщением многолетними бобовыми травами 40 % (ячмень с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – пшеница – овес);

фон питания (фактор В) – без удобрений (0); минеральный ($N_{30}P_{30}K_{36}$ в среднем на 1 га севооборотной площади, М); органоминеральный ($N_{24}P_{24}K_{30}$ + сидераты + солома, ОМ).

Учеты, наблюдения и исследования выполняли во второй и третьей ротациях севооборотов, развернутых во времени и пространстве в 3-кратной повторности. В качестве минерального удобрения использовали азофоску с врезанием в почву перед посевом. Для выравнивания баланса калия 1 раз за ротацию дополнительно вносили хлористый калий из расчета K_{30} . В первом севообороте в качестве сидерата запахивали рапс, средняя урожайность которого в зависимости от фона питания варьировала от 12,7 до 20,4 т/га, во втором – отаву клевера (12,6 т/га) и поукосный рапс (7,74 т/га), а в третьем – второй укос клевера (9,0 т/га). В зернопаросидеральном севообороте на удобрение запахивали

*Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме № 0773-2019-0027.

1. Урожайность яровых зерновых культур в севооборотах (2011–2020 гг.), т/га

Севооборот (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Культура		
		пшеница	ячмень	овес
Зернопаросидеральный (без клевера)	0	2,69	2,46	2,48
	М	3,80	3,85	3,52
	ОМ	3,70	3,92	3,52
	среднее	3,40	3,41	3,17
Зернотравяной с насыщением многолетними бобовыми травами 20 %	0	2,55	2,52	2,53
	М	3,28	4,06	3,54
	ОМ	3,20	3,99	3,52
	среднее	3,01	3,52	3,20
Зернотравяной с насыщением многолетними бобовыми травами 40 %	0	2,40	2,30	2,46
	М	3,42	3,77	3,67
	ОМ	3,33	3,73	3,65
	среднее	3,05	3,27	3,25
Среднее по севооборотам	0	2,55	2,43	2,49
	М	3,50	3,89	3,58
	ОМ	3,41	3,88	3,56
	среднее	3,15	3,40	3,21
HCP ₀₅ фактор А		0,16	0,20	0,16
HCP ₀₅ фактор В		0,12	0,15	0,14
HCP ₀₅ АВ		F _ф < F _т		
HCP ₀₅ для частных различий		0,32	0,34	0,27

солому гороха (2,48 т/га) и ячменя (3,93 т/га), в зернотравяном – солому яровой пшеницы (3,86 т/га).

Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,84...5,07 %, легкогидролизуемого азота (по Корнфилду) – 146...168, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 206...236 и 132...178 мг/кг; рН солевой вытяжки – 4,97...5,09 (по методу ЦИНАО).

Учеты, наблюдения и статистическую обработку результатов исследований осуществляли общепринятыми методами (Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта / 5 изд., перераб. и допол. М., Агропромиздат, 1985. 351 с.*). Агротехника возделывания культур в севооборотах – рекомендуемая для Среднего Урала.

Агрометеорологические условия в период исследований имели заметные отклонения по осадкам и температуре воздуха от среднегодовых норм. В 2012, 2016, 2020 гг. отмечен существенный недобор атмосферной влаги в период вегетации растений, гидротермический коэффициент (ГТК) составил менее 1,0. В 2011, 2013, 2017–2018 гг. в течение летнего периода сложились умеренно влажные условия, ГТК составлял 1,2...1,6 ед. В 2014–2015 и 2019 гг. отмечен избыток осадков, главным образом во второй половине лета, с температурой воздуха ниже среднегодового уровня, в среднем ГТК составлял 2,03 [9].

На естественном (без применения удобрений) фоне плодородия урожайность яровых зерновых культур за 2011–2020 гг. варьировала по севооборотам от 2,30 т до 2,69 т/га (табл. 1). Это свидетельствует о том, что на окультуренной темно-серой лесной почве при соблюдении технологий возделывания сельскохозяйственных культур возмож-

но формирование достаточно высокого урожая.

На неудобренном фоне максимальный в опыте сбор зерна яровой пшеницы отмечен при размещении ее по сидеральному пару, прибавка, по отношению к другим предшественникам, составляла 0,14...0,29 т/га. Более низкая эффективность клевера как предшественника обусловлена высокой засоренностью многолетними сорняками посевов многолетних бобовых трав и последующей культуры при недостаточном увлажнении в летний период. В зернопаросидеральном севообороте, независимо от предшественника, на неудобренном фоне зафиксирована равноценная урожайность ячменя и пшеницы. При посеве ячменя третьей культурой после пласта многолетних бобовых трав урожай зернофуражной культуры был ниже на 0,16...0,22 т/га, по сравнению с предшественниками

горох и клевер. Сбор зерна овса на фоне естественного плодородия практически не зависел от вида севооборота.

В условиях Среднего Урала, из-за недостаточного прогревания почвы, процессы минерализации в начале вегетации ослаблены, поэтому яровые зерновые хорошо отзываются на внесение удобрений. Из всех высеваемых культур наиболее высокие прибавки урожая отмечены на ячмене, дополнительный сбор зерна, по отношению к неудобренному фону, составлял 1,39...1,54 т/га, на овсе – 0,99...1,21, на пшенице – 0,65...1,13 т/га. На фоне применения минеральных удобрений и их сочетаний с органическими в большинстве вариантов, независимо от вида севооборотов, существенных различий по прибавкам урожая яровых зерновых культур не выявлено.

В среднем по фонов питания сбор зерна пшеницы в зернопаросидеральном севообороте был достоверно выше, по сравнению с зернотравяными севооборотами, на 0,35...0,39 т/га. Наибольшая в опыте средняя урожайность ячменя достигнута в зернотравяном севообороте с долей трав 20 %, на овсе заметных различий по сбору зерна между севооборотами не установлено.

Математическая обработка показателей урожайности яровых зерновых культур выявила, что доля участия удобрений в формировании урожая пшеницы составила 35 %, ячменя – 43 %, овса – 30 %. Вклад севооборотов составлял 18...28 %.

В среднем за 2 ротации наибольшая в опыте урожайность зерновых культур достигнута в зернотравяном севообороте с одним полем клевера, по сравнению с другими севооборотами, разница составила 0,12...0,14 т/га (табл. 2). Систематическое применение удобрений в севооборотах в среднем за 2011–2020 гг.

2. Сбор зерна с урожаем зерновых культур в севооборотах и окупаемость 1 кг д.в. удобрений (2011–2020 гг.)

Севооборот (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Средняя урожайность зерновых и зернобобовых, т/га	Выход зерна с 1 га севооборотной площади, т	Окупаемость 1 кг д.в. удобрений, кг зерна
Зернопаросидеральный (без клевера)	0	2,38	1,90	–
	М	3,38	2,70	8,93
	ОМ	3,42	2,74	9,10
	среднее	3,06	2,45	9,02
Зернотравяной с насыщением многолетними бобовыми травами 20 %	0	2,50	1,50	–
	М	3,62	2,18	11,7
	ОМ	3,58	2,16	7,60
	среднее	3,23	1,95	9,65
Зернотравяной с насыщением многолетними бобовыми травами 40 %	0	2,36	1,42	–
	М	3,62	2,17	13,3
	ОМ	3,60	2,16	12,0
	среднее	3,19	1,92	12,6
Среднее по севооборотам	0	2,41	1,61	–
	М	3,54	2,35	11,3
	ОМ	3,53	2,35	9,57
	среднее	3,16	2,10	10,4
HCP ₀₅ А	–	0,14	0,13	–
HCP ₀₅ В	–	0,18	0,10	–
HCP ₀₅ АВ	–	F _ф < F _т		–
HCP ₀₅ частных различий	–	0,32	0,22	–

обеспечило прибавку в пределах от 1,00 до 1,24 т/га. Средний сбор зерна в зернотравяных севооборотах мало зависел от насыщенности многолетними травами. В то же время при включении гороха в зернопаросидеральный севооборот в удобренных вариантах средняя урожайность за ротацию снизилась на 0,16...0,24 т/га, по отношению к зернотравяным севооборотам. Наличие гороха в зернопаросидеральном севообороте обеспечивало насыщенность зерновыми и зернобобовыми культурами до 80 %, что позволяло увеличить выход зерна с 1 га севооборотной площади на 24...37 %, по сравнению с зернотравяными севооборотами.

Применение удобрений оказывало заметное влияние на среднюю урожайность зерновых культур и сбор зерна за ротацию севооборотов, доля их участия составляла 33...42 %, на севообороты приходилось 14...24 %. Расчеты окупаемости 1 кг д.в. удобрений, внесенных за ротацию севооборотов, свидетельствуют, что максимальная в опыте отдача от 1 кг д.в. туков достигалась в зернотравяном севообороте с двумя полями клевера, наименьшая – в зернопаросидеральном (без многолетних трав). В зернотравяных севооборотах использование сидератов и соломы снижало окупаемость 1 кг д.в. на 1,3...4,7 кг, по сравнению с минеральным фоном питания. В севообороте без клевера оба фона питания были практически равноценными.

Агрономическая оценка эффективности изучаемых севооборотов важна не только с точки зрения формирования урожая сельскохозяйственных культур, но и выхода сухого вещества, кормовых единиц, протеина с 1 га севооборотной площади. В среднем за 2 ротации зернотравяные севообороты с насыщением клевером 20 и 40 % по всем показателям заметно превосходили зернопаросидеральный (без многолетних трав) севооборот.

Выход сухого вещества в зернотравяных севооборотах на фоне $N_{30}P_{30}K_{36}$ составил 3,7...4,0 т (табл. 3). При сочетании минеральных и органических удобрений величина этого показателя была ниже из-за использования второго укоса на удобрение. Дополнительный выход сухой массы с урожаями культур, по сравнению с севооборотом без клевера, составлял 0,72...1,0 т/га.

Аналогичная тенденция отмечена по выходу кормовых единиц с максимумом в зернотравяных севооборотах на минеральном фоне питания, минимумом – в севообороте без клевера. Из всех возделываемых культур в севооборотах больше всего протеина накапливал клевер. При наличии двух полей этой культуры в севообороте выход протеина был максимальным, в среднем по фонам питания он составлял 386 кг/

га. В зернотравяных севооборотах сбор протеина дополнительно возрастал на 61...79 кг/га, по сравнению с зернопаросидеральным. Выход обменной энергии с урожаями культур при насыщенности многолетними бобовыми травами от 20 до 40 % на неудобренном фоне находился на уровне 31,9...32,7 ГДж/га, при использовании минеральных удобрений – 41,8...43,3 ГДж/га, что выше севооборота без клевера на 39...43 % на неудобренном фоне и на 25...30 % – при внесении $N_{30}P_{30}K_{36}$.

Согласно результатам математической обработки показателей продуктивности севооборотов, наибольший вклад в ее формирование вносили удобрения, доля которых изменялась в пределах от 35 до 42 %, севооборотов – 18...24 %.

Сравнивая между собой продуктивность зернотравяных севооборотов, следует отметить, что при достигнутом уровне урожайности многолетних бобовых трав наличие двух полей клевера не обеспечивало преимущества по выходу кормовых единиц и обменной энергии с урожаями культур, по сравнению с одногодичным использованием. Включение промежуточной культуры в виде поукосного рапса в севообороте с долей трав 20 % способствовало на минеральном фоне увеличению сбора сухого вещества на 0,28 т/га, по другим фонам питания различий не выявлено.

Многолетние данные, полученные в стационарном опыте, подтвердили, что в условиях Среднего Урала для хозяйства с развитым животноводством основным источником кормов на пашне выступает клевер. Включение в севооборот сидерального пара и гороха даже при отсутствии клевера не снижало урожайность яровых зерновых культур.

Постоянный рост цен на материальные ресурсы требует поиска путей

снижения энергопотребления в производстве зерна и кормов на пашне. Энергетическая оценка позволяет сравнивать различные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах.

Обобщение многолетних данных по продуктивности культур показало, что, несмотря на низкую урожайность клевера в годы исследований, зернотравяные севообороты (с насыщением травами 20...40 %) обеспечили наибольший сбор валовой энергии с урожаем культур с максимумом на минеральном фоне питания (табл. 4). По отношению к зернопаросидеральному севообороту (без клевера) на естественном фоне плодородия накопление валовой энергии возросло на 53...58 %, при применении минеральных удобрений и их сочетании с органическими – на 25...28 %.

Наибольшее приращение энергии за ротацию по отношению к совокупным затратам на возделывание культур выявлено в зернотравяном севообороте с двумя полями клевера, независимо от фона питания. Севообороты с одним или двумя полями клевера обеспечивали накопление валовой энергии в 1,3...1,9 раза выше, чем при отсутствии многолетних бобовых трав.

В среднем за годы исследований наибольшие энергозатраты на производство 1 кормовой единицы отмечены на неудобренном фоне зернопаросидерального севооборота, в зернотравяных севооборотах они были на 5...16 % ниже. В удобренных вариантах разница по величине этого показателя между севооборотами сглаживается, за исключением органоминерального фона питания в зернотравяном севообороте с насыщением травами 20 %.

Согласно результатам расчетов, максимальная в опыте энергетическая

3. Агроэнергетическая продуктивность севооборотов (2011–2020 гг.)

Севооборот (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Выход с 1 га*			
		сухого вещества, т	кормовых единиц, тыс.	протеина, кг	обменной энергии, ГДж
Зернопаросидеральный	0	2,08	2,63	232	22,9
	М	3,02	3,62	344	33,4
	ОМ	3,01	3,61	345	33,6
	среднее	2,70	3,29	307	30,0
Зернотравяной с насыщением многолетними травами	0	3,00	3,06	321	31,9
	М	4,02	4,24	430	43,3
	ОМ	3,52	3,71	353	38,2
	среднее	3,51	3,67	368	37,2
Зернотравяной с насыщением многолетними травами	0	2,99	3,12	326	32,7
	М	3,74	4,12	438	41,8
	ОМ	3,51	3,82	394	39,0
	среднее	3,41	3,69	386	37,8
Среднее по севооборотам	0	2,69	2,94	293	29,2
	М	3,59	3,99	404	39,5
	ОМ	3,35	3,71	364	36,9
	среднее	3,21	3,55	354	35,2
НСР ₀₅ А	–	0,19	0,21	23	1,6
НСР ₀₅ В	–	0,15	0,16	29	2,0
НСР ₀₅ АВ	–	Fф < Fт			
НСР ₀₅ для частных различий	–	0,33	0,36	51	3,5

*без учета побочной продукции.

4. Биоэнергетическая эффективность полевых севооборотов (2011–2020 гг.), ГДж/га

Севооборот (фактор А)	Фон питания (фактор В)	Выход валовой энергии с урожаяем культур	Затраты совокупной энергии на возделывание культур	Затраты энергии на 1 кормовую ед., МДж	КЭЭ
Зернопаросидеральный	0	36,4	17,4	7,60	2,09
	М	51,3	21,1	6,08	2,43
	ОМ	51,2	23,6	6,70	2,17
	среднее	46,3	20,7	6,79	2,23
Зернотравяной с насыщением многолетними травами 20 %	0	55,8	21,3	7,27	2,62
	М	75,4	25,1	6,14	3,00
	ОМ	64,3	25,8	7,31	2,49
	среднее	65,2	24,0	6,91	2,70
Зернотравяной с насыщением многолетними травами 40 %	0	57,2	20,6	6,64	2,78
	М	74,5	24,4	6,24	3,05
	ОМ	65,6	25,4	6,86	2,58
	среднее	65,8	23,5	6,58	2,80
Среднее по севооборотам	0	49,8	19,8	7,17	2,50
	М	67,1	23,5	6,15	2,83
	ОМ	60,4	24,9	6,96	2,41
	среднее	59,1	22,7	6,76	2,58

эффективность в среднем за 2 ротации достигалась на минеральном фоне питания в зернотравяных севооборотах. Севооборот без клевера заметно уступал им по величине коэффициента энергетической эффективности при наибольшей разнице между ними на неудобренном фоне.

Таким образом, в среднем по фону питания урожайность пшеницы в зернопаросидеральном севообороте была выше, по сравнению с зернотравяными, на 0,35...0,39 т/га. Наибольший в опыте сбор зерна ячменя отмечен в севообороте с одним полем клевера, урожайность овса практически не зависела от вида севооборота. Насыщенность зерновыми и зернобобовыми культурами до 80 % при включении гороха позволила увеличить выход зерна с 1 га севооборотной площади, по сравнению с зернотравяными севооборотами, на 24...37 %. В среднем за 2 ротации зернотравяные севообороты по сбору сухого вещества, кормовых единиц, переваримого протеина и обменной энергии заметно превосходили севооборот без клевера. Увеличение производства кормов на пашне возможно при расширении доли многолетних бобовых трав в севооборотах до 20...40 %. Для сельхозпредприятий, занимающихся в основном производством зерна, клевер можно заменить сидеральными парами или зернобобовыми культурами без снижения урожайности яровых зерновых культур.

Литература

- Лукин С. В. Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов (на примере Белгородской области) // Земледелие. 2021. № 1. С. 11–15. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10103.
- Беленков А. И., Зеленев А. В., Амантаев Б. О. Приемы биологизации в севооборотах Нижнего Поволжья // Земледелие. 2014. № 1. С. 23–24.

- Оленин О. А., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Приемы биологизации при возделывании яровой пшеницы на разных типах почвы // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 2. С. 41–44.

- Design and multicriteria assessment of low-input cropping systems based on plant diversification in southwestern France / C. Bonnet, N. Gaudio, L. Alletto et al // Agronomy for Sustainable Development. 2021. 41. 65. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-021-00719-7> (дата обращения: 30.11.2021). doi: 10.1007/s13593-021-00719-7.

- Brankatschk G., Finkbeiner V. Grop rotations and crop residues are relevant parameters for agricultural carbon footprints // Agronomy for Sustainable Development. 2017. 37. 58. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-017-0464-4> (дата обращения: 30.11.2021). doi: 10.1007/s13593-017-0464-4.

- Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Продуктивность зернотравяного севооборота в зависимости от заделки навоза, соломы и промежуточного сидерата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 4-2 (56). С. 9–13. doi: 10.12737/2073-0462-2020-11-15.

- Ухов П. А., Ленточкин А. М. Производственная эффективность промежуточных культур при выращивании яровой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С.91–100. doi: 10.24411/2307-2873-2020-10009.

- Семинченко Е. В. Урожайность севооборотов от приемов биологизации // Аграрная наука. 2021. № 1. С. 121–124. doi: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-121-124.

- Постников П. А., Попова В. В., Васина О. В. Продуктивность и биохимический состав клевера лугового при двухгодичном использовании в зернотравяном севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 6. С. 39–43. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10600.

- Ghimire B., Ghimire R., VanLeeuwen D. Cover crop residue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization // Sustainability. 2017; 9 (12); 2316. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2316> (дата обращения: 01.12.2021). doi: org/10.3390/su9122316.

- Mckenna P., Cannon N., Conway J. The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building: A review // Field Crops Research. 2018. Vol. 221. P. 38–49. doi: org/10.1016/j.fcr.2018.02.006.

Productivity of crop rotations with different clover saturation depending on the nutrition background

P. A. Postnikov, F. A. Borodulina, O. V. Vasina, E. L. Tikhanskaya

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Belinskogo, 112a, Yekaterinburg, 620142, Russian Federation

Abstract. The investigations determined the effect of mineral and organic fertilizers on the productivity of field crop rotations with different saturation with perennial legumes. The work was carried out during 2 rotations in 2011–2020 on dark grey forest heavy loamy soil in a stationary two-factor experiment under the conditions of the Middle Urals. The design of the experiment provided for the examination of the crop rotation type (factor A) and nutrition background (factor B). We studied grain-fallow-green-manure rotation (without perennial legumes), grain-grass rotation with one field of clover, grain-grass crop rotation with two fields of clover. For factor B, there were the following options: control (without mineral fertilizers), mineral background (N30P30K36), organic-mineral background (N24P24K30 + green manure, straw). According to averaged data, even without the use of mineral fertilizers, the yield of spring cereals in crop rotations was 2.3–2.7 t/ha. The use of mineral fertilizers and their combinations with organic ones provided additional grain harvest in the range from 0.99 to 1.54 t/ha, the maximum return from fertilizers in the experiment was noted for barley. The inclusion of pea in the grain-fallow-green-manure crop rotation reduced the average yield of spring cereals per 1 ha of arable land with the application of fertilizers by 6–7%, compared with the grain-grass ones. In the absence of perennial leguminous grasses in the structure of sown areas and saturation with grain and leguminous crops up to 80%, the yield of grain increased in control by 0.40–0.48 t/ha, with the use of fertilizers – by 0.52–0.58 t/ha. The best payback of 1 kg of fertilizers was achieved in grain-grass crop rotations against the background of N30P30K36. It varied on average in the range of 11.7–13.0 kg of grain. In the absence of clover, the value of this indicator was lower by 1.5–4.4 kg. The grain-fallow-green-manure crop rotation without perennial leguminous grasses in all parameters of productivity, except for the yield of grain per 1 hectare of arable land, was noticeably inferior to the grain grass ones. The inclusion of clover (1 or 2 fields) in crop rotations increased the energy efficiency by 13–25%, compared with the grain-fallow-green-manure crop rotation.

Keywords: dark grey soil; crop rotation; nutrition background; grain crops; yield; feed units; digestible protein.

Author Details: P. A. Postnikov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: postnikov.ural@mail.ru); F. A. Borodulina, research fellow, O. V. Vasina, junior research fellow; E. L. Tikhanskaya, junior research fellow.

For citation: Postnikov PA, Borodulina FA, Vasina OV, et al. [Productivity of crop rotations with different clover saturation depending on the nutrition background]. *Zemledelie*. 2022; (2):15–8. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-15-18.

Агроэкологическая оценка пахотных земель в склоновых агроландшафтах*

Г. П. ГЛАЗУНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru)
Н. В. АФОНЧЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: afonchienko53@mail.ru)
А. Н. ЗОЛОТУХИН, младший научный сотрудник
Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования проводили с целью агроэкологической оценки пахотных земель в склоновых агроландшафтах в условиях ЦЧР с использованием ГИС-технологий. Работу выполняли в Курской области на опытном полигоне с куполообразной формой рельефа, площадью 86 га (шаг опробования – 50 м) в 2011–2021 гг. Почвенный покров участка представлен черноземами типичными и выщелоченными, тяжелосуглинистыми, разной степени смытости и намытости на лёссовидных карбонатных суглинках. Склоны южной и юго-западной экспозиций полигона эродированы сильнее, чем северные и северо-восточные. Наиболее интенсивный сток можно спрогнозировать на склонах северо-западной, северо-восточной и юго-восточной экспозиций. Корреляционная зависимость (r) между запасами доступной влаги в слоях почвы 0...30, 0...50 и 0...100 см и уклоном равна соответственно 0,42, 0,61 и 0,55. Зависимость содержания гумуса в пахотном слое почвы от экспозиции и угла склона классифицирована как высокая ($R_{\text{MN}} = 0,72$), рН почвы – средняя ($R_{\text{MN}} = 0,59$). В условиях сложных склоновых агроландшафтов урожайность озимой пшеницы определяется сильным взаимодействием морфометрических характеристик рельефа (экспозиция, крутизна склона), определяющих гидротермические условия, с содержанием минерального азота ($R_{\text{MN}} = 0,71$), и средним взаимодействием морфометрических характеристик рельефа с почвенными свойствами ($R = 0,50$). Поэтому при проведении агроэкологической оценки таких земель необходим комплексный анализ, учитывающий не только почвенные, агроклиматические свойства исследуемой территории, но и морфометрические характеристики рельефа. Результаты исследований

могут быть использованы для совершенствования системы агроэкологического мониторинга плодородия почв, обеспечивающей устойчивость и воспроизводство почвенного плодородия агроландшафтов, а также автоматизированного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе ГИС-технологий.

Ключевые слова: агроэкологическая оценка земель, агроландшафт, рельеф, экспозиция, чернозем, почва.

Для цитирования: Глазунов Г. П., Афонченко Н. В., Золотухин А. Н. Агроэкологическая оценка пахотных земель в склоновых агроландшафтах // Земледелие. 2022. № 2. С. 19–24. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-19-24.

В последние годы географические информационные системы служат наиболее эффективным средством обработки и визуализации информации, которое позволяет работать с базами данных, содержащими большие объемы информации. Это даёт возможность пользователям проводить анализ информации в соответствии с задаваемыми критериями и оперативно осуществлять выбор мероприятий для решения поставленных задач по конкретным территориям. Существующие ГИС-технологии открывают возможности для использования морфометрического анализа не только при картографировании и описании рельефа, но и для оценки параметров почвенного плодородия [1, 2, 3].

Опираясь на результаты ранее проведенных исследований и мнение абсолютного большинства авторов [4, 5, 6], можно утверждать, что при агроэкологической оценке склоновых агроландшафтов необходимо учитывать не только климатические условия и показатели почвенного плодородия, но и морфометрические характеристики рельефа, комплексно влияющие на продуктивность сельскохозяйственных культур.

При разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима объективная агроэкологическая оценка ресурсного потенциала агроландшафта, учитывающая комплекс ландшафтно-экологических условий, определяющих их функционирова-

ние. Для этого необходимо совершенствование подходов к комплексной агроэкологической оценке почв и земель, а также разработка автоматизированных систем поддержки принятия решений по рациональному использованию ресурсов в земледелии с применением современных цифровых и ГИС-технологий, которые позволяют хранить и анализировать большие объемы информации, а также представлять полученные результаты в удобной для пользователя форме [7, 8, 9].

Цель работы – комплексная агроэкологическая оценка пахотных земель на основе ГИС-технологий на примере территории полигона «Точное земледелие» Курского федерального аграрного научного центра для совершенствования системы агроэкологического мониторинга плодородия почв.

Исследования проводили в 2011–2021 гг. на территории полигона «Точное земледелие» Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область) с куполообразной формой рельефа, площадью 86 га с шагом опробования 50 м. Полигон расположен на территории Европейской части России в пределах Средне-Русской возвышенности на высоте 190...217 м над уровнем моря (N 51.52385969, E 36.13463254) у истока реки Млодять. Рельеф полигона типично эрозионный. Средний уклон составляет 2,23°. Почвенный покров комплексный, зональный. Характер комплексности меняется от вершины вниз по склону. Почвенный покров представлен черноземами типичным и выщелоченным разной степени смытости и намытости на лёссовидных карбонатных суглинках.

Для изучения агрофизических и агрохимических показателей почвенного плодородия проводили отбор почвенных образцов из пахотного (0...20 см) слоя в 32 реперных точках в трёхкратной повторности, охватывающих различные элементы рельефа, по предварительно занесённой в GPS приёмник координатной сетке с размером ячейки 50 × 50 м [10].

В почвенных образцах определяли: содержание гумуса – по Тюрину (ГОСТ 26213-91), нитратного азота (N-NO_3) – колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой (по Грандваль-Ляжу), аммонийного азота (N-NH_4) – колориметрическим методом с реактивом Несслера в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489-85), подвижного фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) – по Чирикову (ГОСТ

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФБГНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» по теме № FZUW-2019-0016.

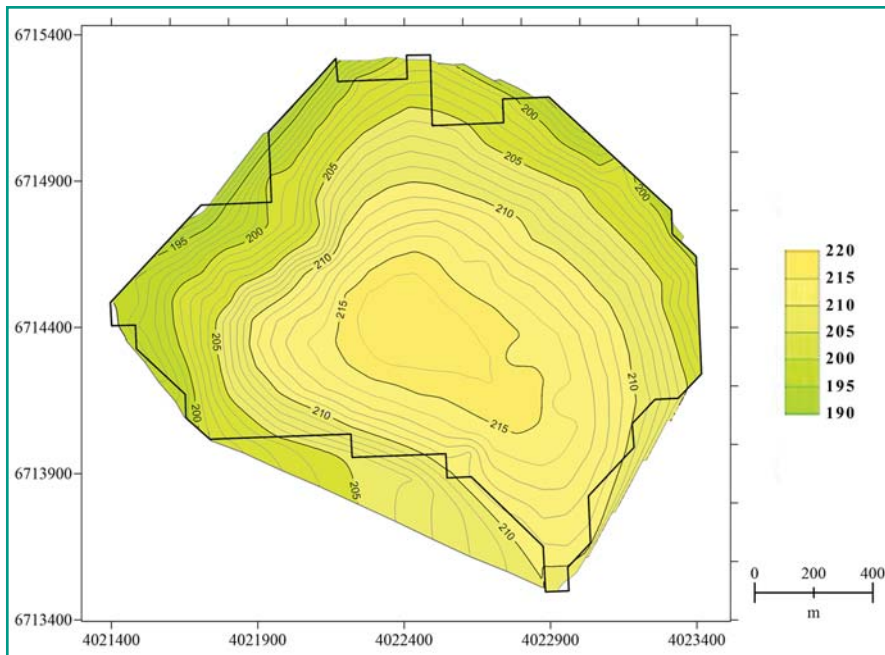


Рис. 1. Гипсометрическая схема полигона «Точное земледелие» (проекция Меркатора, datum – WGS84).

26204-84), pH_{KCl} – в 1,0 н KCl вытяжке (ГОСТ 26483-85), сумму поглощенных оснований ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88). Данные, полученные в результате почвенного обследования, были использованы для анализа распределения элементов эффективного плодородия с учетом особенностей рельефа территории и обрабатывали с использованием программ статистической обработки данных Microsoft Excel 2019, STATISTICA 6.0.

Для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) применяли метод инструментальной топографической съемки посредством нивелира ADA 32x с предварительным построением маршрута нивелировки с использованием программных средств SASPlanet, Grid, OziExplorer с последующей обработкой полученного массива данных в Microsoft Excel 2019 и QGIS 3.8.3.

Научно-методической основой для создания комплексной агроэкологической оценки территории полигона послужила совокупность баз данных и алгоритмов, разработанных лабораторией агрохимии и геоинформационных систем.

Для построения ЦМР изучаемой территории на основе авторского подхода посредством программных средств SASPlanet, Grid, OziExplorer был составлен маршрут обследования, который был внесен в GPS навигатор. Затем была выполнена нивелирная топографическая съемка с последующей обработкой полученных данных в Microsoft Excel. Полученные результаты вносили в программные средства QGIS, по-

средством которых была создана гипсометрическая карта полигона.

Интервал высот на территории полигона «Точное земледелие» составляет 190...217 метров над уровнем моря. Перепад высот соответствует глубоковрезанным эрозионным системам (рис. 1). Средний уклон полигона составляет 2,79°, наибольший уклон составил 5,69°, а наименьший – 0,26°, варьирование уклона 48,7 %.

Рельеф полигона обладает лимитирующими характеристиками к хозяйственности деятельности. Эрозионные процессы характеризуются средней степенью развития. Территория исследуемого участка пригодна для возделывания боль-

шинства сельскохозяйственных культур региона.

На основании данных нивелирной съемки с последующей обработкой в программе QGIS были рассчитаны средние уклоны земной поверхности. На основе выполненных расчетов была построена картограмма крутизны склонов (рис. 2).

Наиболее благоприятные участки полигона с несмытым и слабосмытым почвенным покровом, пригодные для интенсивного использования и возделывания основных сельскохозяйственных культур и находящиеся на склонах с крутизной до 3°, занимают 70 % территории (плоские поверхности – 8,8 га, очень пологие – 23,3 га, пологие 28,1 га).

Площадь слабо- и среднесмытых участков с крутизной склонов 3...5°, характеризующихся умеренно благоприятными условиями со средним уровнем плодородия и пригодных для умеренного использования, составляет 28,3 % (24,3 га). Площади земельных контуров с крутизной склонов выше 5°, характеризующихся наличием средне- и сильносмытых почв с низким плодородием, пригодных для ограниченного использования, занимают 1,7 % территории полигона (1,5 га).

На подверженность почв эрозионным процессам значительное влияние оказывают морфометрические характеристики и местоположение в рельефе – форма, экспозиция и характер профиля склонов (рис. 3).

Склоны южной и юго-западной экспозиций полигона эродированы больше, чем северные и северо-восточные. Это связано с тем, что в весеннее время они более прогреваемы, вследствие чего на них

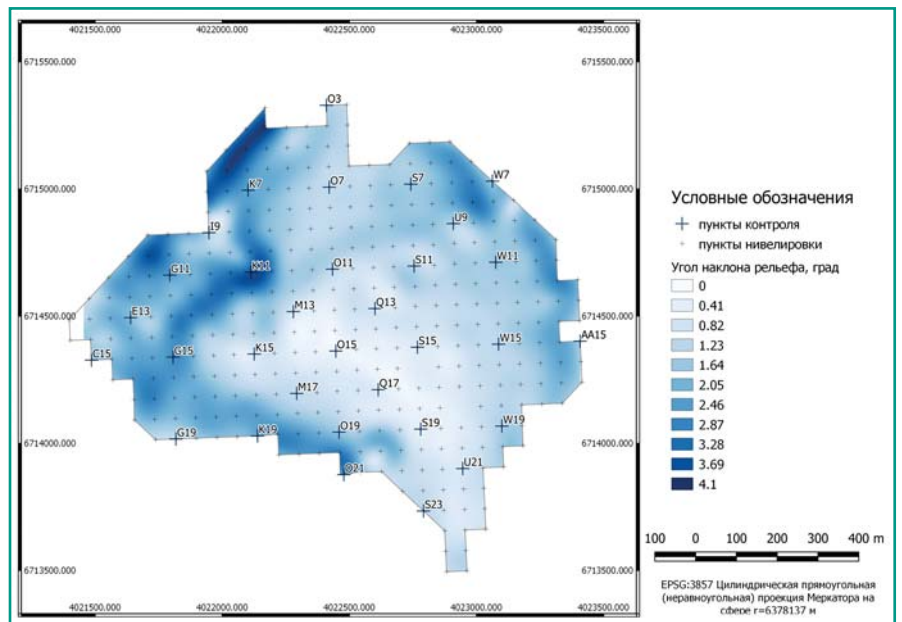


Рис. 2. Крутизна склонов, рассчитанная по данным топографической съемки территории.

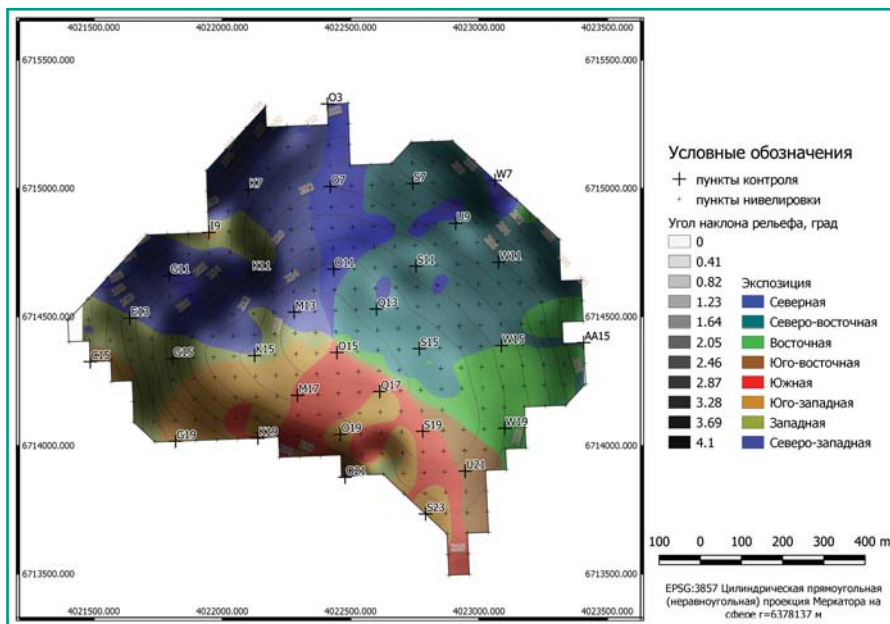


Рис. 3. Экспозиции и углы наклона склонов полигона «Точное земледелие».

происходит более интенсивное снеготаяние. Различие в интенсивности снеготаяния откладывает отпечаток и на образующие в результате него формы рельефа.

По форме профиля склоны полигона имеют прямую, выпуклую и вогнутую форму. Преобладающей на территории полигона выступает выпуклая, в то время как вогнутая форма встречается в основном на склонах западного направления, а прямая более характерна юго-восточной экспозиции.

На интенсивность развития эрозионных процессов, образующихся в результате выпадения атмосферных осадков, существенное влияние оказывает форма профиля склонов. На выпуклых и конвергентных склонах более интенсивно проявляются эрозионные процессы, так как они выступают поверхностями, усиливающими формирования потока.

На основе цифровой модели рельефа и выполненных исследований в программе QGIS построены детальные схемы и оценена степень плановой кривизны поверхности и формы профилей полигона, характеризующие расчленение поверхности территории (рис. 4). Тип склона определяет процессы потери и аккумуляции вещества.

Положительными значениями на картограмме обозначены конвергентные склоны, наиболее подверженные линейной эрозии, поскольку они выступают поверхностями формирования потоковых систем атмосферного стока. Отрицательными значениями – вогнутые склоны, которые, наоборот, снижают степень развития эрозионных процессов и являются местами аккумуляции

веществ, перемещаемых талыми и ливневыми водами.

Оценить предрасположенность территории к развитию эрозионных процессов также можно проанализировав распределение уклонов территории (град.) полигона в зависимости от азимута (град.) земной поверхности (рис. 5).

На гистограмме видно, что наибольшие изменения в колебаниях высот отмечаются на восточной и юго-восточной экспозициях, где при маршрутном обследовании были отмечены почвы с наибольшей степенью смывости. Северная и северо-восточная экспозиции, имеющие наименьший размах колебаний были более благоприятны в отношении эрозионной опасности территории.

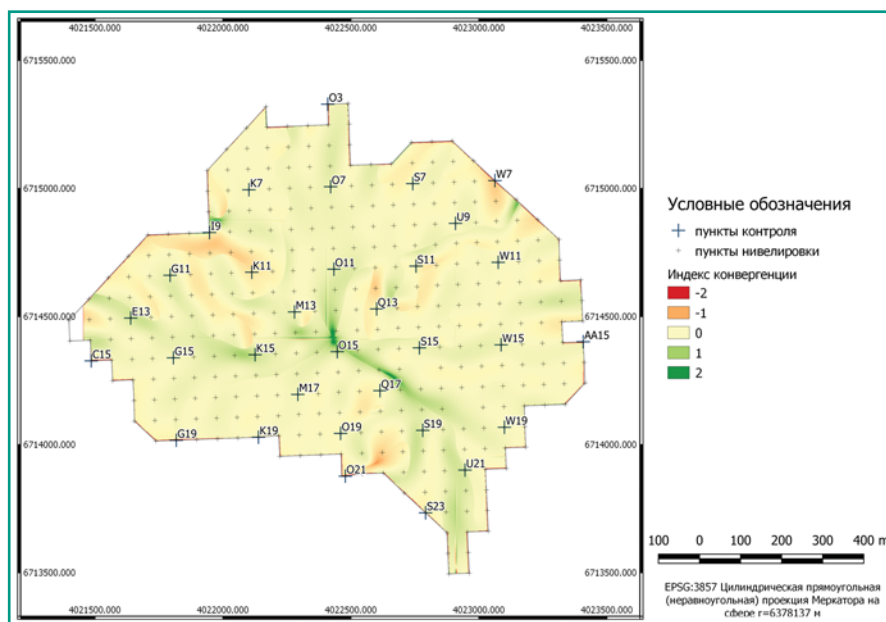


Рис. 4. Плановая кривизна поверхности с обозначением конвергентных и дивергентных склонов.

Для анализа русловых процессов на полигоне, при использовании программы QGIS была построена модель рельефа с изолиниями высот (рис. 6). На картосхеме отображено размещение водосборов и границы водоразделов на территории полигона. В результате обработки данных полевого картирования в программе QGIS рассчитано пространственное расположение крупных ложбин стока (обозначены на рисунке синими линиями), что позволило выявить эрозионноопасные участки территории. Наиболее интенсивный сток можно спрогнозировать на склонах северо-западной, северо-восточной и юго-восточной экспозиций.

Несмотря на то, что в отношении эрозионной опасности склоны северной экспозиции представляются более благоприятными, чем южные, они значительно проигрывают им в теплообеспеченности.

Анализ морфометрических параметров полигона «Точное земледелие» выявил микроклиматические различия в зависимости от уклона и экспозиции склонов. Коэффициенты относительности (по сравнению с водоразделом) прогреваемости могут варьировать по территории от 0,92 до 1,07, при этом различия сумм активных температур более 10 °C на самых холодных северо-восточных и самых теплых юго-западных склонах могут составлять до 370 °C.

Исследованиями было установлено, что в 0...30 см слое почвы наибольшие запасы доступной влаги отмечали на склонах северо-восточной и северо-западной экспозиций, которые составляли в среднем 53,7 и 54,5 мм. На водораздельном плато запасы влаги составляли 50,9 мм.

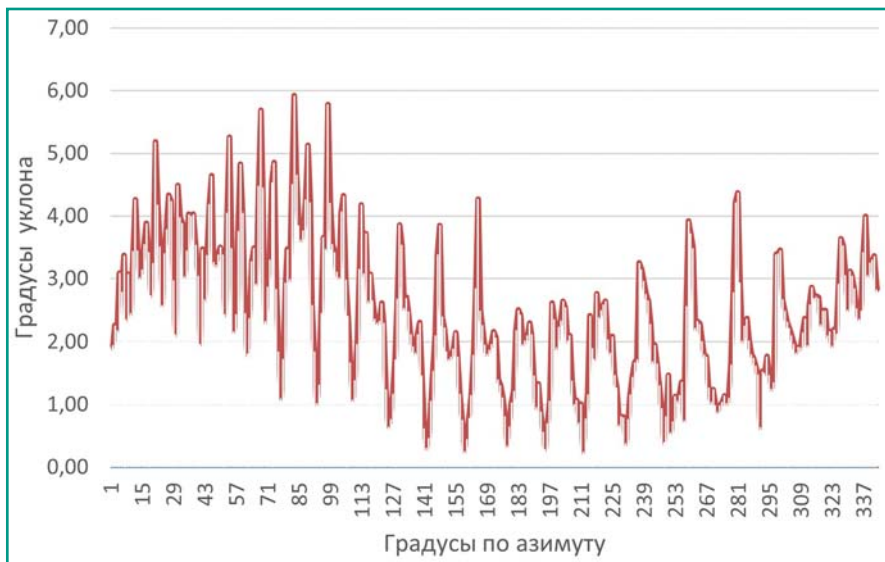


Рис. 5. Гистограмма распределения уклонов территории (град.) полигона «Точное земледелие» в зависимости от азимута (град.).

Была установлена (табл. 1) корреляционная зависимость между запасами доступной влаги в изучаемых слоях почвы и уклоном ($r = 0,42; 0,61$ и $0,55$).

Почвенный покров территории полигона представлен черноземом

мг/100 г (V,% – 29,9); обменного магния – 2,9...5,0 мг-экв./100 г (V,% – 13,3); обменного кальция – 22,0...29,1 мг-экв./100 г (V,% – 7,4); реакция среды варьирует от слабокислой до нейтральной – 5,3...7,2 (V,% – 9,8). Влажность завядания почвы (ВЗ) –

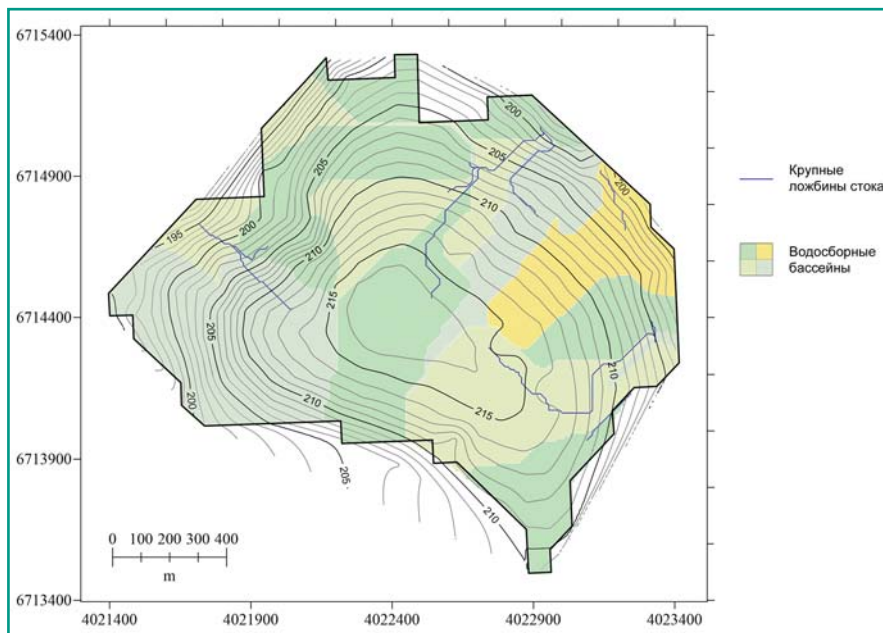


Рис. 6. Картограмма рельефа полигона «Точное земледелие» с изолиниями высот, водосборными бассейнами и крупными ложбинами стока.

типичным разной степени выщелоченности и смывости, тяжелосуглинистым на лессовидном карбонатном суглинке. Агрохимические характеристики 0...20 см слоя почвы ряда имеют высокое варьирование. В пахотном слое почвы содержится: гумуса – 4,78...6,16 %, величина варьирования (V,%) составляет 5,2%; азота аммонийного – 0,17...2,07 мг/100 г (V,% – 44,2); азота нитратного – 0,25...5,02 мг/100 г (V,% – 81,6); подвижного калия – 9,6...28,1 мг/100 г (V,% – 23,9); подвижного фосфора – 6,1...34,1

12 %. Агрохимические показатели 0...20 см слоя почвы имеют высокое варьирование. Пространственно-временная неоднородность параметров почвенного плодородия в агроландшафте свидетельствует о необходимости дифференцированного внесения удобрений.

1. Влияние уклона на запасы доступной влаги в почве, мм

Слои почвы, см	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации (R^2)	Коэффициент корреляции (r)
0...30	$Y=1,138x+47,76$	0,180	0,42
0...50	$Y=3,807x+64,99$	0,372	0,61
0...100	$Y=9,293x+63,65$	0,305	0,55

На склонах северных экспозиций почва характеризуется более высоким содержанием гумуса, чем на южных, а основными факторами, влияющими на содержания гумуса в склоновом агроландшафте, выступают экспозиция и крутизна склона ($R_{\text{MN}} = 0,72$) (рис. 7). С увеличением угла склона происходит снижение содержания гумуса [10], которое начинает себя проявлять на склонах более 3° и связано с развитием процессов водной эрозии.

Почвы склонов полярных экспозиций на территории полигона отличаются по степени кислотности, которая снижается в ряду склоны северных экспозиций – плакор – склоны южных экспозиций. Экспозиция и крутизна склона оказывают влияние и на дифференциацию кислотности почвы в агроландшафте (рис. 8). При повышении крутизны склонов происходит изменение величины pH. Между этими параметрами установлена средняя зависимость ($R_{\text{MN}} = 0,59$).

Экспозиция и уклон территории безусловно оказывают влияние и на урожайность культур. Различные экспозиции склонов характеризуются существенной пространственной дифференциацией почвенного плодородия, распределения влаги и тепла, что оказывает существенное влияние на формирование урожая и качества зерна ведущей зерновой культуры региона – озимой пшеницы.

Средняя урожайность зерна озимой пшеницы на полигоне «Точное земледелие» составляла 4,93 т/га и изменялась в зависимости от местоположения в рельефе от 3,02 до 6,83 т/га, величина варьирования составляла 18,2 %. Наименьшая урожайность отмечена на склоне юго-западной экспозиции – 4,44 т/га. На склоне юго-восточной экспозиции в некоторых точках она составляла 6,38 и 6,83 т/га (табл. 2, рис. 9).

Средняя натура зерна озимой пшеницы на полигоне составила 777 г/л (показатель выше среднего – 765...784 г/л) и варьировала от 707 до 816 г/л. Самая высокая натура зерна была на склоне юго-западной экспозиции, составляла 791 г/л и оценивалась как высокая (>785 г/л). На склоне северо-восточной экспозиции натура зерна была наименьшей, составила 762 г/л и оценивалась как средняя (725...764 г/л).

Масса 1000 зерен изменялась от 32,9 до 40,0 г, средняя величина её на

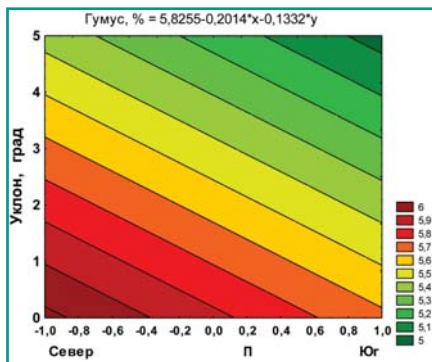


Рис. 7. Зависимость содержания гумуса в пахотном слое почвы от экспозиции и угла склона (Север – северная экспозиция, Юг – южная экспозиция, П – плакор).

полигоне составила 36,6 г и оценивалась как высокая (>30,0 г).

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы на полигоне изменялось от 25,3 до 47,7 %, средняя её величина составила 34,0 %. В среднем на плакоре, северо-западном и северо-восточном склонах её величина составляла 35,7, 34,6 и 35,8 %,

2. Статистические показатели урожая и качества озимой пшеницы

Статистический показатель*	Урожайность, т/га	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	ИДК	Клейковина, %
Max	6,83	816	40,0	112,5	47,7
Min	3,02	707	32,9	83,5	25,3
X сред	4,93	777	36,6	97,5	34,0
Sd	0,91	25,5	2,1	8,7	4,6
V, %	18,4	3,3	5,7	8,9	13,6

*Max – максимальное значение показателя, Min – минимальное значение показателя, X сред – среднее значение показателя, Sd – стандартное отклонение V, % – коэффициент вариации.

на юго-восточном и юго-западном склонах содержание клейковины снижалось, соответственно, до 32,5 и 32,3 % и относилось к I и II группам (табл. 2).

Величина ИДК (индекс деформации клейковины, усл. ед.) озимой пшеницы варьировала от 83,5 до 112,5 единиц, средняя её величина составила 97,5 единиц и оценивалась как удовлетворительная (80...100 ед. – удовлетворительная, 105...120 ед. – неудовлетворительная).

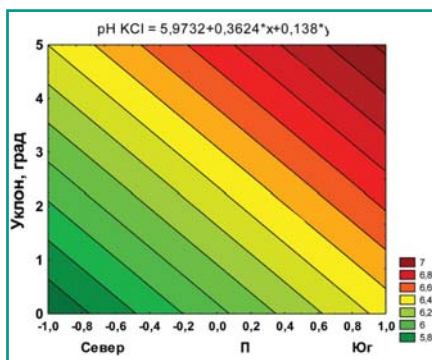


Рис. 8. Зависимость pH почвы от экспозиции и угла склона (Север – северная экспозиция, Юг – южная экспозиция, П – плакор).

Урожайность озимой пшеницы определяется основными лимитирующими факторами – экспозицией, уклоном склона, определяющими гидротермические условия, и содержанием минерального азота в почве. Регрессионное уравнение, характеризующее эту зависимость ($R_{MN} = 0,71$), имеет следующий вид:

$$Y = 3,69 - 1,76 \cdot K_3 \cdot \alpha + 10,2 \cdot N_M$$

где: Y – урожайность озимой пшеницы, т/га; K_3 – коэффициент на экспозицию; α – крутизна склона, град.; N_M – содержание минерального азота ($N-NO_3 + N-NH_4$), мг/100 г.

На основе полученных результатов исследования проведена оценка ресурсов урожая при использовании минимального комплекса агроклиматических параметров, агрохимических свойств почв, а также морфометрических параметров рельефа (рис. 10). Для среднелетних условий (25 лет) уровни климатического потенциала продуктивности пашни варьируют от 4,9 тыс. зерн. ед./га на юго-западных склонах до 6,3 – на

($V = 6,2$ %), действительно возможный уровень продуктивности составляет 4,3...6,1 тыс. зерн. ед./га.

Урожайность озимой пшеницы связана с морфометрическими характеристиками рельефа и почвенными свойствами следующей зависимостью ($R = 0,50$):

$$Y = 1,24 + 0,736 \cdot ДВУ,$$

где Y – урожайность озимой пшеницы, т/га,

ДВУ – действительно возможная урожайность озимой пшеницы, т/га.

Наиболее благоприятные условия для произрастания озимой пшеницы складываются на пологом склоне юго-восточной экспозиции с прямой формой профиля склона. По показателю крутизны склонов полигон «Точное земледелие» имеет большое разнообразие форм, но дифференциация агроэкологических параметров, главным образом, зависит от экспозиции.

Таким образом, проведена комплексная агроэкологическая оценка в склоновом агроландшафте на примере полигона «Точное земледелие». В программных средствах QGIS построены электронные карты, отражающие основные показатели рельефа исследуемой территории. Склоны южной и юго-западной экспозиций полигона эродированы больше, чем северные и северо-восточные. Наиболее интенсивный сток можно спрогнозировать на склонах северо-западной, северо-восточной и юго-восточной экспозиций. Корреляционная зависимость между запасами доступной влаги в слоях почвы 0...30, 0...50, 0...100 см и уклоном ($r = 0,42$; 0,61 и 0,55). Основными факторами, влияющими на содержания гумуса ($R_{MN} = 0,72$) и pH почвы ($R_{MN} = 0,59$) в

склонах северо-восточных направлений. При величинах комплексной оценки плодородия чернозема типичного (по содержанию гумуса, подвижных фосфора, калия и кислотности pH_{KCl}), равных 71,1...100 баллов

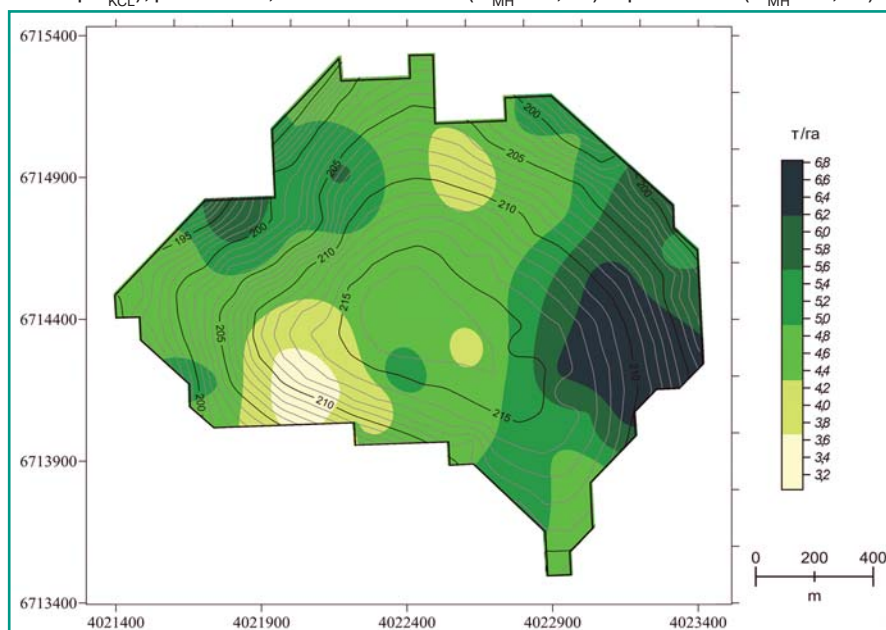


Рис. 9. Урожайность озимой пшеницы на полигоне «Точное земледелие», предшественник – соя (2021 г).

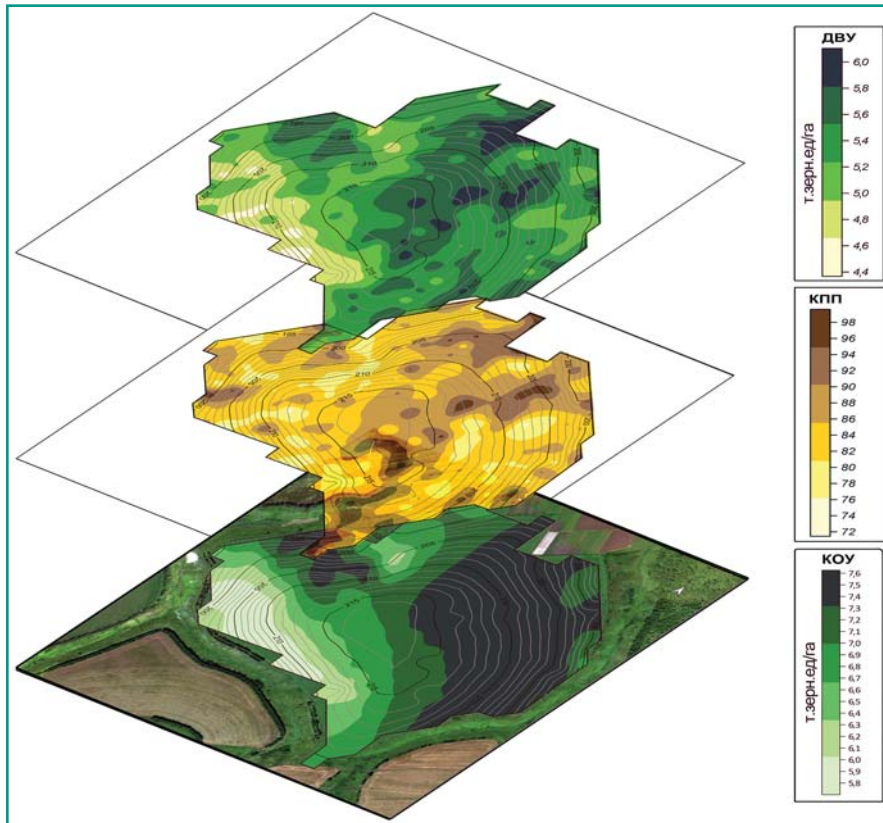


Рис. 10. Комплексная оценка неоднородности агрохимических свойств в реперных точках на полигоне «Точное земледелие»: ДВУ – действительно возможная урожайность озимой пшеницы, КПП – климатический потенциал продуктивности, КОУ – климатически обеспеченная урожайность.

склоновом агроландшафте, выступают экспозиция и крутизна склона.

Урожайность озимой пшеницы с высокой степенью связи ($R_{mn} = 0,71$) определяется основными лимитирующими факторами – морфометрическими характеристиками рельефа (экспозицией, уклоном склона), определяющими гидротермические условия и содержанием минерального азота, а также средней ($R = 0,50$) с морфометрическими характеристиками рельефа и почвенными свойствами. При проведении агроэкологической оценки склоновых агроландшафтов необходим комплексный анализ, учитывающий не только почвенные, агроклиматические свойства исследуемой территории, но и морфометрические характеристики рельефа.

Литература

1. Кирюшин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивноландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2. С. 3–7. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10201
2. Korjenić A., Sivas A., Banda A. Uporaba geografskega informacijskega sistema v kvantitativni geomorfološki analizi porečja Une (Bosna in Hercegovina). Dela. 2017. Vol. 48. P. 77–94. doi: 10.4312/dela.48.2.77-94.
3. Использование ГИС в точном земледелии / В. П. Якушев, Р. А. Полуэктов, З. И. Смоляр и др. // Агрохимический вестник. 2002. № 1. С. 34–39.

4. Оценка продуктивности почв агроценозов в глобальном масштабе по Мюнхенской системе рейтинга качества почв / Л. М. Мюллер, У. Шиндлер, Ф. Ойленштайн и др. // Плодородие. 2016. № 5. С. 50–53.

5. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство / Под ред. академиков РАСХН В. И. Кирюшина и А. Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.

6. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. Acad. Press, 2016. 506 p.

7. Бабаян Л. А., Беляков А. М., Леонтьев В. В. Плодородие светло-каштановой почвы юга Приволжской Возвышенности, связанное с элементами рельефа и ориентацией склона // Научно-агрономический журнал. 2016. № 2. С. 49–54.

8. Wood S. A., Baudron F. Soil organic matter underlies crop nutritional quality and productivity in smallholder agriculture // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2018. Vol. 266. P. 100–108.

9. Иванов Д. А., Карасева О. В., Рублюк М. В. Исследование влияния почвенного покрова и рельефа на продуктивность культур // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 2. С. 19–26. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10203.

10. Глазунов Г. П., Афонченко Н. В., Золотухин А. Н. Пространственная неоднородность показателей плодородия черноземных почв в склоновых агроландшафтах ЦЧР // Земледелие. 2021. № 7. С. 3–9. doi: 10.24412/0044-3913-2021-7-3-9.

Agroecological assessment of arable land in sloping agricultural landscapes

G. P. Glazunov, N. V. Afonchenko, A. N. Zolotukhin

Federal Agricultural Kursk Research Center, ul. Karla Marksa, 70b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. The investigation assessed arable lands in sloping agricultural landscapes in the Central Chernozem Region using GIS technologies. The work was carried out in the Kursk region at an experimental plot with a dome-shaped relief, with an area of 86 hectares (sampling step was 50 m) in 2011–2021. The soil cover of the site is represented by typical and leached chernozems, heavy loamy, of varying degrees of erosion and alluvium on loess-like carbonate loams. The slopes of the southern and southwestern exposures of the plot are more eroded than the northern and northeastern ones. The most intense runoff can be predicted on the slopes of the northwestern, northeastern and southeastern exposures. The correlation dependence (r) between the reserves of available moisture in soil layers 0–30, 0–50 and 0–100 cm and the slope angle is equal to 0.42, 0.61 and 0.55, respectively. The dependence of humus content in the topsoil on exposure and slope angle is classified as high ($R_m = 0.72$), soil pH is medium ($R_m = 0.59$). Under the conditions of complex slope agricultural landscapes, the yield of winter wheat is determined by the strong interaction of the morphometric characteristics of the relief (exposure, slope steepness), which determine the hydrothermal conditions, with the content of mineral nitrogen ($R_m = 0.71$), and the average interaction of the morphometric characteristics of the relief with soil properties ($R = 0.50$). Therefore, when conducting an agroecological assessment of such lands, a comprehensive analysis is required, taking into account not only the soil and agroclimatic properties of the study area but also the morphometric characteristics of the relief. The results of the research can be used to improve the system of agroecological monitoring of soil fertility, which ensures the stability and reproduction of soil fertility in agricultural landscapes, as well as the automated design of adaptive landscape farming systems based on GIS technologies.

Keywords: agroecological land assessment; agricultural landscape; relief; exposition; chernozem; soil.

Author Details: G. P. Glazunov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru); N. V. Afonchenko, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: afonchienko53@mail.ru); A. N. Zolotukhin, junior research fellow.

For citation: Glazunov GP, Afonchenko NV, Zolotukhin AN [Agroecological assessment of arable land in sloping agricultural landscapes]. *Zemledelie*. 2022;(2):19-24. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-19-24.

С нами расти легче

avgust crop protection

Гербицид – просто БОМБА!



реклама

Бомба®

expectrum инновационные продукты

ГЕРБИЦИД

трибенурон-метил, 563 г/кг
+ флорасулам, 187 г/кг

Комбинированный гербицид против максимально широкого спектра двудольных сорняков, в том числе трудноискоренимых, в посевах зерновых. Является уникальным технологическим решением для борьбы с подмаренником цепким во всех фазах его развития. Имеет широкое «окно» применения – от фазы 2 листьев до появления 2-го междоузлия культуры. Способствует полной реализации потенциала урожайности пшеницы и ячменя за счет отсутствия фитотоксичности к культуре.



avgust.com

АО Фирма «Август»
тел. (495) 787-08-00

Премиум-защита, доступная всем!

Балий®

expectrum инновационные продукты

ФУНГИЦИД

пропиконазол, 180 г/л
+ азоксистробин, 120 г/л

Уникальный двухкомпонентный фунгицид премиум-класса с озеленяющим эффектом.

Сочетает максимальную эффективность против широкого спектра листовых заболеваний с мощным физиологическим эффектом. Благодаря профилактическому и лечущему действию, а также высокой системной активности обеспечивает длительную защиту посевов. Предотвращает риск резистентности патогенов. Способствует реализации потенциала урожайности культуры.





С нами расти легче

avgust 
crop protection

С нами расти легче

avgust crop protection

Фунгицид №1 в России*



реклама

Колосаль® Про

expectrum инновационные продукты

ФУНГИЦИД

пропиконазол, 300 г/л
+ тебуконазол, 200 г/л

Системный фунгицид с длительным периодом защиты зерновых, сахарной свеклы, винограда, рапса, сои, гороха и др. культур.

Контролирует важнейшие болезни листьев, стебля и колоса зерновых культур. Обладает исключительно высокой проникающей способностью за счет уникальной препаративной формы концентрата микроэмульсии. Начинает действовать быстро, обеспечивает длительный профилактический и лечающий эффект.



* - по данным информационно-аналитического агентства «Агростат», в 2020 г. фунгицид Колосаль® Про лидировал в РФ по площади однократной обработки зерновых культур

avgust.com

АО Фирма «Август»
тел. (495) 787-08-00

**НАСТОЯЩАЯ
ИНОКУЛЯЦИЯ -
ЭТО АТУВАЦИЯ!**

**КЛУБЕНЬКИ
ОТ УДОБРЕНИЙ
НЕ ВЫРАСТУТ**

20
миллиардов
бактерий –
найдите
титр выше

**КАКИЕ
КЛУБЕНЬКИ
ТАКИЕ
И БОБЫ**

 **Атува®**

syngenta®

**Агроподдержка
Сингенты**

Получите совет эксперта



syngenta.ru





doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-26-31
УДК 631/635:632.08:633.1

Перспективы использования информационных ресурсов ДЗЗ для управления продукционным процессом полевых агроценозов*

Ю. А. ГУЛЯНОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: iury.gulyanov@yandex.ru)
Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Пионерская, 11, Оренбург, 460000, Российская Федерация

Исследование проводили с целью широкой пространственной оценки фитометрических параметров агроценозов озимой пшеницы посредством определения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) на основе данных дистанционного зондирования земли из космоса (ДЗЗ) и при наземном сканировании, выявления их связи, возможности комплексирования и перспектив использования для управления продукционным процессом. Работу выполняли в 2019–2021 гг. на участке конкурсного сортоиспытания в Оренбургской области, а также в производственных посевах Ростовской, Волгоградской, Самарской и Оренбургской областей, на чернозёмах южных. Метеорологические условия периода исследований характеризовались свойственной зонам засушливостью климата. NDVI определяли на базе общедоступных космических снимков Landsat 8 и Sentinel, имеющих пространственное разрешение 15...30 м/пиксел. Полученные данные наносили на картографическую основу в программном комплексе Next GIS с последующей обработкой в Arc Map. Наземные инструментальные измерения NDVI осуществляли портативным ручным сенсором Green Seeker Handheld Crop Sensor, Model HCS-100 по фиксированному маршруту. Площадь листовой поверхности определяли линейно-весовым методом. При обработке цифрового материала использовали корреляционно-регрессионные методы статистического анализа. Результа-

ты мониторинга NDVI на основе данных ДЗЗ показали высокую сходимость ($r = 0,90$) с результатами наземного сканирования и определения фитометрических параметров линейными методами, что открывает широкие перспективы их комплексирования и значительно расширяет возможности отслеживания фитометрических параметров посевов. Различные сорта озимой пшеницы обладают специфическими сортовыми признаками, определяющими их оптико-биологические свойства и выражающимися в различном соотношении площади листовой поверхности и NDVI. Присущие конкретным сортам индивидуальные параметры этого соотношения могут применяться для оперативного определения площади листовой поверхности и последующего использования полученных результатов в управлении продукционным процессом полевых агроценозов, в том числе в системах точного земледелия.

Ключевые слова: ДЗЗ, наземное сканирование, агроценозы, озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), продукционный процесс, фитометрические параметры, реализация урожайного потенциала.

Для цитирования: Гулянов Ю. А. Перспективы использования информационных ресурсов ДЗЗ для управления продукционным процессом полевых агроценозов // Земледелие. 2022. № 2. С. 26–31. Doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-26-31.

Разработка приёмов управления продукционным процессом полевых агроценозов, направленных на более полную реализацию урожайного потенциала возделываемых культур, сохраняет высокую актуальность с начала становления научного земледелия. Наиболее активное изучение возможностей управления формированием урожая путём оптимизации факторов внешней среды агротехническими средствами относится к XX в. Известен успешный опыт таких разработок в научно-исследовательских центрах многих стран мира, например, в Гол-

ландии, Великобритании, Мексике, США и др.

В СССР эти исследования были связаны с программированием урожаев полевых культур, создавшим предпосылки для зарождения инновационной методологии управления [1]. В научной среде широко известны опыты А. Г. Лорха, в 30-е годы прошлого столетия разработавшего модель высокопродуктивного агроценоза картофеля (50...70 т/га) для условий Подмосквья и М. С. Савицкого, в те же годы успешно занимавшегося оптимизацией продукционного процесса озимой пшеницы под урожайность 10 т/га [2]. В 70-е годы XX в. при многих крупных научных учреждениях соответствующего профиля были организованы опытные станции по программированию урожаев, ставшие центрами разработки математико-статистических и функционально-динамических моделей формирования урожая. Их научные разработки активно распространяли в сельскохозяйственном производстве, благодаря чему уже к середине 90-х годов площадь посевов под программируемые урожаи в стране превышала 4,0 млн га [2].

Как известно, основным звеном управления формированием урожая выступает мониторинг хода нарастания биологической массы в процессе вегетации и его сопоставление с разработанным графиком (ходом нарастания в высокопродуктивных эталонных посевах), по результатам которого принимаются корректирующие технологические решения.

В качестве объективной оценки оптимальности развития агроценоза при этом чаще всего используют фитометрические параметры (площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал и др.), на определение которых «вручную» затрачивается огромное количество времени и сил, теряется оперативность. Развитие компьютерных информационных технологий и возможности дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) из космоса могут значительно облегчить эту работу, повысить её точность и оперативность.

Следует признать, что информационные ресурсы ДЗЗ в последние годы обретают всё более широкие перспективы применения в сельскохозяйственном производстве. Отечественные и зарубежные учёные и практики активно

*Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № ГР АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

пропагандируют целесообразность их использования в самых различных отраслях. В частности, в земледелии, на основе отличительных фенологических особенностей и сезонной динамики оптико-биологических свойств полевых культур, актуализируются методы их автоматизированного распознавания [3]. Разрабатываются подходы к оценке физиологического состояния и прогнозирования продуктивности агроценозов [4, 5, 6] с использованием нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) [7]. Проводятся основные на спектральном отклике растений исследования по моделированию связи NDVI полевых культур с их проективным покрытием [8, 9], площадью ассимиляционной поверхности [10] и другими фитометрическими параметрами, определяющими фотосинтетическую продуктивность. Актуализированы представления о пространственной неоднородности степных агроценозов, научно обоснованы инструментальные методы её выявления и оценки состояния растительного покрова, рекомендованы адаптивные структурные параметры высокопродуктивных посевов для отдельных регионов степной зоны европейской России [11]. Теоретически обоснована и экспериментально подкреплена целесообразность поддержания имеющих зональную, видовую и даже сортовую специфичность фитометрических параметров на оптимальном уровне, соответствующем высокой реализации урожайного потенциала рекомендованных к возделыванию сортов, определены их размеры и корреляция с NDVI [12].

Вполне очевидно, что оперативная оценка физиологического состояния и прогнозирование продуктивности агроценозов возможны только в случае постоянного мониторинга посевов с использованием космических снимков, материалов воздушной съёмки с беспилотных летательных аппаратов, наземного сканирования и их грамотной агрономической интерпретации.

Техническая оснащённость современных отраслей растениеводства, особенно в крупных хозяйствах (холдингах), позволяет изменять основополагающие структурные параметры агроценозов по ходу вегетации и нивелировать неоднородность условий произрастания растений. Одним из наиболее освоенных на сегодняшний день «корректирующих» технологических приёмов считается проведение дифференцированных минеральных подкормок зерновых культур в системе точного земледелия [13], которые позволяют выравнивать условия минерального питания растений по элементарным участкам поля, повышать плотность посева и улучшать структуру колоса. Одновременно активно осваи-

ваются приёмы дифференцированного внесения средств химической защиты растений (инсектицидов, гербицидов и др.), норм высева семян и др. [14, 15].

Следовательно, в условиях современных климатических вызовов и антропогенной деградации почв, которые приводят к внутрипольной гетерогенности растительного покрова, более полной реализации генетических ресурсов полевых культур будет способствовать оптимизация факторов внешней среды на всех элементарных участках поля, направленная на повышение фотосинтетической производительности всего агроценоза. В связи с этим, привлечение интеллектуальных мониторинговых приёмов (методов) для оценки состояния растительного покрова полевых агроценозов, особенно в наиболее антропогенно деградированных зернопроизводящих регионах степной зоны РФ, имеет высокую актуальность.

Их результаты представляют несомненный практический интерес и при разработке мероприятий по адаптации земледелия к потеплению климата, в том числе путём использования адаптивно-ландшафтных систем земледелия, темпы освоения которых в ряде регионов РФ остаются пока очень низкими [16].

Существующий мировой опыт свидетельствует о большей эффективности спутниковых снимков при мониторинге посевов на больших территориях [10, 17, 18]. При работе с небольшими площадями хорошие результаты показывает использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и наземных измерительных устройств [19]. Оно меньше зависит от облачности, тумана, повышенной влажности воздуха, часто затеняющих космические снимки. В то же время в условиях повышенной ветренности неприемлемо использование БЛА, а ранней весной или после обильных осадков затруднительно проведение наземного сканирования. В связи с этим представляется целесообраз-

ным комплексное использование всех перечисленных подходов при условии высокой сопоставимости полученных на их основе результатов.

Цель исследований – широкая пространственная оценка фитометрических параметров агроценозов озимой пшеницы посредством определения NDVI на основе космических снимков и при наземном сканировании посевов, выявление их связи, возможности комплексирования и перспектив использования для управления продукционным процессом полевых агроценозов.

Для выполнения поставленной цели решали следующие задачи:

сформировать широкую пространственную базу данных NDVI агроценозов озимой пшеницы, определённого на основе космических снимков и инструментальных наземных измерений, в нескольких регионах степного пояса России;

определить тесноту связи значений NDVI в посевах озимой пшеницы, полученных на основе космических снимков и при наземном сканировании;

выявить возможности комплексирования результатов ДДЗ и наземного сканирования для объективной оценки фитометрических параметров, оценить перспективы их использования для управления продукционным процессом полевых агроценозов.

Программа исследований включала стационарные наблюдения и учёт (2019–2020 гг.) на участке конкурсного экологического сортоиспытания и выездные экспедиционные исследования в производственных посевах озимой пшеницы (2020–2021 гг.). Объекты исследований располагались в центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (рис. 1, объект 1), северо-западной зоне Ростовской области (рис. 1, объект 2), степной зоне Волгоградской области (рис. 1, объект 3), переходной (от лесостепной к степной) зоне Самарской области (рис. 1, объект 4) и западной зоне Орен-

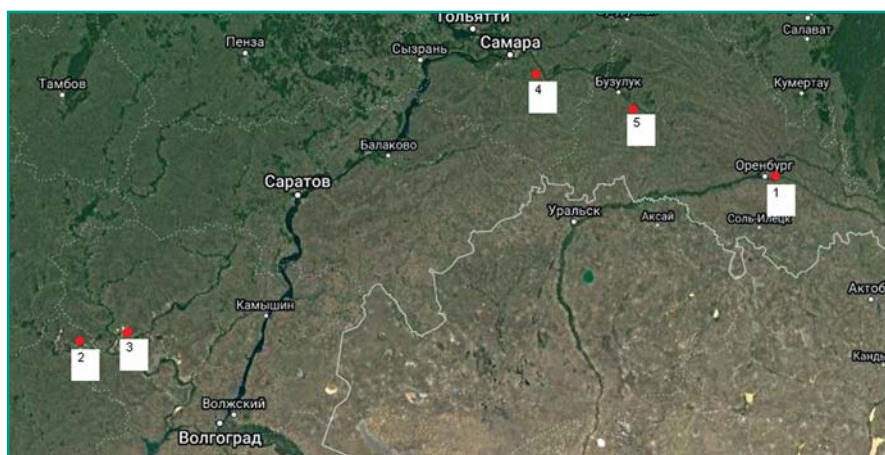


Рис. 1. География объектов исследований: 1, 5 – Оренбургская область, Оренбургский и Тоцкий район; 2 – Ростовская область, Шолоховский район; 3 – Волгоградская область, Кумылженский район; 4 – Самарская область, Кинельский район.

бургской области (рис. 1, объект 5). Почвенный покров всех экспериментальных участков был представлен чернозёмами южными.

Метеорологические условия периода исследований характеризовались свойственной зонам засушливостью климата, выражавшейся в высоких суммах активных температур при критически низком количестве атмосферных осадков, особенно нестабильно выпадавших в летний период. Самые скудные осадки (125...135 мм за апрель–июль) зафиксированы в Волгоградской и Оренбургской областях, а их вариабельность в среднем за четыре месяца составила 67,3 и 78,9 % соответственно. Наиболее непостоянное выпадение осадков отмечено в июле, их вариация в Оренбургской области превысила 80,0 %, а в Волгоградской области – 100,0 %.

NDVI посевов определяли на базе общедоступных космических снимков Landsat 8 и Sentinel, имеющих пространственное разрешение 15...30 м/пиксел, размещённых на on-line ресурсах OneSoil.ai и Sentinel-hub.com. Полученные данные наносили на картографическую основу в программном комплексе Next GIS с последующей обработкой в Arc Map. Для выявления тесноты связи между характеристиками космических снимков и фактическим состоянием растительности осуществляли наземные инструментальные измерения NDVI портативным ручным сенсором Green Seeker Handheld Crop Sensor, Model HCS-100 с активным оптическим датчиком по фиксированному маршруту, закреплённому точками с использованием навигатора Garmin GPSMAP 64 ST.

На участке конкурсного экологического сортоиспытания (объект 1) восьмикратное наземное сканирование посевов проводили в 114 точках по основным фазам развития озимой пшеницы. В период экспедиционных исследований осуществляли наземные измерения NDVI исследуемых полей (объекты 2...5) в 123...137 закреплённых точках. Площадь листовой поверхности на участке конкурсного экологического сортоиспытания озимой пшеницы определяли линейно-весовым методом в период максимального развития ассимиляционного аппарата (в начале фазы цветения). Для измерения массы листьев использовали электронные весы (Electronic balance, Type CBL 2200H) с точностью измерения 0,01 г. При обработке цифрового материала применяли корреляционно-регрессионные методы статистического анализа.

В процессе анализа обширной базы данных, полученных на основе космических снимков участка конкурсного экологического сортоиспытания ози-

мой пшеницы в центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области выявлена отмечающаяся на протяжении всей вегетации значительная дисперсия величин NDVI. Самая высокая стабильность NDVI, составлявшего в среднем по девяти повторениям экспериментального участка 0,80...0,81 единиц, отмечена в периоды максимального развития листостебельной массы, соответствующие фазе полного осеннего кущения и периоду от весеннего кущения до начала цветения в весенне-летнюю вегетацию. Коэффициент вариации NDVI в эти фазы не превышал 10,0%. Наибольшее варьирование NDVI (20,0%), отмечали в начале (фаза всходов) и конце (фаза молочно-восковой спелости зерна) вегетации.

В результате анализа пространственного распределения NDVI по элементарным участкам поля с использованием стандартизованной непрерывной дискретной шкалы, визуализирующей его значения в диапазоне от -1 до 1, выявлена значительная пространственная неоднородность развития биомассы (рис. 2). Среди основных причин гетерогенности растительного покрова, сопровождавшейся существенным пространственным изменением урожайности и качества продукции, отмечены неоднородность почвенного покрова, пестрота засорённости, характер распределения вредных объектов и варьирование других факторов внешней среды. На наш взгляд, это обстоятельство следует рассматривать в качестве одного из основных доводов тщательного мониторинга полевых агроценозов, особенно в периоды, наиболее ответственные за формирование урожая (формирование плотности продуктивного стеблестоя, закладка колоса и наливание зерна), с целью нивелирования указанных неблагопри-

ятных последствий агротехническими средствами.

Следует отметить, что реализованный в наших исследованиях мониторинг посевов с использованием космических снимков показал высокую воспроизводимость картины пространственного распределения величин NDVI по различным участкам поля. Выявлена их высокая сходимость с результатами наземного сканирования портативными оптическими устройствами типа Green Seeker Handheld Crop Sensor, Model HCS-100 и определения фитометрических параметров линейными методами (рис. 3, 4).

Корреляционно-регрессионный анализ экспериментальных данных подтвердил наличие сильной связи ($r = 0,90$) между значениями NDVI, полученными на основе космических снимков и при наземном сканировании. Указанная прямая линейная зависимость характеризуется уравнением регрессии $y = 0,833x + 0,138$, где x – величина NDVI, определённая на основе космических снимков, y – величина NDVI, установленная при наземном сканировании. Коэффициент детерминации (R^2) свидетельствует о зависимости между указанными величинами в 80,7 % случаев.

На других экспериментальных участках также выявлена достаточно выраженная гетерогенность растительного покрова (рис. 5) и отмечена высокая сходимость величин NDVI при спутниковом и наземном определении. Так, в условиях северо-западной зоны Ростовской области (Шолоховский район, 5 мая 2021 г.) коэффициент детерминации между этими величинами был равен 0,896, в степной зоне Волгоградской области (Кумылженский район, 5 мая 2021 г.) – 0,873, в переходной зоне Самарской области (Кинельский район, 15 октября 2020 г.) – 0,889, в западной

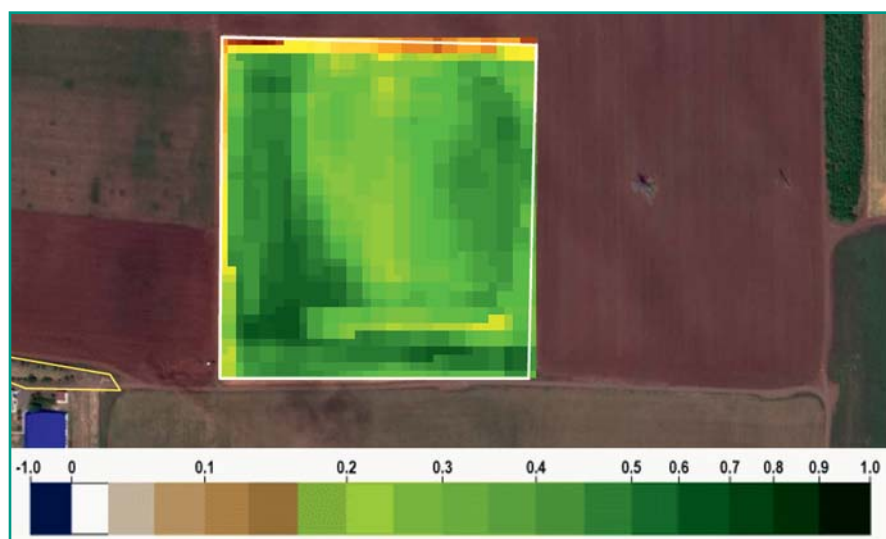


Рис. 2. Пространственная визуализация NDVI в посевах озимой пшеницы в центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (подготовлена на основе космических снимков в период осеннего кущения, 28 октября 2019 г.).

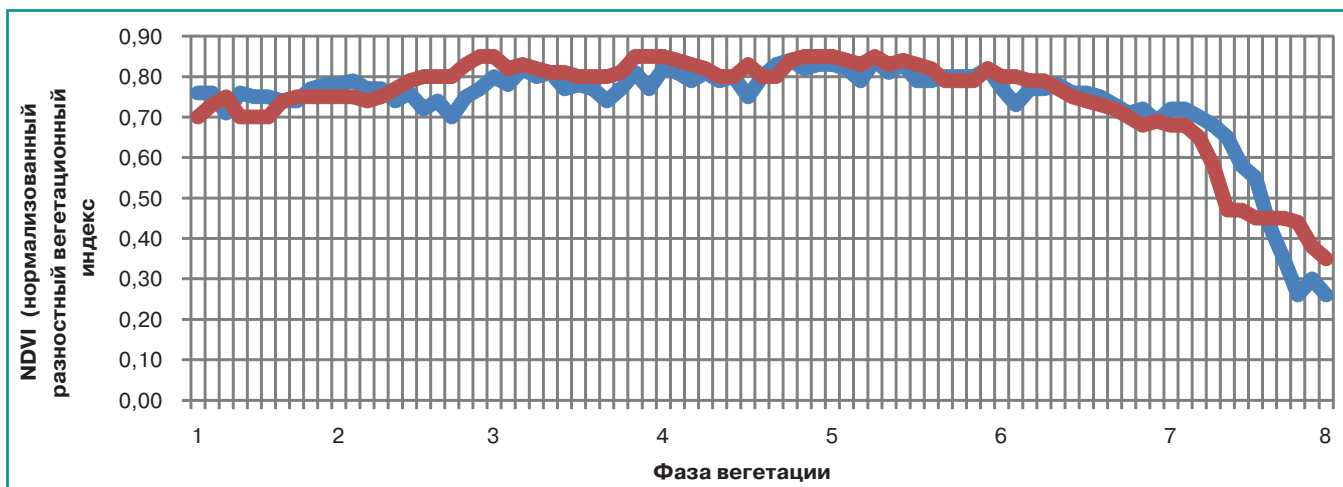


Рис. 3. Динамика NDVI в посевах озимой пшеницы на чернозёмах южных центральной зоны Оренбургской области по фазам вегетации (2019–2020 гг.): 1 – осеннее кущение; 2 – весеннее кущение; 3 – выход в трубку; 4 – начало колошения; 5 – колошение; 6 – цветение; 7 – молочно-восковая спелость зерна; 8 – восковая спелость зерна: — наземное сканирование; — космическая съёмка.

зоне Оренбургской области (Тоцкий район, 3 мая 2021 г.) – 0,921.

В ходе полевого эксперимента на участке экологического сортоиспытания озимой пшеницы в центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области определено соотношение площади листовой поверхности (ПЛ) и величин NDVI в период максимального развития ассимиляционного аппарата (фаза колошение-цветение) по 13 сортам различной селекции. Примечательно, что общей (по всей линейке сортов) прямой зависимости нормализованного разностного вегетационного индекса посевов (NDVI) от площади листовой поверхности не выявлено.

Очевидно, это обстоятельство свидетельствует о влиянии на соотношение приведённых величин таких специфических сортовых признаков, как интенсивность (густота) зелёного окрашивания (концентрация хлорофил-

ла), архитектура листьев, длина стебля и колоса, наличие или отсутствие остей и др., определяющих их оптико-биологические свойства [20].

Установлено, что межсортовое изменение NDVI детерминирует не более 40,0 % межсортовой вариации площади листовой поверхности ($R^2=0,38$). Связь между этими параметрами средняя ($r=0,62$) и характеризуется уравнением регрессии $y = 37397x - 3198$, где x – NDVI, y – площадь листовой поверхности.

По результатам исследований были определены индивидуальные, присущие конкретным сортам, размеры площади листовой поверхности, приходящиеся на 0,01 единиц NDVI, с ясной перспективой их использования для определения площади листовой поверхности путём её пересчета с величин NDVI. Подобный подход исключает применение несоизмеримо более трудоёмкого линейно-весового метода и предоставляет оперативный

простор для принятия корректирующих технологических решений. При расчёте этого показателя подтверждена его сортовая специфичность, выразившаяся в асинхронности межсортовых различий площади листовой поверхности, приходящейся на 0,01 единиц NDVI (31,9 м²/га, или 9,9 %) и самих исходных показателей. При межсортовой вариативности площади листовой поверхности на уровне 3754 тыс. м²/га (14,2 %) изменчивость NDVI оказалась равной 0,08 единиц или 10,4 %.

В исследуемой выборке выявлены сорта, сформировавшие максимальную площадь листовой поверхности 29,2...30,1 тыс. м²/га, которой соответствовала наивысшая в эксперименте величина NDVI – 0,84...0,85 единиц, считающаяся оптимальной для степной зоны (см. табл.). Отношение ПЛ к NDVI оказалось близким к 350,0 м²/га на 0,01 единиц NDVI. В эту группу в основном вошли сорта местной селекции (ФГБОУ

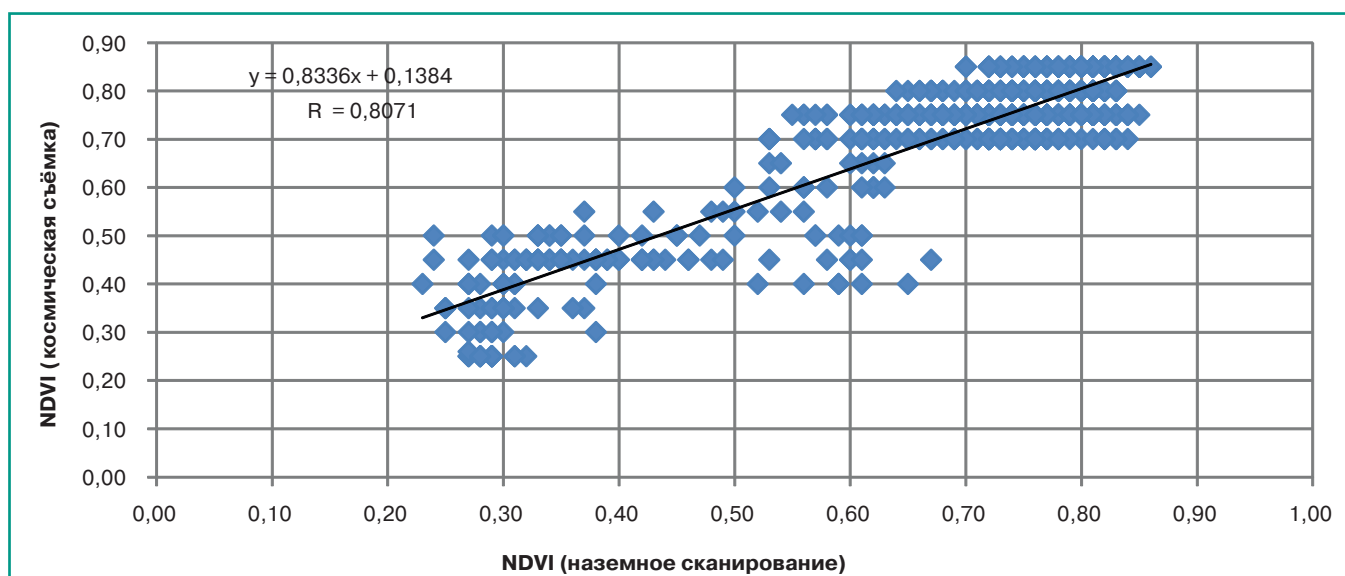


Рис. 4. Связь средних значений NDVI в посевах озимой пшеницы, полученных на основе космических снимков и при наземном сканировании в центральной зоне Оренбургской области (2019–2020 гг.).

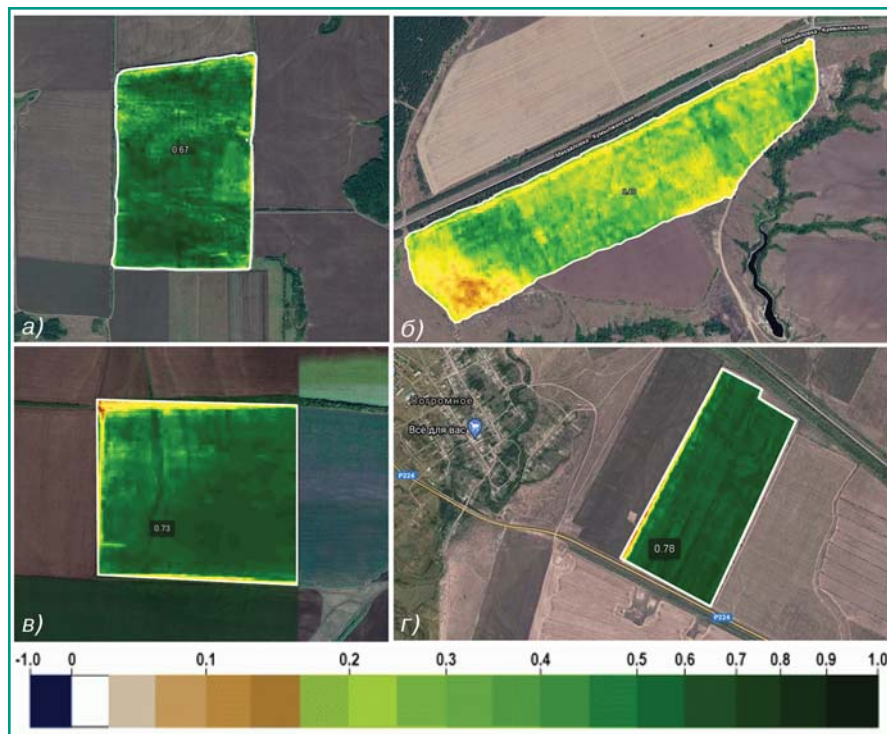


Рис. 5. Картины пространственного распределения NDVI в посевах озимой пшеницы в отдельных регионах степной зоны РФ, полученные на основе космических снимков: а – Ростовская область (5 мая 2021 г.); б – Волгоградская область (5 мая 2021 г.); в – Самарская область (15 октября 2020 г.); г – Оренбургская область (3 мая 2021 г.).

ВО Оренбургский ГАУ), которые по совокупности приведённых показателей отнесены к наиболее адаптивным в условиях современных климатических и антропогенных изменений – безостые Оренбургская 105, Колос Оренбуржья и остистые Рифей и Пионерская 32. Такая же величина этого показателя отмечена у сорта Саратовская 17, селекции ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока. Растения указанных сортов характеризуются высокой визуальной различимой интенсивностью (густотой) зелёного окрашивания, что, наряду с мощностью развития листового аппарата, заметно повышает NDVI.

В то же время выделены сорта, посева которых в зональных условиях при практически аналогичном отношении ПЛ к NDVI характеризуются меньшей площадью листьев (27,0...28,0 тыс. м²/га), которой соответствуют меньшие значения NDVI – 0,78...0,80 единиц. Это также интенсивно окрашенные безостые сорта Perfect (селекции ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ) и Спартак (ВНИИ зерновых культур им. И.Г.Калиненко).

Наименьшее отношение ПЛ к NDVI (321,7 м²/га на 0,01 единиц NDVI) при достаточно высокой его величине (0,84 единицы) отмечено в посевах безостого сорта Новоершовская (ФГБНУ Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока). Из группы короткостебельных, имеющих вполне очевидные перспективы в условиях повышения засушливости климата, выделены посева хорошо облиственных сортов Гром (ФГБНУ

Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко) и Донской сюрприз (ФГБНУ Аграрный научный центр Донской) с площадью листовой поверхности 26,3...26,6 тыс. м²/га (87,5...88,5 % от наибольшей в опыте) и NDVI 0,78 единиц, пониженного ввиду менее интенсивного окрашивания.

Представленные результаты убедительно свидетельствуют о перспективности широкого использования информационных ресурсов ДЗЗ для контроля фитометрических параметров посевов по ходу вегетации даже в разрезе отдельных сортов и принятия технологических решений по их корректировке агротехническими средствами (приёмами), направленными на более полную реализацию урожайного потенциала в зональных условиях. Для

оперативного управления продукционным процессом полевых агроценозов целесообразно комплексирование результатов ДЗЗ и наземного сканирования, имеющих высокую сходимость результатов. При проведении научных исследований на небольших площадях, а также с целью уточнения и внесения поправок к абсолютным значениям NDVI, определённым на основе космических снимков, представляется целесообразным заложение тестовых площадок для одновременного с космической съёмкой наземного измерения NDVI оптическими устройствами с активными датчиками.

Таким образом, в регионах степного пояса России отмечается повсеместная пространственная гетерогенность растительного покрова полевых агроценозов, выражающаяся в значительной изменчивости NDVI по элементарным участкам поля. Наибольшее его варьирование в посевах озимой пшеницы отмечается в самые ответственные фазы, совпадающие с периодом закладки плотности стеблестоя (фаза всходов-кущения) и налива зерна (фаза молочно-восковой спелости зерна).

Результаты мониторинга NDVI на основе данных ДЗЗ имеют высокую сходимость ($r = 0,90$) с показателями наземного сканирования и определения фитометрических параметров линейными методами. Это открывает широкие перспективы их комплексирования и значительно расширяет возможности отслеживания фитометрических параметров посевов.

Различные сорта озимой пшеницы обладают специфическими сортовыми признаками, определяющими их оптико-биологические свойства и выражающимися в различном отношении площади листовой поверхности к NDVI. Присущие конкретным сортам индивидуальные параметры этого соотношения могут использоваться для оперативного определения площади листовой поверхности и последующего применения полученных результатов в разработке мероприятий, направ-

Соотношение NDVI и площади листовой поверхности у сортов озимой пшеницы в фазе цветения (2019–2020 гг.)

Сорт	Нормализованный вегетационный индекс (NDVI), единиц	Площадь листовой поверхности (ПЛ), м ² /га	Отношение ПЛ к NDVI, м ² /га на 0,01 ед. NDVI
Дон 95	0,79	26480	335,2
Быстрица	0,77	26965	350,2
Спартак	0,78	27112	347,6
Perfect	0,80	28168	352,1
Новоершовская	0,84	27022	321,7
Фотинья	0,83	28336	341,4
Саратовская 17	0,85	29546	347,6
Колос Оренбуржья	0,85	29724	349,7
Оренбургская 105	0,85	29937	352,2
Гром	0,78	26302	337,2
Донской сюрприз	0,78	26637	341,5
Рифей	0,84	29165	347,2
Пионерская 32	0,85	30056	353,6

ленных на управление продукционным процессом полевых агроценозов, в том числе в системах точного земледелия.

Подобный подход представляется наиболее целесообразным при интенсивном внедрении в сельскохозяйственное производство современных информационных технологий, способствующих адаптации земледелия к изменяющимся природным и антропогенным факторам, вносящим существенные коррективы в течение биологических процессов в растительных сообществах.

Литература.

1. Yakushev V. P., Yakushev V. V. Prospects for «smart agriculture» in Russia // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 88. No. 5. P. 330–340. doi: 10/31857/S086958730001690-7.

2. Филин В. И. Программирование урожая: от идеи к теории и технологиям возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3 (35). С. 26–36.

3. Агрометеорологическая оценка состояния озимых культур в период прекращения вегетации с использованием наземных и спутниковых данных на примере Приволжского федерального округа / А. И. Страшная, С. А. Барталев, Т. А. Максименкова и др. // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2014. № 351. С. 85–107.

4. Whitcraft A. K., Becker-Reshef I., Justice C. O. A Framework for defining spatially explicit earth observation requirements for a global agricultural monitoring initiative (Geogram) // Remote sensing. 2015. Vol. 7. No. 2. P. 1461–1481. doi: 10.3390/rs70201461.

5. Якушев В. П., Дубенок Н. Н., Лупян Е. А. Опыт применения и перспективы технологий дистанционного зондирования Земли для сельского хозяйства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 11–23. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-11-23.

6. Возможности дистанционной оценки урожайности озимой пшеницы на основе вегетационного индекса фотосинтетического потенциала / Ф. В. Ерошенко, С. А. Барталев, И. Г. Сторчак и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 99–112. doi: 10.21046/2070-7401-2016-13-23-99-112.

7. Using NDVI for the assessment of canopy cover in agricultural crops within modelling research / T. R. Tenreiro, M. Garcia-Vila, J. A. Gomes, et al. // Computers and Electronic in Agriculture. 2021. No. 182. P. 106038. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169921000569> (дата обращения: 15.05.2021г). doi: 10.1016/j.compag.2021.106038.

8. Remote sensing algorithms for estimation of fractional vegetation cover using pure vegetation index values: A review / L. Gao, H. Wang, B. A. Johnson, et al. // ISPRS Journal Photogrammetry and Remote Sensing. 2020. Vol. 159. P. 364–377. doi: 10.1016/j.isprsjrs.2019.11.018.

9. Терехин Э. А. Оценка пространственно-временных изменений в зелёной фитомассе

аграрной растительности с использованием спектрально-отражательных признаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 138–148. doi: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-138-148.

10. Гулянов Ю. А. Мониторинг фитометрических параметров с использованием инновационных методов сканирования посевов // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3 (19). С. 64–76. doi: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76.

11. Gulyanov Yu. A. Scientific bases of principles estimating a state of the vegetation cover in steppe agrocenoses using innovative methods of smart agriculture // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 817. P. 012039. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/817/1/012039> (дата обращения: 15.05.2021г). doi: 10.1088/1755-1315/817/1/012039.

12. Гулянов Ю. А., Чибилёв А. А., Чибилёв (мл.) А. А. Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 1 (54). С. 79–88. doi: 10.18470/1992-1098-2020-1-79-88.

13. Тугаринов Л. В., Комаров А. А., Кирсанов А. Д. Оценка корректирующего действия некорневых подкормок с помощью ДДЗ в Краснодарском крае // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (59). С. 74–81. doi: 10.24411/2078-1318-2020-12074.

14. Beluhova-Uzunova R., Dunchev D. Precision Farming-concepts and perspectives // Agricultural Economics. 2019. No. 3 (360). P. 142–155. doi: 10.30858/zer/112132.

15. Spiridonov A. Application of Unmanned Aerial Systems in Crop Production as an Aspect of Digitalization of the Agro-Industrial Complex // SHS Web of Conferences. 2021. No. 93. P. 01013. URL: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2021/04/shsconf_nid2020_01013.pdf (дата обращения: 15.05.2021г). doi: 10.1051/shsconf/20219301013.

16. Кирюшин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2. С. 3–7. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10201.

17. Transitioning from MODIS to VIIRS: an analysis of inter-consistency of NDVI data sets for agricultural monitoring / S. Skakun, C. O. Justice, E. Vermote, et al. // International Journal of remote sensing. 2018. Vol. 39. No. 4. P. 971–992. doi: 10.1080/01431161/2017/1395970.

18. Evaluation of the LSA-SAF gross primary production product derived from SEVIRI/MCG data (MGPP) / B. Martinez, M. A. Gilabert, S. Sanchez-Ruiz, et al. // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2020. Vol. 159. P. 220–236. doi: 10.1016/j.isprsjrs.2019.11.010.

19. Мониторинг посевов озимой пшеницы с применением беспилотной аэрофотосъёмки и оптического датчика Greenseeker © RT 200 / С. В. Железова, А. А. Ананьев, М. В. Вьюнов и др. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 6 (194). С. 56–61.

20. Пономарёв С. Н., Пономарёва М. Л. Фотосинтетические особенности сортов озимой ржи с различным контролем короткостебельности // Земледелие. 2017. № 7. С. 36–40.

Prospects of using remote sensing information resources for managing the production process of field agrocenoses

Yu. A. Gulyanov

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Pionerskaya 11, Orenburg, 460000, Russian Federation

Abstract. The study was carried out with the aim of a broad spatial assessment of the phytometric parameters of winter wheat agrocenoses by determining the normalized difference vegetation index (NDVI) based on remote sensing data and ground scanning, identifying their relationship, the possibility of integration and prospects for use for controlling the production process. The work was carried out in 2019–2021 at the site of competitive variety testing in the Orenburg region and production crops of the Rostov, Volgograd, Samara and Orenburg regions, on southern chernozems. The meteorological conditions of the research period were characterized by the aridity of the climate characteristic of the zones. NDVI was determined on the basis of publicly available satellite images of Landsat 8 and Sentinel, having a spatial resolution of 15–30 m/pixel. The obtained data were plotted on a cartographic basis in the Next GIS software package with subsequent processing in Arc Map. Ground-based instrumental measurements of NDVI were carried out with a portable hand-held sensor Green Seeker Handheld Crop Sensor, Model HCS-100 along a fixed route. The area of the leaf surface was determined by the linear-weight method. When processing digital material, generally accepted methods of statistical analysis were used. The results of NDVI monitoring based on remote sensing data showed high convergence ($r=0.90$) with the results of ground scanning and the results of determining phytometric parameters by linear methods, which opens up broad prospects for their integration and significantly expands the possibilities of tracking phytometric parameters of crops. Different varieties of winter wheat have specific varietal characteristics that determine their optical and biological properties and are expressed in a different ratio of NDVI to the leaf surface area. The individual parameters of the specified ratio inherent in different varieties can be used for the operational determination of the leaf surface area and their subsequent application in the development of measures aimed at managing the production process of field agrocenoses, including in precision farming systems.

Keywords: remote sensing; ground scanning; agrocenoses; winter wheat (*Triticum aestivum* L.); production process; phytometric parameters; realization of yield potential.

Author Details: Yu. A. Gulyanov, D. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: iury.gulyanov@yandex.ru).

For citation: Gulyanov YuA [Prospects of using remote sensing information resources for managing the production process of field agrocenoses]. *Zemledelie*. 2022; (2):26–31. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-26-31.

Перспективы использования органо-минеральных микроудобрений при выращивании кормовых бобов

А. А. ПОЛУХИН, доктор экономических наук, директор (e-mail: dirzbc@yandex.ru)

К. Ю. ЗУБАРЕВА, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник М. А. КАТАЛЬНИКОВА, научный сотрудник

Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, ул. Молодёжная, 10, к. 1, пос. Стрелецкий, Орловский р-н., Орловская обл., 302502, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния комплексных органо-минеральных микроудобрений на урожайность новых сортов кормовых бобов (Универсал и Красный богатырь). Работу выполняли в 2019–2021 гг. в Орловской области. Схема опыта включала следующие варианты: без удобрений (контроль); предпосевная обработка семян (Биостим Старт, 1 л/т + Ризоформ Горох, 3 л/т совместно со Статик, 0,85 л/т); предпосевная обработка семян + листовая подкормка в фазе ветвления (Интермаг Профи Бобовые и Стручковые, 1 л/га + Биостим Масличный, 1 л/га); предпосевная обработка семян + две листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации. Использование предпосевной обработки и однократной листовой подкормки на сортах кормовых бобов в среднем за 3 года повысило урожайность, по сравнению с контролем, на 22,9...23,9 %, двукратной листовой подкормки – на 23,9...26,0 %. Предпосевная обработка была менее результативной, прибавка урожая по сортам составила 7,0...8,7 %. В неблагоприятный для выращивания культуры год совместное применение органо-минеральных микроудобрений способствовало наибольшему приросту урожайности по всем опытным вариантам, по сравнению с контролем, у сорта Красный богатырь – от 18,2 до 35,0 % (0,25...0,48 т/га), у сорта Универсал – от 14,2 до 64,6 % (0,16...0,73 т/га). Листовая подкормка в фазе ветвления способствует повышению содержания белка в зерне на 1,2...2,2 %, в фазы ветвления и бутонизации – увеличивают массу тысячи семян на 4,9...6,5 %.

Ключевые слова: кормовые бобы (*Vicia faba* L.), минимизированные дозы, щадящие способы внесения, биоудобрения, микропрепараты, урожайность, белок.

Для цитирования: Полухин А. А., Зубарева К. Ю., Кательникова М. А. Перспективы использования органо-минеральных микропрепаратов при выращивании кормовых бобов // Земледелие. 2022. №2. С. 32–35. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-32-35.

сохранении высокой продуктивности агроценозов [6, 7, 8].

Для стабильного производства высококачественного растительного белка, сокращения напряженности уборочных процедур, сохранения потенциала плодородия почвы и активного ведения экологического земледелия (с использованием способности симбиоза с азотфиксирующими бактериями с последующей выработкой биологического азота) необходимо расширять ассортимент выращиваемых зернобобовых культур, которые различаются между собой по биологическим особенностям, например, кормовых бобов, способных накапливать в семенах и вегетативной массе большое количество высококачественного и ценного по растворимости и аминокислотному составу белка [9], обеспечивающих самый высокий выход переваримого протеина с единицы площади. Кормовые бобы могут быть отличным элементом экологического земледелия в связи с биологическим структурированием почвы, что обусловлено особенностями корневой системы и возможностью их использования на сидераты, а также благодаря повышенному симбиотическому потенциалу, по сравнению с другими зернобобовыми культурами.

Существуют различные причины, ограничивающие диверсификацию ассортимента выращиваемых зернобобовых культур. Так, расширение посевов кормовых бобов, наряду с их низкой популярированностью, сдерживает недостаточная урожайность (хотя потенциальная семенная продуктивность может достигать 6,0 т/га). Важную роль в решении этой проблемы отводят разработке и освоению современных систем дополнительного питания, основанных на относительно малозатратных и экономически оправданных способах применения (предпосевная обработка семян и корректирующие листовые подкормки вегетирующих растений) специальных видов органо-минеральных микроудобрений, которые характеризуются низкими нормами внесения и содержат помимо макро- и микроэлементов в водорастворимой хелатной форме, аминокислоты растительного происхождения, полисахариды и природные ростовые вещества. Наибольшую популярность такие системы питания, обеспечивающие экономически оправданные прибавки урожая в расчете на дополнительные затраты, получили в последние годы и нашли достаточно широкое распространение на различных сельскохозяйственных культурах [10, 11, 12]. Несмотря на обширные исследования в этой области, вопрос использования органо-минеральных микроудобрений путем предпосевной обработки и листовых подкормок на кормовых бобах остается неизученным.

На сегодняшний день с интенсивным и традиционным сельским хозяйством связано треть загрязнения окружающей среды в мировом масштабе. Это происходит из-за того, что для минимизации рисков производства и увеличения урожая используют химические пестициды, дестабилизирующие агроэкосистемы, характеризующиеся способностью к циркуляции в объектах окружающей среды (вода, почва), а также к материальной и биологической кумуляции в биосредах человека [1, 2, 3].

Дисбаланс между активным производством растительного и животного сырья, преимущественно с односторонней химико-технологической стратегией, и окружающей средой привел к неизбежности перевода сельского хозяйства на качественно новую ступень, обеспечивающую устойчивое развитие и сохранение экосистем [4, 5].

В этих условиях создание сельскохозяйственных инновационных систем, направленных на формирование устойчивого аграрного производства и нивелирование недостатков традиционных интенсивных технологий и процессов, – задача всего мирового сообщества. Наиболее широкое распространение при ее решении в последние годы получило органическое сельское хозяйство (<https://soz.bio/wp-content/uploads/2018/12/fz-n280-organic.pdf>), которое благодаря созданию буферных зон, отказу от химически синтезированных средств защиты растений и удобрений увеличивает биоразнообразие как природных, так и искусственных ценозов, одновременно снижая пестицидную нагрузку, минимизируя загрязнение окружающей среды и воздействие негативных техногенных факторов.

В свою очередь, период перехода к ведению органического земледелия достаточно длителен. На сегодняшний день известно много фрагментарных научных решений, на основе которых можно создавать технологии возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям производства и перспективным сортам, пригодных для ведения сельского хозяйства с целью производства экологически безопасной конечной продукции с улучшенными качественными характеристиками при

Цель исследований – выявить влияние органоминеральных микроудобрений на урожайность кормовых бобов при обработке семян и вегетирующих растений.

Работу выполняли в 2019–2021 гг. в Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур (Орловский район, п. Стрелецкий). Почва опытного участка – темно-серая лесная средне-суглинистая, среднегумусовая (4,2 % по Орлову и Гришиной), слабокислая (рН водной вытяжки 5,1), со средним содержанием обменного калия (по Масловой) и подвижного фосфора (по Чирикову).

Метеорологические условия различались по годам исследований по количеству осадков и температуре воздуха, которые значительно отклонялись от показателей среднемноголетней нормы (см. рисунок). В 2019 г. засушливые условия отмечали с третьей декады мая и весь июнь (гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,17...1,15), в этот период имели место воздушная и почвенная засуха на фоне жаркой погоды (превышение нормы на 4,3 °С в среднем) с небольшим количеством осадков (19...42,9 % к норме). С конца июня и весь июль наблюдали пониженный температурный режим (в среднем на 2,0 °С меньше среднемноголетних значений) с достаточно внушительным перепадом дневных и ночных температур до 21,2 °С. Первые декады июля проходили при недоборе осадков на уровне 35,8 % от среднемноголетней нормы (ГТК составил 1,15).

Вегетационный период 2020 г. отличался неблагоприятной среднесуточной температурой мая (на 2,6 °С ниже нормы) и повышенным увлажнением с третьей декады мая по первую декаду июня (в среднем 195,2 % к норме), что несомненно оказало негативное влияние на растения в период посев–всходы. Вторая и третья декады июня характеризовались жаркой и сухой погодой. В конце июня и первой декаде июля отмечали значительное превышение среднемноголетних показателей температурного и водного режимов. Дожливая июльская погода сменилась сухим августом (ГТК составил 0,31).

Май 2021 г. характеризовался повышенным увлажнением, когда количество осадков превышало среднемноголетнюю норму на 41,4 %. Период посев–всходы (третья декада мая и первая декада июня) сопровождался пониженным температурным режимом – в среднем на 0,8 °С к норме. Среднесуточная температура воздуха в июне–августе была выше среднемноголетней в среднем на 3,6 °С. В третьей декаде июля и третьей декаде августа сумма осадков превышала норму в среднем на 62,5 и 23,6 % соответственно, тогда как в среднем июнь–август были засушливыми (ГТК=0,49; 0,74 и 0,78 соответственно по месяцам).

В полевом опыте высевали 2 новых перспективных сорта кормовых бобов

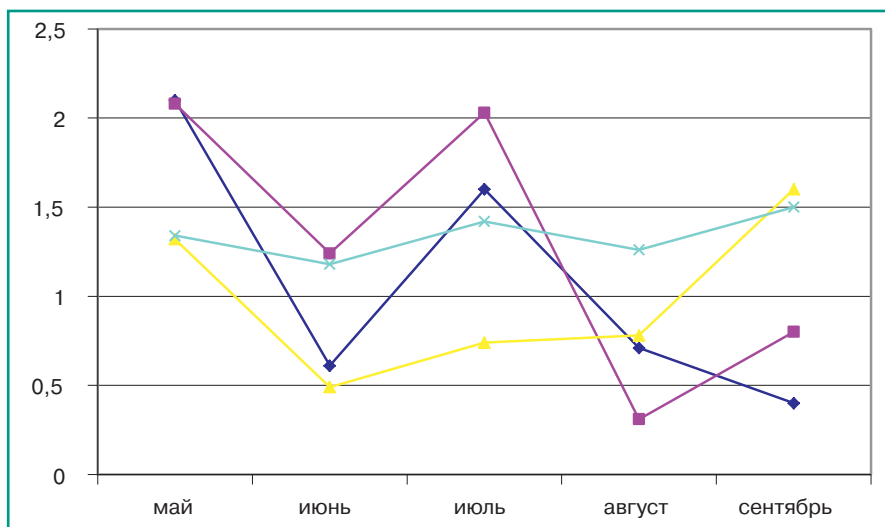


Рисунок. Гидротермические коэффициенты (ГТК) весенне-летнего периода Орловского района Орловской области 2019–2021 гг. (по данным ЦГМС, г. Орёл): — ромб — 2019; — квадрат — 2020; — треугольник — 2021; — крест — среднее многолетнее.

[13] селекции ФНЦ ЗБК – Универсал и Красный богатырь. Эксперимент был заложен на делянках с учетной площадью 10 м² в четырехкратной повторности. Метод размещения делянок – рендомизированный. Норма высева составляла 400 тыс. всхожих семян на 1 га. Способ посева широкорядный с шириной междурядий 45 см.

Обработку семян перед посевом (заблаговременно за 10...14 дней) осуществляли аминокислотным биостимулятором прорастания и развития корневой системы на начальном этапе онтогенеза, снимающим «пересадочные» стрессы, Биостим Старт в дозе 1,0 л/т семян и в день посева жидким инокулянтom на основе штамма специализированной бактерии *Rhizobium leguminosarum* (2...3×10⁹ КОЕ/мл) Ризоформ Горох, который регламентирован производителем для обработки семян зернобобовых культур, в сочетании с прилипательпемстабилизатором, повышающим сохранность жизнеспособных бактерий на поверхности семян до 21 дня, Статик (в дозе 3,0 л/т + 0,85 л/т семян). Использование такой комбинации способствует обеспечению растений биологическим азотом в наиболее критические фазы роста и развития культуры, повышает почвенное плодородие и активизирует почвенную микробиоту, положительно влияет на размеры и качество урожая, а также на последующие культуры в севообороте (https://betaren.ru/upload/medialibrary/e1c/katalog_2022_site.pdf).

Листовые подкормки проводили путем обработки посевов ручным опрыскивателем баковой бинарной смесью (по 1,0 л/га обоих компонентов) микроудобрения-биостимулятора с микроэлементами для некорневых (листных) подкормок вегетирующих растений Биостим Масличный с многокомпонентным микроудобрением Интермаг Профи Бобовые и Стручковые (Ультрамаг Комби для бобовых).

Биостим Масличный, предназначен для устранения возникшего дефицита NPK и микроэлементов в период роста и развития. Его использование повышает засухоустойчивость, морозостойкость и устойчивость к болезням и стрессам (https://betaren.ru/upload/medialibrary/e1c/katalog_2022_site.pdf). Микроудобрение Интермаг Профи Бобовые и Стручковые (Ультрамаг Комби для бобовых) эффективно поддерживает баланс макро- и микроэлементов в критические периоды роста и развития культуры. В его состав входит активатор роста, позволяющий повысить качество усвоения корневой системы жизненно-значимых компонентов почвенного раствора, увеличить устойчивость растений к био- и абиотическим стрессовым нагрузкам (https://betaren.ru/upload/medialibrary/e1c/katalog_2022_site.pdf).

Листовые подкормки проводили в фазах ветвления и бутонизации, норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га. В контроле предпосевную обработку семян и листовые подкормки вегетирующих растений не проводили.

Схема опыта включала следующие варианты:

- контроль (без обработок);
- предпосевная обработка семян (Биостим Старт, 1 л/т + Ризоформ Горох, 3 л/т совместно со Статик, 0,85 л/т);
- предпосевная обработка семян + листовая подкормка в фазе ветвления (Интермаг Профи Бобовые и Стручковые, 1 л/га + Биостим Масличный, 1 л/га);
- предпосевная обработка семян + две листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации (Интермаг Профи Бобовые и Стручковые, 1 л/га + Биостим Масличный, 1 л/га).

Перед уборкой проводили сноповой отбор растений в фазе полного созревания для морфологического анализа в соответствии с методическими рекомендациями ВИР (Вишнякова М.А. и

1. Урожайность кормовых бобов в зависимости от применения микроудобрений и биостимуляторов, т/га

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Сорт Красный богатырь				
Контроль	2,29	3,16	1,37	2,27
Предпосевная обработка семян (Биостим Старт + Ризоформ Горох + Статик)	2,51	3,16	1,62	2,43
Предпосевная обработка семян + 1 листовая подкормка в фазе ветвления (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	2,53	3,75	1,83	2,70
Предпосевная обработка семян + 2 листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	3,05	3,68	1,85	2,86
НСР ₀₅	0,24	0,23	0,17	–
Сорт Универсал				
Контроль	2,22	3,19	1,13	2,18
Предпосевная обработка семян (Биостим Старт + Ризоформ Горох + Статик)	2,43	3,40	1,29	2,37
Предпосевная обработка семян + 1 листовая подкормка в фазе ветвления (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	2,56	3,69	1,86	2,70
Предпосевная обработка семян + 2 листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	2,62	3,70	1,79	2,70
НСР ₀₅	0,38	0,35	0,11	–

др., 2018). Содержание белка в зерне кормовых бобов определяли на приборе Infratec 1241 с использованием программы FB 108000 (FOSS, Denmark). Статистическую обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием программы Дисперсия 3.0.

Урожайность кормовых бобов в годы исследований варьировала в пределах 1,37...3,5 т/га (табл. 1). Эффективность изучаемых препаратов, по сравнению с контролем, на сорте Красный богатырь составляла 7,05...26,0 %, Универсал – 8,7...23,9 %, то есть прибавка урожая семян была равна соответственно 0,16...0,59 т/га и 0,19...0,52 т/га. Наибольший сбор семян с единицы площади отмечен у обоих сортов при применении комплексной предпосевной обработки и одной или двух листовых подкормок в периоды ветвления и бутонизации: у сорта Красный богатырь – 2,70...2,86 т/га, Универсал – 2,7 т/га. Использование только предпосевной обработки семян менее результативно: значительная прибавка к контролю в среднем по годам исследований составила соответственно 0,25 т/га (18, %) и 0,16 т/га (14,2%). В неблагоприятный год листовые подкормки

обеспечивали наибольший прирост урожайности, относительно контроля, – на 26...39 %.

Результаты структурного анализа снопового материала (табл. 2) свидетельствуют о том, что количественные признаки морфологических характеристик изменялись в зависимости от варианта применения микроудобрений и биостимуляторов. Увеличение урожайности кормовых бобов при проведении листовых подкормок происходило вследствие формирования большего, чем в контроле, количества семян в одном бобе (на 0,16...0,23 шт., или 10,1...7,0%) и количества бобов на одном растении (на 0,44...0,55 шт., или 5,9...7,4%) у сорта Красный богатырь; семян на одном растении (на 0,9 шт., или 4,2 % при двукратной подкормке) и увеличения массы 1000 семян (на 14,5...27,7 г, или 3,4...6,5 %) у сорта Универсал. Две листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации растений оказали значительное влияние на крупность семян у обоих сортов (увеличение массы 1000 семян составило в среднем 4,9...6,5 %). Предпосевная обработка семян тоже обеспечила достоверные прибавки урожая благодаря увеличению количества бобов на 1 растении на

0,72 шт., или 9,6 % и массы 1000 семян на 14,3 г, или 3,4 % у сорта Универсал.

В среднем за три года исследований (табл. 3) увеличение содержания белка у обоих сортов было отмечено в опытных вариантах с листовыми подкормками и составило 32,3 и 31,9 %, что на 1,2 и 0,8 % больше, чем в контроле, у сорта Красный богатырь; 33,2 и 32,3 %, что на 2,2 и 1,3 % больше, чем без обработки, у сорта Универсал. Самые высокие величины этих показателей зафиксированы в варианте с одной листовой подкормкой (32,3 и 33,2 % соответственно).

Согласно результатам корреляционного анализа установлено, что содержание белка и его сбора находится в положительной связи с урожайностью ($r=0,82...0,9$ и $r=1,0...0,99$ соответственно), которая, в свою очередь, положительно коррелирует с ее компонентами: количество бобов на 1 растение, масса 1000 семян – $r=0,83$ и $r=0,58$; $r=0,83$ и $r=0,53$ соответственно у сортов Красный богатырь и Универсал, проявившими разную отзывчивость на применение агроприемов.

Совместное использование органоминеральных микроудобрений при предпосевной обработке семян и ли-

2. Элементы структуры урожая кормовых бобов в зависимости от применяемых микропрепаратов (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Количество бобов на 1 растение, шт.	Количество семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г
Сорт Красный богатырь				
Контроль	76,06	7,51	2,28	440,8
Предпосевная обработка семян (Биостим Старт + Ризоформ Горох + Статик)	82,42	6,66	2,26	432,6
Предпосевная обработка семян + 1 листовая подкормка в фазе ветвления (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	80,83	7,08	2,51	433,1
Предпосевная обработка семян + 2 листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	78,02	7,42	2,44	462,5
НСР ₀₅	1,0	1,3	0,1	10,2
Сорт Универсал				
Контроль	75,34	7,43	2,12	425,3
Предпосевная обработка семян (Биостим Старт + Ризоформ Горох + Статик)	84,86	8,15	2,19	439,6
Предпосевная обработка семян + 1 листовая подкормка в фазе ветвления (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	84,89	7,87	2,09	439,8
Предпосевная обработка семян + 2 листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	83,32	7,98	2,21	453,0
НСР ₀₅	2,4	0,9	0,02	13,7

3. Содержание белка (% в пересчете на сухое вещество) в зерне кормовых бобов и сбор белка с единицы площади в зависимости от вариантов применения микроудобрений и биопрепаратов (Infratec 1241, программа FB 108000)

Вариант	Содержание белка %	Сбор белка, кг/га
Сорт Красный богатырь		
Контроль	31,1	70,6
Предпосевная обработка семян (Биостим Старт + Ризоформ Горох + Статик)	31,6	76,8
Предпосевная обработка семян + 1 листовая подкормка в фазе ветвления (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	32,3	87,2
Предпосевная обработка семян + 2 листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	31,9	91,2
НСР ₀₅	0,5	–
Сорт Универсал		
Контроль	31,0	67,6
Предпосевная обработка семян (Биостим Старт + Ризоформ Горох + Статик)	31,1	73,7
Предпосевная обработка семян + 1 листовая подкормка в фазе ветвления (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	33,2	89,6
Предпосевная обработка семян + 2 листовые подкормки в фазы ветвления и бутонизации (Биостим Масличный + Интермаг Профи Бобовые и Стручковые)	32,3	87,2
НСР ₀₅	0,9	–

стовых подкормках было экономически оправданным. Их применение обеспечивало условную прибыль от 7311 до 30789 руб./га при возделывании сорта Красный богатырь и от 9111 до 27750 руб./га – сорта Универсал. Наиболее предпочтительными оказались варианты с применением предпосевной обработки семян в сочетании соответственно с двумя и одной листовой подкормками.

Таким образом, предпосевная обработка в сочетании с однократной листовой подкормкой на сортах кормовых бобов в среднем за 3 года повышали урожайность на 0,43...0,52 т/га, или на 18,9...23,9%. Предпосевная обработка и двукратная листовая подкормка обеспечила прибавку урожая семян на уровне 0,52 т/га. Использование только предпосевной обработки менее результативно: прибавка урожая по сортам составила 0,16...0,19 т/га, или 7,0...8,7%. С помощью листовых подкормок можно корректировать продукционный процесс растений кормовых бобов, а именно, одна листовая подкормка в фазе ветвления способствует повышению содержания белка в зерне на 1,2 и 2,2%, две (в фазы ветвления и бутонизации) – увеличивают крупность семян: у сорта Красный богатырь масса 1000 шт. повышалась на 4,9%, Универсал – 6,5%.

Литература.

1. Основы обеспечения безопасного применения пестицидов / В. Н. Ракитский, Л. П. Терешкова, Е. Г. Чхвиркия и др. // Здоровье охранение РФ. 2020. Т. 64. № 1. С. 45–50. doi: 10.18821/0044-197X-2020-64-1-45-50.

2. Ракитский В. Н., Синицкая Т. А., Громова И. П. Потенцирование токсичности при комбинированном действии пестицидов и тяжелых металлов / В кн.: Материалы международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда». Минск: Государственное

учреждение образования «Республиканский институт высшей школы», 2019. С. 299–301.

3. Мутагенность и канцерогенность пестицидов, опасность для здоровья человека / Н. А. Илюшина, О. В. Егорова, Г. В. Масальцев и др. // Здоровье охранение РФ. 2016. Т. 2. № 61. С. 96–102. doi: 10.18821/0044-197X-2017-61-2-96-102.

4. Жученко А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (Концепция). Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. 148 с.

5. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика): монография // Экологическая генетика: в 2-х т. М.: Агрорус. 2004. Том I. 690 с.

6. Гвоздева М. С., Волкова Г. В. Эффективность биологических фунгицидов против пятнистостей листьев озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2 (62). С. 5–10.

7. Влияние способов обработки и средств биологизации на агрофизические свойства чернозема типичного тяжелосуглинистого среднемоющего низкогумусного, подстилаемого галечником / Х. А. Хусайнов, А. В. Тунтаев, М. С. Муртазалиев и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 6. С. 19–23.

8. Влияние препаратов Биоклад и Вермикс на элементы продуктивности, урожайность и качественные показатели ярового ячменя / И. Л. Тьчинская, А. А. Зеленев, Е. Н. Мерцалов и др. // Земледелие. 2021. № 4. С. 7–10. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10402.

9. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений / В. И. Зотиков, А. А. Полухин, Н. В. Гряданова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. №4(36). С. 5–17. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11198.

10. Глазова З. И. Перспектива применения листовых подкормок при выращивании чечевицы // Земледелие. 2018. № 4. С. 24–26. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10407.

11. Васильчиков А. Г., Семенов А. С., Зотиков В. И. Повышение урожайности новых сортов сои путем применения корректирующих подкормок // Вестник Казанского государственного

аграрного университета. 2020. Т. 15. № 4 (60). С. 15–20. doi: 10.12737/2073-0462-2021-15-20.

12. Влияние микроудобрения ультрамаг комби для масличных на продукционный потенциал ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи / В. Л. Болп, Н. Л. Кураченко, А. Н. Халипский и др. // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 10. С. 56–60.

13. Зотиков В. И., Вилюнов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 381–387. doi: 10.18699/VJ21.041.

Prospects for the use of organic and mineral trace elements fertilizers in the cultivation of broad beans

A. A. Poluhin, K. Ju. Zubareva, M. A. Katal'nikova

Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops, ul. Molodezhnaya, 10, k. 1, pos. Streletskii, Orlovskii r-n., Orlovskaya obl., 302502, Russian Federation

Abstract. The work aimed to evaluate the effect of complex organic and mineral trace elements fertilizers on the yield of new varieties of broad beans (Universal and Krasny Bogatyr varieties). The work was carried out in 2019–2021 in the Orel region. The design of the experiment included the following treatments: without fertilizers (control); pre-sowing treatment of seeds (Bioslim Start, 1 L/t + Rizoform Pea, 3 L/t in combination with Static, 0.85 L/t); pre-sowing seed treatment + foliar feeding in the branching phase (Intermag Profi Legumes, 1 L/ha + Bioslim Oil, 1 L/ha); pre-sowing seed treatment + two foliar feedings in the phases of branching and budding. The use of pre-sowing treatment in combination with single foliar feeding in broad beans on average over 3 years increased the yield, compared to the control, by 22.9–23.9%, double foliar feeding – by 23.9–26.0%. The pre-sowing treatment was less effective, the increase in yield was 7.0–8.7%. In an unfavorable year for growing crops, the combined use of organic and mineral trace elements fertilizers contributed to the greatest increase in yield in all experimental options, compared with the control. For Krasny Bogatyr variety, it was 18.2 to 35.0% (0.25–0.48 t/ha), for Universal variety it was 14.2 to 64.6% (0.16–0.73 t/ha). Foliar feeding in the branching phase contributed to an increase in the protein content in the grain by 1.2–2.2%, in the branching and budding phases, the weight of a thousand seeds increased by 4.9–6.5%.

Keywords: broad beans (*Vicia faba* L.); minimized doses; sparing methods of application; biofertilizers; trace elements fertilizers; productivity; protein.

Author details: A. A. Poluhin, D. Sc. (Econ.), professor of the RAS, director (e-mail: dirzbc@yandex.ru); K. Ju. Zubareva, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow; M. A. Katal'nikova, research fellow.

For citation: Poluhin AA, Zubareva KJu, Katal'nikova MA. [Prospects for the use of organic and mineral trace elements fertilizers in the cultivation of broad beans]. Zemledelie. 2022;(2):32-5. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-32-35.

АТУВА®: инокуляция последнего поколения

Особенности применения инокулянтов в России, преимущества и результаты производственных испытаний нового продукта компании «Сингента»

Бобовые культуры обладают уникальной способностью — формируют симбиотические связи с клубеньковыми бактериями, которые фиксируют атмосферный азот, переводя его в доступную для растений аммонийную форму. Что касается сои, то наиболее высокий уровень азотфиксации обеспечивают бактерии рода *Bradyrhizobium japonicum*. Они входят в состав инокулянтов — препаратов, предназначенных для обработки семян сои. Но инокулянты бывают разными, а аграриям нужен гарантированно высокий результат! Обеспечить его может АТУВА®: инновационный продукт компании «Сингента», который зарегистрирован на российском рынке в 2021 году.

Прием, который работает на количество и качество

Прежде чем перейти к препарату АТУВА®, ответим на часто задаваемый вопрос: зачем нужна инокуляция сои, если можно ограничиться предпосевным внесением азотных удобрений и подкормками?

Действительно, в рационе сои азоту отведена принципиально важная роль. Например, чтобы сформировать урожай в три тонны, культуре потребуется около 240 кг/га азота в действующем веществе. Учитывая, что из почвы соя способна усвоить около 80 кг азота, оставшуюся часть сельхозпроизводителю придется вносить дополнительно. Разумеется, данный прием потребует больших финансовых затрат, особенно если учитывать рост цен на азотные удобрения за последний год.

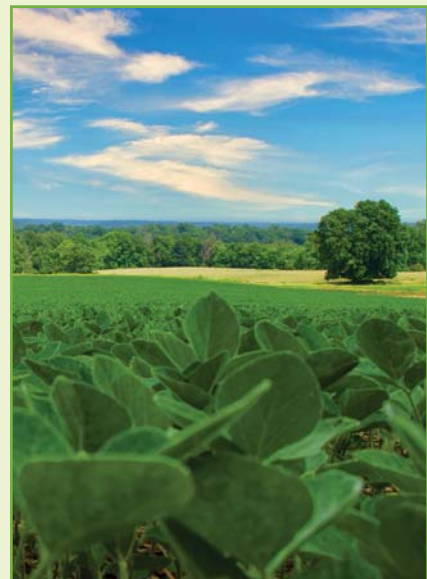
С другой стороны, предпосевное внесение минеральных удобрений не закрывает все потребности культуры, ведь для сои критически важными фазами потребления азота являются бутонизация и налив бобов, но к этому времени запасы внесенного макроэлемента заканчиваются. Возникает дефицит азотного питания, который

негативно сказывается на урожайности и качественных показателях урожая.

Еще один важный нюанс: при предпосевном внесении азотных удобрений клубеньки на корневой системе сои практически не формируются, а значит, растения лишаются эффективных азотфиксирующих «партнеров». Это фактически подтверждает пользу инокуляции: благодаря данному приему растения обеспечены доступным азотом на протяжении всего периода вегетации, включая критические периоды роста. Как результат, соя формирует большее количество бобов с высоким содержанием протеина, и всё это — с минимальными (если сравнивать с ценой азотных удобрений) финансовыми вложениями!

АТУВА® — универсальное решение для разных условий

А теперь перейдем к другому вопросу: почему, учитывая большое разнообразие инокулянтов на российском рынке, мы рекомендуем к использованию именно инокулянт АТУВА®? На самом деле качественными инокулянтами обрабатывается только треть посевных площадей, отведенных в России под сою, и эта треть «распределена» по разным природно-климатическим зонам страны. Если еще десять лет назад основным соесеющим регионом России был Дальний Восток, то с 2014 года расстановка сил начала стремительно меняться. Большой интерес к этой культуре проявили регионы Центрального Черноземья, а в 2021 году произошло историческое событие: европейская часть России впервые обогнала по площадям под соей Дальний Восток! Этому способствовали и выгодная ценовая конъюнктура, и рост перерабатывающих мощностей, и меняющиеся погодные условия. Кроме того, большой интерес к бобовым культурам проявляют аграрии юга России, в первую очередь Красно-



дарского края. Но и здесь есть свои проблемы, такие как летняя засуха, которая для кубанских аграриев стала вполне привычным явлением.

Дальний Восток, Центральное Черноземье, Краснодарский край... Перечисленные регионы существенно отличаются климатическими и почвенными характеристиками. Некоторые из них, например частые засухи и высокая кислотность почвы, негативно влияют на состояние культурных штаммов бактерий *Bradyrhizobium japonicum*, значительно ухудшают их жизнеспособность и снижают эффективность инокуляции, что приводит к отказу аграриев от данного приема как не оправдавшего ожидания, хотя на самом деле стоило обратить внимание на качество применяемого продукта.

Зная об этой проблеме, специалисты компании «Сингента» провели колоссальную работу, и в результате на российском рынке появился новый инокулянт — АТУВА®. В его состав входит не один, как у большинства других инокулянтов, а два культурных штамма бактерий *Bradyrhizobium japonicum* последнего поколения — Semia 5079 и 5080. Обратите внимание: в их основе лежат дикие формы бактерий, адаптированные к российским почвам.

Один штамм демонстрирует максимальную выживаемость и эффективность в условиях почвенной засухи, что особенно актуально для юга и европейской части страны, второй отлично «работает» в кислых почвах, с pH до 4,7, когда другие штаммы теряют жизнеспособность. Если же оба фактора — и количество осадков, и pH почвы — приближены к оптимальным значениям, инокулянт компании «Сингента» демонстрирует максимальную эффективность.

Выживают только сильнейшие!

А теперь подробнее о том, как изготовлен этот уникальный продукт. В основе инокулянта АТУВА® лежит специальный метод размножения бактерий по технологии «Осмо-Защита». Она подразумевает «закалку» бактерий в специальном биологическом реакторе, в котором их подвергают перепадам низких и высоких температур, изменениям pH среды и давления, добавляют к ним химические препараты на основе флудиоксонила и тиаметоксама. Выдержать серьезные испытания могут только самые сильные и выносливые микроорганизмы — неудивительно, что специалисты компании называют их спецназом для сои. Секрет рекордной жизнеспособности этих бактерий заключается в более толстых, крепких клеточных стенках. На практике эта особенность повышает устойчивость бактерий к различным стрессовым факторам, будь то неблагоприятные условия внешней среды или химические вещества, которые могут быть в одной баковой смеси с инокулянтом. Также инокулянт АТУВА® полностью совместим с такими препаратами для защиты семян сои компании «Сингента», как МАКСИМ® Голд и КРУЙЗЕР® Макс-технология.

Благодаря технологии «Осмо-Защита» удалось добиться еще одного принципиально значимого преимущества — рекордной концентрации бактерий. Она составляет 2×10^{10} КОЕ/мл, то есть АТУВА® — инокулянт с двадцатью миллиардами бактерий в миллилитре жидкости. Это самый высокий титр среди всех инокулянтов, представленных на российском рынке. Большее количество бактерий в одном миллилитре препарата вместить просто невозможно!

Чем выше титр жизнеспособных, стрессоустойчивых бактерий, тем лучше результат. Обработка семян новым инокулянтом обеспечивает стопроцентное заселение бактериями центрального корня, где происходит наиболее интенсивная азотфиксация, и способствует образованию максимального количества клубеньков. А еще сохраняет необходимое количество бактерий на семенах сои даже при их длительном хранении. Особенности сева сои таковы, что довольно часто инокулированные семена попадают в холодную почву, где они могут лежать, не прорастая, на протяжении месяца. Очень важно, чтобы по истечении этого времени и при любых погодных условиях бактерии сохранили жизнеспособность! Для решения этой

задачи в комплекте с инокулянтом поставляется экстендер ПРЕМАКС, который является питательной средой для бактерий.

Благодаря технологии «Осмо-Защита» срок хранения препарата в оригинальной закрытой упаковке увеличился до двух лет.

Нет слипания

А теперь рассмотрим еще одну проблему, связанную с применением инокулянтов для сои. Как правило, экстендеры (питательные среды, которые наносятся на семена вместе с инокулянтами) содержат большое количество сахаров. Из-за этого семена слипаются, ухудшается их сыпучесть и качество сева. Компания «Сингента» выпустила современный экстендер ПРЕМАКС, в состав которого входят сахара и соли в оптимальном соотношении. Он полностью выполняет свои основные функции: закрепляет бактерии на семенах, обеспечивает их защиту от солнечного света, предотвращает их высыхание и гибель, — а особый состав и низкая норма расхода экстендера (0,5 л/т) предотвращает склеивание инокулированных семян.

Эффективность в фактах и цифрах

Инокулянт АТУВА® — абсолютная новинка, и перед ее выходом на рынок компания «Сингента» провела масштабные производственные опыты в разных регионах России. Приведем результаты некоторых из них.

В Липецкой области применение этого инокулянта совместно с системой предпосевной защиты семян КРУЙЗЕР® Макс-технология позволило получить 20,6 ц/га. В варианте, где использовали инокулянт другого известного производителя, урожайность составила 19,5 ц/га. Таким образом, прибавка от использования продукта АТУВА® составила 1,1 ц/га, что позволило не только покрыть затраты на предпосевную обработку семян, но и получить дополнительную прибыль 4 950 руб./га при цене 45 руб. за килограмм сои.

Крупный опыт провели в ООО «Центрально-Черноземная агропромышленная компания» (Белгородская область). Из четырех представленных схем лучшие результаты показало сочетание инокулянта АТУВА® и КРУЙЗЕР® Макс-технологии. По сравнению с хозяйственным вариантом величина сохраненного урожая составила 2,38 ц/га, или 10 710 руб./га в денежном эквиваленте!

В Краснодарском крае применение инокулянта в связке с КРУЙЗЕР® Макс-технологией помогло собрать 25,36 ц/га, или плюс 1,65 ц/га по сравнению с контролем. Дополнительная прибыль при этом достигла 7 425 руб./га.

Если анализировать результаты многочисленных опытов, заложенных в России, то средняя прибавка к урожаю от применения инокулянта компании «Сингента» составила 1,5–5 ц/га, а дополнительная прибыль менялась в пределах 6 750–22 500 руб./га.

А теперь обратимся к мнению практиков. Опытом применения новинки делится Никита Токмаков, фермер из Воронежской области (ИП ГКФХ Токмаков Н. А.):

— В нашем хозяйстве 650 гектаров пашни, под сою обычно отводим 20 % от общей посевной площади. Инокуляция сои — прием обязательный, и несколько лет подряд мы экспериментировали с сухими продуктами. Правда, ожидаемого результата от их применения почти не увидели. Поэтому в 2021 году поставили опыт с применением двух жидких инокулянтов, включая продукт АТУВА®. Кроме того, в предпосевную культивацию мы внесли 100 кг сульфата аммония на гектар.

Результаты опыта следующие. В контрольном варианте только у одного растения из десяти были сформированы единичные клубеньки на корневой системе, а применение жидких инокулянтов позволило получить большое количество клубеньков на всех растениях сои.

Но мы отметили важное преимущество инокулянта АТУВА®: текучесть обработанных им семян оказалась очень хорошей. Это связано с особенностями состава экстендера ПРЕМАКС, который не допускает слипания семян. А в варианте с другим инокулянтом семена сои попросту склеились.

Урожайность в варианте с инокулянтом АТУВА® составила 17,5 ц/га, то есть плюс три центнера с гектара по сравнению с контролем. Экономических выкладок по сое мы еще не делали, но даже предварительные подсчеты говорят о целесообразности применения нового инокулянта.

Что касается планов на следующий сезон, то мы уже приобрели инокулянт компании «Сингента» на всю площадь, которую планируем отвести под сою. От предпосевного внесения азотных удобрений откажемся, планируем внести их только в рядок. Этого вполне хватит для начального питания сои, а в дальнейшем к процессу «подключатся» азотфиксирующие клубеньки. Ожидаем, что такой подход самым лучшим образом отразится на экономике производства сои.



doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-38-42
УДК 633.33:631.51:631.8:631.452:631.434

Влияние основной обработки почвы на микробиологическую активность, питательный режим чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмном регионе

О. К. БОРОНТОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: vniiss@mail.ru)

П. А. КОСЯКИН, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник (e-mail: kosyakinp@mail.ru)

Н. В. БЕЗЛЕР, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: bezler@list.ru)

Е. Н. МАНАЕНКОВА, научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А. Л. Мазлумова, пос. ВНИИСС, 86, Рамонский р-н, Воронежская обл., 396030, Российская Федерация

Исследования с целью совершенствования основной обработки почвы под сахарную свёклу проводили в паровом звене (черный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла) второй (1993–1995 гг.) и четвертой (2016–2018 гг.) ротаций плодосменного севооборота в Воронежской области. Схема опыта предполагала изучение следующих систем обработки почвы: отвальная разнотравная (под сахарную свёклу на 30...32 см); отвальная обычная (под сахарную свёклу на 20...22 см); безотвальная (под сахарную свёклу на 30...32 см); комбинированная (вспашка под сахарную свёклу на 30...32 см) на фоне удобрений $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади (под сахарную свёклу – $N_{160}P_{160}K_{160}$). Почва опытного участка чернозём выщелоченный среднегумусный тяжелосуглинистый с содержанием в слое 0...30 см гумуса 5,3...5,6 %, P_2O_5 – 86...127 мг/кг, K_2O – 90...136 мг/кг, рН солевой вытяжки – 6,9 ед. Комбинированная обработка почвы увеличивала содержание валового гумуса на 0,02...0,09 %, его активных форм – в 1,1...1,4 раза, способствовала усилению в 3,0...5,5 раза активности микроорганизмов,

по сравнению с безотвальной и отвальной разнотравной обработками. Безотвальная и обычная отвальная обработки почвы приводили к увеличению коэффициента минерализации в 1,5...5,7 раза и снижению показателя трансформации свежего органического вещества. При комбинированной и отвальной разнотравной системах обработки питательный режим выщелоченного чернозема складывался лучше, чем при других обработках – содержание P_2O_5 возросло до 126...131 мг/кг, а K_2O – до 128...131 мг/кг, или на 4...13 %. Наибольшая урожайность сахарной свёклы (43,8 т/га) и сбор сахара (7,6 т/га) отмечены на фоне комбинированной системы обработки и применения $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади, что было выше, чем при безотвальной обработке на 17...20 %.

Ключевые слова: основная обработка почвы, микробиологическая активность, питательный режим, чернозём выщелоченный, сахарная свёкла (*Beta vulgaris* L.), продуктивность, плодосменный севооборот.

Для цитирования: Влияние основной обработки почвы на микробиологическую активность, питательный режим чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмном регионе / О. К. Боронтов, П. А. Косьякин, Н. В. Безлер и др. // Земледелие. 2022. № 2. С. 38–42. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-38-42.

Плодородие – способность почвы удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха и тепла и благоприятной физико-химической средой для нормального роста и развития. Каждой почве присуще ее естественное плодородие, которое в известной мере ассоциируется с потенциальным и зависит от климата, химических, физических и биологических свойств почвы, тогда как искусственное или эффективное – от деятельности человека [1].

Методы повышения эффективного плодородия почв разнообразны. При их применении устраняются отрицательные и усиливаются положительные свойства почвы. Большую роль в повышении плодородия играют применяемые удобрения [2, 3, 4].

Особую актуальность приобретает изучение способов основной обработки почвы под пропашные культуры, поскольку, предлагаемая в последние десятилетия, минимализация обработки в севооборотах приводит к противоречивым результатам по продуктивности культур [5, 6]. Рациональная обработка – один из основных факторов регулирования питательного режима и биогенности почвы, а при улучшении свойств почвы урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах существенно увеличивается. Под влиянием обработки почвы изменяются свойства, режимы, органическое вещество [7, 8, 9].

Сегодня применяются как отвальные, так и безотвальные приемы обработки почвы под сахарную свёклу [4, 5, 10]. В связи с этим важное место занимает изучение основной обработки почвы под культуры плодосменного севооборота, определяющей эффективность плодородие выщелоченного чернозёма, что может служить обоснованием улучшения элементов агротехники возделывания.

На биологическую активность почвы и урожайность, как интегральных показателей плодородия, оказывают влияние как погодные условия, так и агротехнические приемы [11, 12, 13].

Цель исследований – совершенствование основной обработки почвы под сахарную свёклу в севообороте на основе учета изменений микробиологической активности чернозёма выщелоченного и урожайности культуры.

Исследования проводили на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свёклы и сахара им. А. Л. Мазлумова (Воронежская обл.) в посевах сахарной свёклы парового звена второй (1993–1995 гг.) и четвертой (2016–2018 гг.) ротаций плодосменного севооборота, заложенного в 1985 г. со следующим чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла – ячмень с подсевом клевера – клевер на 1 укос – озимая пшеница – сахарная свёкла – однолетние травы – кукуруза на зелёную массу.

Схема стационарного полевого опыта включала следующие системы основной обработки почвы:

отвальная разноглубинная обработка под все культуры севооборота – вспашка под озимую пшеницу по клеверу, ячмень и однолетние травы на глубину 20...22 см, под кукурузу и чёрный пар на 25...27 см, под сахарную свёклу на 30...32 см с предварительным дисковым (на 5...6 см) и плоскорезным (на 12...14 см) рыхлением (улучшенная зябь);

отвальная обычная обработка под все культуры севооборота – вспашка под озимую пшеницу по клеверу, ячмень и однолетние травы на глубину 14...16 см, под кукурузу и чёрный пар на 20...22 см, под сахарную свёклу на 20...22 см с предварительным дисковым (на 5...6 см) и плоскорезным (на 12...14 см) рыхлением;

безотвальная разноглубинная обработка под все культуры севооборота – плоскорезная обработка под озимую пшеницу по клеверу, ячмень и однолетние травы на глубину 20...22 см, под кукурузу и чёрный пар на 25...27 см, под сахарную свёклу на 30...32 см с предварительным дисковым (на 5...6 см) и плоскорезным (на 12...14 см) рыхлением;

комбинированная обработка – плоскорезная обработка под озимую пшеницу по клеверу, ячмень и однолетние травы на глубину 20...22 см, под черн. пар и кукурузу вспашка на глубину 25...27 см, под сахарную свёклу на 30...32 см с предварительным дисковым (на 5...6 см) и плоскорезным (на 12...14 см) рыхлением.

Опыт заложен на фоне применения удобрений – $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади, в том числе под сахарную свёклу – $N_{160}P_{160}K_{160}$ (азофоска $N_{16}P_{16}K_{16}$). Минеральные удобрения вносили навесным РУМ-500 в агрегате с МТЗ-80. Навоз подстилочный крупного рогатого скота (влажность – 74,3 %, рН – 7,6, содержание валовых форм N – 0,48 %, P_2O_5 – 0,22 %, K_2O – 0,50 %, CaO – 0,36 %) вносили в черном пару РОУ-6.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный тяжелосуглинистый на лессовидном карбонатном суглинке с благоприятными физическими и агрохимическими показателями в пахотном (0...30 см) слое. Содержание гумуса (по Тюрину в модификации Симакова, ГОСТ 26213-91) составляло 5,3...5,6 %, общего азота (по Гинзбург) – 0,22 %, общего фосфора (по Гинзбург и Щегловой) – 0,18 %, общего калия (по Ожигову) – 1,12 %, подвижных фосфора и калия (по Чирикову, ГОСТ 26204-91) – соответственно 86...127 и 90...136 мг/кг, нитратного азота – 8,1...9,0 мг/кг, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 24,2 мг-экв./100 г, рН солевой вытяжки – 6,9 ед., гидролитическая кислотность – 6,5 мг-экв./100 г почвы.

В 1993–1995 гг. возделывали сорт сахарной свёклы Рамонская односемян-

ная 117, в 2016–2018 гг. – гибрид РМС 120. Площадь делянки – 110 м², учетной – 10 м², повторность – 3-кратная.

Отвальную обработку проводили плугом ПН-4-35, безотвальную – КПГ-250 на разные глубины в соответствии со схемой опыта, дисковое рыхление – ЛДГ-5.

Средние многолетние значения показателей погодных условий вегетационного периода: сумма эффективных температур – 2769 °С, осадков – 330 мм, ГТК – 1,08. В годы исследований складывались различные температурно-влажностные условия: в 1993–1995 гг. количество осадков за вегетационный период составило 346 мм при ГТК – 1,6 ед., а в 2016–2018 гг. – соответственно 311 мм и 1,7 ед.

Образцы почвы для микробиологических и физико-химических исследований отбирали в посевах сахарной свёклы парового звена севооборота в фазе смыкания листьев в междурядьях согласно методике.

Наблюдения и учеты осуществляли по следующим методикам:

численность физиологических, эколого-трофических и таксономических групп микроорганизмов в почве определяли методом высева почвенной суспензии разной степени разведения на элективные питательные среды. Численность аммонификаторов учитывали на мясо-пептонном агаре (МПА), микроорганизмов, использующих минеральный азот (иммобилизаторы азота) – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигозаофиллов и диазотрофов – на среде Эшби. Целлюлозолитические микроорганизмы выделяли на среде Виноградского. Автохтонную группировку определяли на нитритном агаре (НА), зимогенную микрофлору – расчетным методом. Численность спорных бактерий – на мясо-пептонном сусле (МПС). Количество фосфобактерий – на среде Менкиной, микромицетов – на подкисленной среде Чапека (Теплер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. *Практикум по микробиологии*. М.: Дрофа, 2004. 255 с.). Коэффициент минерализации рассчитывали по соотношению численности иммобилизаторов азота к численности аммонификаторов, а показатель трансформации свежего органического вещества – по формуле $(МПА+КАА)/(МПА:КАА)$ (Муха В. Д. *О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов*

// *Труды Харьковского СХИ*, 1980. Т. 273. С. 13–16);

содержание углерода общего гумуса, а также подвижных и лабильных форм гумусовых веществ определяли по Тюрину в модификации Симакова (ГОСТ 26213-91), нитратного азота – по Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26951-86), подвижного фосфора и калия – по Чирикову (ГОСТ 26204-91) (Щеглов Д. И., Громовик А. И., Горбунова Н. С. *Основы химического анализа почв*. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. 332 с.);

урожайность корнеплодов учитывали по методике ВНИС (Барштейн Л. А., Гизбуллин Н. Г. *Методика исследований по сахарной свёкле*. Киев: ВНИС, 1986. 262 с.). Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта*. М.: Колос, 1979. 414 с.).

Результаты наблюдений показали, что при отвальной разноглубинной обработке почвы содержание валового гумуса в слое 0...30 см составляло 5,58 %, при безотвальной разноглубинной – 5,55 %, при комбинированной возросло до 5,67 %, а при отвальной обычной снизилось до 5,38 %, или соответственно на 0,09...0,12 и 0,20 %, по сравнению с разноглубинными обработками при $HCP_{05} = 0,09$ % (табл. 1). Соответственно изменялось и содержание активных форм в составе гумуса в следующем порядке: подвижные органические вещества ($C_{пов}$) – 0,33...0,40 %, лабильные гумусовые кислоты ($C_{лгк}$) – 0,31...0,39 %, легкоразлагаемые органические вещества ($C_{лов}$) – 0,23...0,33 %, водорастворимые органические вещества ($C_{вов}$) – 0,06...0,08 %.

Наибольшее содержание всех активных форм гумуса отмечено на фоне отвальной разноглубинной и комбинированной систем обработки почвы. Это свидетельствует о том, что при использовании этих обработок почвы идет накопление валового гумуса благодаря новообразованию активных его форм.

Интенсивность минерализации свежего органического вещества в почве характеризует соотношение процессов аммонификации и иммобилизации минерального азота. Численность аммонифицирующих бактерий в пахотном слое за вторую и четвертую ротации при отвальной разноглубинной и безотвальной обработках была стабильной – 1,9...2,1 млн КОЕ в 1 г

1. Влияние систем основной обработки на содержание различных форм углерода в слое почвы 0...30 см (2016 г.), %

Система обработка почвы	$C_{общ}$	Гумус	Активные формы гумуса			
			$C_{лов}$	$C_{лгк}$	$C_{пов}$	$C_{вов}$
Отвальная разноглубинная	3,24	5,58	0,26	0,33	0,37	0,08
Отвальная обычная	3,12	5,38	0,25	0,32	0,33	0,06
Безотвальная разноглубинная	3,22	5,55	0,23	0,31	0,33	0,07
Комбинированная	3,29	5,67	0,33	0,39	0,40	0,08
HCP_{05}		0,09	0,03	0,03	0,04	0,02

2. Изменение микробиологической активности чернозёма выщелоченного в слое 0...30 см в зависимости от обработки почв за 3 ротации севооборота, млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы

Показатель	1993–1995 гг.			2016–2018 гг.			НСР ₀₅
	отвальная разноглубинная	безотвальная	комбинированная	отвальная разноглубинная	безотвальная	комбинированная	
Численность микроорганизмов, участвующих в минерализационных процессах:							
аммонификаторы	1,9	1,9	3,9	4,4	2,0	6,2	2,1
иммобилизаторы азота	2,9	3,8	3,7	5,8	8,8	4,8	1,5
Коэффициент минерализации	1,5	2,0	0,9	1,3	4,4	0,8	
Показатель трансформации органического вещества	3,2	2,1	8,7	7,7	2,5	14,2	
Численность микроорганизмов, участвующих в гумификационных процессах:							
зимогенная микрофлора	7,2	7,7	8,0	10,2	10,7	11,1	0,6
автохтонная микрофлора	1,0	1,8	1,8	8,4	7,0	5,0	0,5
Условный коэффициент гумификации	7,2	4,3	4,4	1,2	1,5	2,2	
Олигоаэрофилы	11,1	10,7	10,2	9,2	14,8	17,0	5,4
Целлюлозолитические микроорганизмы	0,9	0,9	1,0	0,7	3,5	3,0	0,4
Спорные бактерии	0,9	0,6	0,8	0,9	0,8	0,8	
Актиномицеты	0,6	0,6	0,6	0,7	1,3	1,1	0,7
Фосфобактерии	1,1	1,9	1,9	0,2	0,5	1,0	0,4

абсолютно сухой почвы (а.с.п.) (табл. 2). При комбинированной обработке за вторую ротацию она увеличилась до 3,9 млн КОЕ в 1 г а.с.п., за четвертую ротацию – до 6,2 млн КОЕ в 1 г почвы, то есть на 59 %. Наиболее активно иммобилизация азота проходила при безотвальной обработке почвы, численность микроорганизмов, принимающих участие в этом процессе, в 1993–1995 гг. составляла 3,8 млн КОЕ в 1 г а.с.п., что выше на 31 %, чем при отвальной разноглубинной, а в 2016–2018 гг. – 8,8 млн КОЕ, или на 76 %.

Коэффициент минерализации свидетельствует о значительном преимуществе комбинированной обработки почвы: за вторую ротацию он составил 0,9, за четвертую – 0,8, при безотвальной обработке – 2,6 и 4,4 соответственно. Увеличение коэффициента минерализации в 2016–2018 гг. после безотвальной обработки почвы, по сравнению с другими, связано с тем, что предыдущие 2 года были засушливыми (ГТК составил 0,57...0,96). В результате на поверхности почвы накопились неразложившиеся растительные остатки. В 2016–2018 гг. температурно-влажностные условия сложились более благоприятно: ГТК в среднем за 3 года составил 1,52, что способствовало активизации минерализационных процессов.

При комбинированной обработке показатель интенсивности микробиологической трансформации свежего органического вещества повышался и составлял в 1993–1995 гг. 8,7, в 2016–2018 гг. – 14,2, что в 2,7 и в 4,7 раза выше, чем при отвальной разноглубинной обработке.

Формирование специфического органического вещества почвы (гумуса) определяет численность зимогенной микрофлоры, поставляющей продукты полураспада растительных остатков и соответствующих ферментов, катализирующих процесс синтеза. Противоположный процесс идет при участии

автохтонной микрофлоры. Соотношение численности микроорганизмов этих двух групп представляет собой условный коэффициент гумификации (Шлегель Г. *Общая микробиология / Пер. с нем. М.: Мир, 1987. 567 с.*).

Во второй ротации численность зимогенной микрофлоры составляла 7,2...8,0 млн КОЕ в 1 г а.с.п. При комбинированной обработке почвы ее численность и во вторую, и в четвертую ротации севооборота была наибольшей и составляла соответственно 8,0 и 11,1 млн КОЕ. При других обработках почвы развитие зимогенной микрофлоры замедлялось на 6...44 %, а автохтонной – увеличивалось на 28...68 % за 2016–2018 гг. по отношению к предыдущим годам наблюдения. Увеличение численности автохтонной микрофлоры, вероятно, обусловлено последствием предыдущих засушливых лет. Это повлияло на активность гумификационных процессов в почве. Так условный коэффициент гумификации при отвальной разноглубинной обработке составил 1,1; при отвальной обычной – 1,2; при безотвальной – 1,5; при комбинированной – 2,2. То есть, оптимальные условия для процессов гумификации в почве севооборота складывались при комбинированной обработке, что согласуется с наблюдениями других авторов [13].

Актиномицеты представляют континентальную ветвь прокариот и относятся к типичным аэробам, которые лучше всего развиваются при температуре 30...35 °С. Они широко представлены в сухих почвах, особенно в летние месяцы. Актиномицеты обладают мощным ферментативным аппаратом. Они способны продуцировать ферменты в окружающую среду и минерализовать сложные полимерные органические вещества.

Численность актиномицетов в 1993–1995 гг., независимо от системы обработки почвы, составляла 0,6 млн

КОЕ в 1 г а.с.п., что, вероятно, связано с благоприятными температурно-влажностными условиями не только в период наблюдений, но и в предыдущие годы, когда активно шла трансформация сложных полимерных соединений и в почве не накапливался соответствующий субстрат.

В 2016–2018 гг. при отвальной разноглубинной обработке почвы численность актиномицетов увеличивалась до 0,7 млн КОЕ в 1 г почвы. При обычной отвальной, безотвальной и комбинированной обработках она максимально увеличивалась до 1,1 и 1,3 млн КОЕ. Здесь влияние оказало последствие засушливых 2004–2012 гг., поскольку в почве при недостатке влаги замедлялась трансформация сложных полимерных соединений, что обычно происходит в таких условиях, и их количество возрастало.

Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве определяется наличием субстрата. В 1993–1995 гг. их численность составляла 0,9...1,0 млн КОЕ в 1 г а.с.п., независимо от способа обработки почвы.

К 2016–2018 гг. из-за засушливых условий предыдущих лет в почве накопилось значительное количество целлюлозы, разложение, которой затягивается при недостатке влаги. Благоприятные температурно-влажностные условия 2016–2018 гг. и накопление целлюлозы в почве позволили активно развиваться этой группе микроорганизмов. Их численность выросла при отвальной разноглубинной обработке до 2,1, безотвальной – до 3,6, комбинированной – до 3,0 млн КОЕ в 1 г а.с.п. При отвальной обычной обработке численность целлюлозолитических микроорганизмов составила 0,7 млн КОЕ, что может быть связано с подсушиванием верхнего слоя пахотного горизонта, так как два предыдущих года были засушливыми и накопления влаги здесь не происходило, тогда как при безотваль-

3. Содержание подвижных форм элементов питания в слое 0...30 см в зависимости от обработки почвы, мг/кг

Показатель	Отвальная разноглубинная	Отвальная обычная	Безотвальная	Комбинированная	HCP ₀₅
1993–1995 гг.					
Май					
нитрификационная способность почвы, N-NO ₃	35,9	43,4	51,3	48,4	6,0
N-NO ₃	19,7	22,0	27,4	24,4	2,3
P ₂ O ₅	74	85	80	77	10
K ₂ O	99	97	102	110	13
Сентябрь					
нитрификационная способность почвы, N-NO ₃	36,4	43,9	38,6	41,9	4,0
N-NO ₃	3,1	1,7	2,8	1,8	1,1
P ₂ O ₅	57	56	64	70	9
K ₂ O	94	86	91	86	11
2016–2018 гг.					
Май					
нитрификационная способность почвы, N-NO ₃	35,5	35,2	36,2	38,0	5,5
N-NO ₃	18,0	17,2	16,9	18,2	3,5
P ₂ O ₅	131	115	115	126	12
K ₂ O	131	117	114	128	13
Сентябрь					
нитрификационная способность почвы, N-NO ₃	32,1	32,6	36,3	32,8	4,3
N-NO ₃	5,7	5,6	5,0	4,9	2,0
P ₂ O ₅	113	110	108	109	11
K ₂ O	128	115	100	124	12

ной и комбинированной обработках отмечено большее накопление влаги. При отвальной разноглубинной обработке на поверхность были вынесены более влажные нижние слои почвы.

Для формирования оптимального фона фосфорного питания большое значение имеют фосфобактерии, в процессе жизнедеятельности которых высвобождается фосфорная кислота, поступающая в почвенный раствор и увеличивающая содержание подвижного фосфора в почве.

Увеличение численности фосфобактерий способствует улучшению фосфорного питания растений. В 1993–1995 гг. при безотвальной и комбинированной обработках почвы отмечено увеличение численности фосфобактерий до 1,9 млн КОЕ по сравнению с отвальной разноглубинной (1,1 млн КОЕ в 1 г а.с.п.). В вегетационном периоде 2016–2018 гг. при отвальных обработках почвы численность фосфобактерий снизилась до 0,2, при безотвальной до 0,5 и до 1,0 млн КОЕ при комбинированной. Для этой группы микроорганизмов засушливые условия предыдущих лет оказали ингибирующее действие. Сравнивая показатели микробиологической активности почвы за вторую и четвертую ротации севооборота можно констатировать, что по мере прохождения ротаций изменяется влияние обработки почвы и погодных условий микробиологическую активность почвы. Причем более стабильными эти показатели были при комбинированной обработке.

С микробиологической активностью почвы тесно связано ее эффективное плодородие. Микроорганизмы, принимающие участие в круговороте азота

определяют обеспеченность растений этим элементом питания. Так при безотвальной и комбинированной обработках почвы в мае 1993–1995 гг. численность аммонификаторов и иммобилизаторов азота превышала таковую после отвальной обработки. Рост их количества способствовал повышению нитрификационной активности на 18...34 % и, как следствие, увеличению накопления нитратного азота в почве в 1,1...1,2 раза, наибольшее количество которого выявлено при безотвальной и комбинированной обработке почвы – 27,4 и 24,4 мг/кг (табл. 3). Максимальная нитрификационная способность почвы в этот период наблюдений также зафиксирована в этих вариантах обработки почвы – 51,3 и 48,4 мг/кг, что на 12...43 % выше, чем при отвальных обработках.

К концу вегетационного периода нитрификационная активность при безотвальной и комбинированной обработках почвы снижалась соответственно на 12,7 и 6,5 мг/кг относительно начала вегетации сахарной свеклы, или на 25 и 12 %. Содержание нитратного азота в почве сокращалось до 1,7...3,1 мг/кг.

Динамика содержания подвижного фосфора и калия в почве свидетельствует о незначительном влиянии систем обработки почвы на эти элементы питания. Так содержание подвижного фосфора в начале вегетации варьировало от 74 до 85 мг/кг при HCP₀₅ = 10 мг, а в ее завершении – от 56 до 70 мг/кг. Рост накопления подвижного фосфора имел тенденцию к увеличению в направлении от отвальной обработки почвы к безотвальной и комбинированной.

В 2016–2018 гг. нитрификационная способность почвы в начальный период

вегетации составляла 35,2...38,2 мг/кг, а при уборке – 32,1...36,3 мг/кг, максимальные значения соответствовали безотвальной обработке почвы, минимальные – отвальной разноглубинной. Однако статистически доказанных различий между способами обработки почвы по этому показателю не отмечено.

Содержание нитратного азота в начале вегетации сахарной свеклы варьировало от 16,2 до 18,2 мг/кг (HCP₀₅ = 3,5), а в период уборки – от 4,9 до 5,7 мг/кг, что свидетельствует о незначительном влиянии основной обработки почвы на азотный режим чернозема выщелоченного в течение вегетации культуры.

Содержание подвижного фосфора в почве за время прохождения ротаций севооборота увеличилось с 56...110 до 100...131 мг/кг. При отвальной разноглубинной обработке отмечено на 20...24 % большее увеличение, чем при других способах обработки.

Содержание подвижного калия в почве при отвальной разноглубинной обработке составляло 128...131 мг/кг, при обычной – 115...117 мг/кг, при безотвальной – 100...114 мг/кг, при комбинированной – 124...128 мг/кг при HCP₀₅ = 12 мг.

То есть, оптимальный питательный режим чернозема выщелоченного складывался в 1993–1995 гг. при комбинированной, а в 2016–2018 гг. – при отвальной разноглубинной и комбинированной обработках почвы в севообороте. При обычной отвальной и безотвальной обработках содержание питательных элементов достоверно снижалось.

В 1993–1995 гг. наибольшая в опыте урожайность сахарной свеклы (35,5 и 35,6 т/га) с высоким содержанием сахара (18,4 и 18,3 %) отмечена при отвальной разноглубинной и комбинированной обработках почвы (табл. 4). При отвальной обычной и безотвальной обработках продуктивность культуры снижалась на 6...20 %.

В 2016–2018 гг. наибольшая урожайность сахарной свёклы (43,1 и 43,8 т/га) также получена при отвальной разноглубинной и комбинированной обработках почвы. Содержание сахара в корнеплодах из-за перехода к возделыванию высокоурожайных гибридов снизилось на 0,7...1,9 %. Изменилось и влияние обработки почвы на этот показатель. Так, если при возделывании сорта РО-117 наибольшая сахаристость корнеплодов выявлена при отвальной разноглубинной обработке (18,4 %), то при возделывании гибрида РМС-120 на фоне отвальной разноглубинной обработки сахаристость снижалась до 16,5 %, а наибольшей была на фоне комбинированной (17,3 %) обработки.

Максимальный сбор сахара как в 1993–1995 гг., так и в 2016–2018 гг., достигался при отвальной разноглубинной

4. Продуктивность сахарной свёклы в зависимости от системы обработки почвы в севообороте

Система обработки почвы	1993–1995 гг.			2016–2018 гг.		
	урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га	урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га
Отвальная разноглубинная	35,5	18,4	6,5	43,1	16,5	7,1
Отвальная обычная	33,5	18,1	6,0	36,2	17,3	6,3
Безотвальная	28,6	18,4	5,2	35,7	17,0	6,1
Комбинированная	35,6	18,3	6,5	43,8	17,3	7,6
НСР ₀₅	2,4	0,2		3,1	0,3	

и комбинированной обработках – соответственно по 6,5, 7,1 и 7,6 т/га.

Таким образом, в условиях ЦЧР безотвальная и обычная отвальная системы обработки в результате уменьшения поступления органического вещества привели к снижению биологической активности почвы. Это выразилось в увеличении коэффициента минерализации в 1,5...5,7 раз, уменьшения величины показателя трансформации свежего органического вещества в 4,7...5,7 раза и условного коэффициента гумификации – в 1,2...2,0 раза, по сравнению с комбинированной обработкой почвы в севообороте.

Комбинированная система обработки почвы в севообороте обеспечивала достоверное повышение содержания гумуса на 0,12...0,29 %, его активных форм – в 1,1...1,3 раза, по сравнению с отвальной разноглубинной, и в 1,2...1,4 раза, по сравнению с безотвальной обработкой.

При комбинированной и отвальной разноглубинной системах обработки питательный режим выщелоченного чернозема складывался лучше, чем при других обработках – содержание P_2O_5 возросло до 126...131 мг/кг, а K_2O – до 128...131 мг/кг, или на 4...13%. Наибольшая урожайность сахарной свёклы (43,8 т/га) и сбор сахара (7,6 т/га) отмечены на фоне комбинированной системы обработки и применения $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ т навоза на 1 га севооборотной площади, что было выше, чем при безотвальной обработке на 17...20%.

В условиях ЦЧР при возделывании сахарной свёклы в плодосменном севообороте необходимо применять комбинированную систему основной обработки почвы, повышающую эффективное плодородие чернозёма выщелоченного и продуктивность культуры. Она включает отвальную обработку черного пара и подпропашные культуры и безотвальную обработку под зерновые культуры и травы. Применение постоянной безотвальной обработки почвы приводит к снижению почвенного плодородия и продуктивности сахарной свёклы.

Литература.

1. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах зем-

леделия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1356–1364.

2. Минакова О. А., Александрова Л. В., Куницын Д. А. Изменение почвенного плодородия и урожайности сахарной свёклы при длительном применении удобрений в зернопропашном севообороте лесостепи Центрального Черноземного региона // Агрехимия. 2018. № 1. С. 52–60.

3. Турусов В. И., Гармашов В. М. Эффективность минеральных удобрений при различных способах обработки почвы // Агрехимия. 2020. № 12. С. 19–27.

4. Королев В. А., Громовик А. И., Боронтов О. К. Изменение основных показателей плодородия чернозема выщелоченного при разных способах основной обработки // Почвоведение. 2016. № 1. С. 95–101.

5. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимализации основной обработки почвы / Т. А. Трофимова, С. И. Коржов, В. А. Гулевский и др. // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1080–1085.

6. Сезонная динамика биомассы микроорганизмов в дерново-подзолистых почвах / Д. Н. Никитин, Т. И. Чернов, Н. Д. Железнова и др. // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1356–1364.

7. Изменение агрохимических показателей чернозема типичного при различных приемах обработки и использования средств химизации и биологизации / Х. А. Хусаинов, М. Ш. Абасов, А. В. Тунтиев и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 30–34.

8. Влияние основной обработки на динамику накопления нитратного азота в почве / Н. М. Соколов, Н. М. Жолнинский, С. Б. Стрельцов и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 34–37.

9. Шарков И. Н., Самохвалова Л. М., Мишина П. В. Изменение органического вещества чернозёма выщелоченного при минимализации обработки в лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. 2016. № 7. С. 892–899.

10. Боронтов О. К., Косякин П. А., Манаенкова Е. Н. Влияние основной обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства почвы при возделывании сахарной свёклы // Земледелие. 2019. № 2. С. 33–35.

11. Биологическая активность и питательный режим почвы при различных приемах обработки под однолетние травы / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, Н. А. Нужная и др. // Земледелие. 2020. № 6. С. 25–28.

12. Черкасов Г. Н., Масютенко Н. П., Масютенко М. Н. Влияние вида севооборота, системы обработки почвы и экспозиции склона на динамику эмиссии CO_2 из чернозема типичного // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 34–37.

13. Черепухина И. В., Безлер Н. В., Колесникова М. В. Зависимость эффективности использования соломы зерновых культур с дополнительными компонентами от погодных условий года // Агрехимия. 2019. № 6. С. 64–71.

Influence of tillage on microbiological activity, nutrient regime of leached chernozem and sugar beet productivity in the Central Chernozem Region

O. K. Borontov, P. A. Kosyakin, N. V. Bezler, E. N. Manayenkova

Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, pos. VNISS, 86, Ramonskii r-n, Voronezhskaya obl., 396030, Russian Federatio

Abstract. Studies aimed at improving the tillage for sugar beet were carried out in the fallow link (bare fallow – winter wheat – sugar beet) of the second (1993–1995) and fourth (2016–2018) rotations of a crop rotation in the Voronezh region. The experimental design involved the study of the following tillage systems: multi-depth moldboard (at 30–32 cm for sugar beet); usual moldboard (at 20–22 cm for sugar beet); non-moldboard (at 30–32 cm for sugar beet); combined (ploughing for sugar beet at 30–32 cm) against the background of $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ tons of manure per 1 hectare of crop rotation area ($N_{160}P_{160}K_{160}$ for sugar beet). The soil of the experimental plot was leached heavy loamy medium-humus chernozem with a humus content of 5.3–5.6% in the layer of 0–30 cm, $P_{2O_5} = 86–127$ mg/kg, $K_{2O} = 90–136$ mg/kg; pH of salt extract was 6.9 units. Combined tillage increased the total content of humus by 0.02–0.09% and its active forms – 1.1–1.4 times, contributed to an increase in the activity of microorganisms 3.0–5.5 times, compared with non-moldboard and multi-depth moldboard treatments. Non-moldboard and usual moldboard tillage led to an increase in the mineralization coefficient 1.5–5.7 times and a decrease in the transformation rate of fresh organic matter. With combined and multi-depth moldboard treatment systems, the nutrient regime of leached chernozem developed better than with other treatments – the content of P_{2O_5} increased to 126–131 mg/kg, and K_{2O} – to 128–131 mg/kg, or 4–13%. The highest yield of sugar beet (43.8 t/ha) and sugar (7.6 t/ha) were obtained against the background of the combined system and the use of $N_{59}P_{59}K_{59} + 11$ tons of manure per 1 hectare of crop rotation area, which was higher by 17–20% than yield at the non-moldboard processing.

Keywords: tillage; microbiological activity; nutrient regime; leached chernozem; sugar beet (*Beta vulgaris* L.); productivity; crop rotation.

Author Details: O. K. Borontov, D. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: vniiss@mail.ru); P. A. Kosyakin, Cand. Sc. (Agr.), research fellow (e-mail: kosyakin@mail.ru); N. V. Bezler, D. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: bezler@list.ru); E. N. Manayenkova, research fellow.

For citation: Borontov OK, Kosyakin PA, Bezler NV, et al. [Influence of tillage on microbiological activity, nutrient regime of leached chernozem and sugar beet productivity in the Central Chernozem Region]. *Zemledelie*. 2022; (2):38–42. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-38-42.

Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои

Д. В. ДУБОВИК, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: kurskfarc@mail.ru)

Е. В. ДУБОВИК, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

А. Н. МОРОЗОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
А. В. ШУМАКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70 б, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния различных способов основной обработки почвы (вспашка с оборотом пласта на 20...22 см; комбинированная обработка – дискование + чизелевание на 20...22 см; поверхностная обработка – дискование до 8 см; прямой посев, на агрофизические свойства чернозема типичного, урожайность и качество семян сои. Работу выполняли в Курской области в 2020–2021 гг. Сорт сои – Казачка, предшественник – озимая пшеница, повторность – трехкратная. При вспашке плотность почвы была равномерна по всему пахотному слою и находилась на уровне 1,02 г/см³. Плотность верхнего слоя почвы 0...10 см при других обработках существенно не изменяется и находится в пределах 0,99...1,04 г/см³. В слое почвы 10...20 см, везде кроме вспашки, плотность почвы возрастает до 1,12...1,19 г/см³ и характеризуется как слабо уплотненная. Содержание агрономически ценных агрегатов (10...0,25 мм) как в слое 0...10 см, так и в слое 10...20 см было самым высоким при прямом посеве – 66,6...69,9 %. Наибольшее содержание глыбистой фракции (>10 мм) отмечали при комбинированной обработке – 30,1...37,4 %. Содержание пылевой фракции (<0,25 мм) в слое почвы 0...10 см было наиболее высоким при поверхностной обработке – 10,1 %, а наименьшим при прямом посеве – 5,6 %. Самая высокая урожайность семян сои зафиксирована при прямом посеве (1,88 т/га) и вспашке (1,85 т/га), наименьшая – по поверхностной обработке (1,45 т/га). Более высокое содержание белка в семенах сои накапливает при возделывании культуры по вспашке – 34,6 %. При комбинированной обработке величина этого показателя снижается на 0,3 %, при поверхностной – на 0,7 %, при прямом посеве – 2,2 %.

Ключевые слова: соя (*Glycine max* (L.) Merrill), вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, прямой посев, плотность почвы, структурно-агрегатный состав, урожайность, качество.

Для цитирования: Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. Н. Морозов и др. // Земледелие. 2022. № 2. С. 43–46. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46.

Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) – одна из ведущих сельскохозяйственных культур в России. В ее семенах содержится в 2 раза больше белка, чем в мясе животных и птиц. Это определяет высокую пищевую ценность продукции культуры [1]. Благодаря ее экологической пластичности, выведению раннеспелых сортов, посевы сои расширяются далеко за пределы первоначального распространения [2]. При этом перед производителями сои стоит задача повышения эффективности использования материальных и природных ресурсов.

Кодним из наиболее энергозатратных элементов агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур относят обработку почвы [3, 4]. Поэтому с целью сокращения производственных затрат, а также сохранения и воспроизводства плодородия почв в технологиях возделывания сои, возможен переход на минимизацию механической обработки почвы [5].

Минимизация обработки почвы имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Особенно это касается использования крайней степени минимизации – прямого посева или технологии No-till [6]. В многочисленных исследованиях в различных почвенно-климатических условиях отмечают неоднозначное влияние минимизации механической обработки на физико-химические свойства почвы, урожайность и качество сельскохозяйственных культур [7, 8, 9].

Благоприятные агрофизические свойства и режимы почвы – одно из неперенных условий формирования высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [10]. Многие исследователи отмечают изменение физических свойств почвы при уменьшении интенсивности механического воздействия. Например, при минимизации обработки почвы возможно, как увеличение [11], так и снижение [12] плотности верхнего слоя почвы. Кроме того, наблюдается изменение такой важной агрофизической характеристики почвы, как структурно-агрегатный состав

[13]. При использовании технологии No-till имеются данные, как об увеличении доли глыбистой фракции (>10 мм) [14], так и о росте количества агрономически ценных агрегатов и снижении пылевидной фракции [15].

Недостаточно изучено влияние минимизации основной обработки почвы на урожайность зерна сои. В ряде работ отмечают снижение урожайности сои при переходе на безотвальные и поверхностные обработки [16], а также прямой посев [17, 18].

Цель исследований – изучение влияния различных способов основной обработки почвы на агрофизические свойства чернозема типичного, изменение урожайности и качества семян сои в почвенно-климатических условиях Курской области.

Работу проводили в полевом стационарном опыте Курского федерального аграрного научного центра (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020–2021 гг. в четырехпольном севообороте, развёрнутом в пространстве и времени, со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта на глубину 20...22 см; комбинированная обработка (дискование на 8...10 см + чизелевание на 20...22 см); поверхностная обработка (дискование до 8 см); прямой посев (No-till) сеялкой Дон 114. Варианты в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100 м), повторность трехкратная.

Исследования проведены во второй ротации севооборота на полях с посевами сои. Технология возделывания сои по вариантам была общепринятой для региона, за исключением различий в основной обработке почвы. Сорт сои – Казачка.

Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,4 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 196 и 137 мг/кг соответственно. Реакция почвенной среды слабо кислая (рН_{ксл} = 5,2 ед.).

Анализ метеорологических условий периода вегетации сои (май–сентябрь) за время исследований свидетельствует о потеплении климата и усилении его аридности. Это проявляется, прежде всего, в повышении среднесуточных температур воздуха и, как следствие, увеличении суммы активных температур (САТ), а также в снижении количества осадков, по сравнению со среднепогодными значениями. Так, за период вегетации сои в 2020 г. САТ была больше среднепогодных показателей на 208 °С, в 2021 г. – на 391 °С (табл. 1). Количество осадков, в сравнении со

1. Метеорологические условия за период вегетации сои (май–сентябрь)

Показатель	2020 г.	2021 г.	Среднегодовое
Сумма активных температур, (САР) °С	2674	2857	2466
Количество осадков, мм	215	222	311
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,80	0,78	1,26

среднегодовыми данными, в 2020 г. снизилось на 96 мм, в 2021 г. – на 89 мм. Как следствие, произошло уменьшение гидротермического коэффициента. Если по многолетним наблюдениям степень увлажнения территории по ГТК за период вегетации характеризуется как оптимальная – 1,26, то в годы исследований ее можно отнести к недостаточному – 0,80 и 0,78 соответственно.

уплотненная (1,1...1,2 г/см³) [20], что согласуется с данными полученными в исследованиях, проведенных в Западной Сибири [16]. При этом в среднем для слоя 0...20 см плотность почвы после вспашки, комбинированной и поверхностной обработки можно охарактеризовать как типичную для обработанной почвы (1,0...1,1 г/см³), а при прямом посеве – как слабо уплотненную.

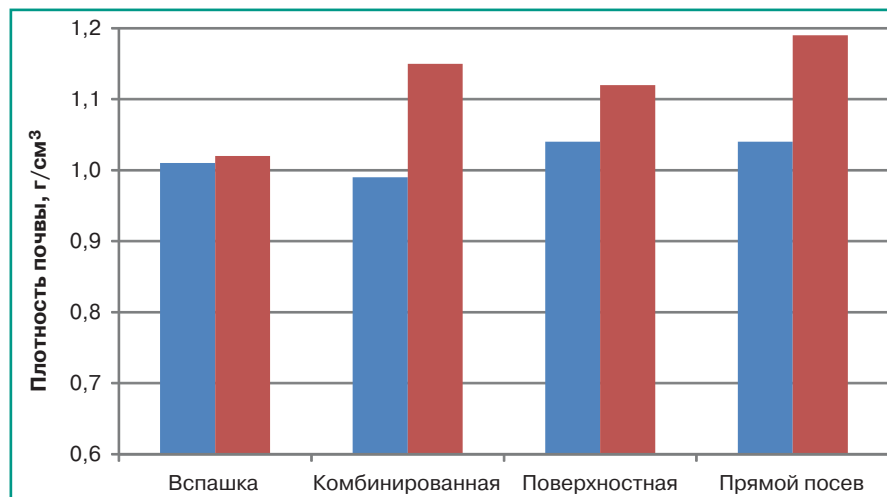


Рис. 1. Влияние способов обработки на плотность почвы в посевах сои (среднее за 2020–2021 гг., НСП₀₅: обработка почвы – 0,06 г/см³; слой почвы – 0,04 г/см³): ■ – 0...10 см; ■ – 10...20 см.

Структурно-агрегатный состав почвы определяли по Н. И. Саввинову, плотность почвы – по Н. А. Качинскому [19]. Урожайность сои учитывали комбайном Сампо-500 с последующим взвешиванием и пересчетом на 12%-ную влажность (ГОСТ 17109-88) и 100%-ную чистоту. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и регрессионного анализов с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

Один из основных агрофизических показателей, характеризующих состояние и уровень плодородия почвы, – ее плотность. В нашем эксперименте в верхнем 0...10 см слое достоверных различий по плотности в зависимости от способа основной обработки не наблюдали, величина этого показателя находилась в пределах 0,99...1,04 г/см³ (рис. 1). В нижележащем слое 10...20 см при вспашке изменения плотности также не происходит. Переход на комбинированную обработку сопровождается увеличением плотности почвы в слое 10...20 см, по сравнению со слоем 0...10 см, на 0,16 г/см³, на поверхностную обработку – на 0,08 г/см³, на прямой посев – на 0,15 г/см³. В целом для слоя почвы 10...20 см плотность почвы при комбинированной, поверхностной обработках и прямом посеве характеризовалась как слабо

Еще одна важная агрофизическая характеристика чернозема типичного, на которую оказывает непосредственное влияние обработка почвы, – общая порозность (пористость). В результате проведенных исследований было установлено, что минимизация обработки почвы способствует повышению порозности в слое 0...10 см, по сравнению со слоем 10...20 см, на 6...12% (рис. 2). После вспашки такой тенденции не на-

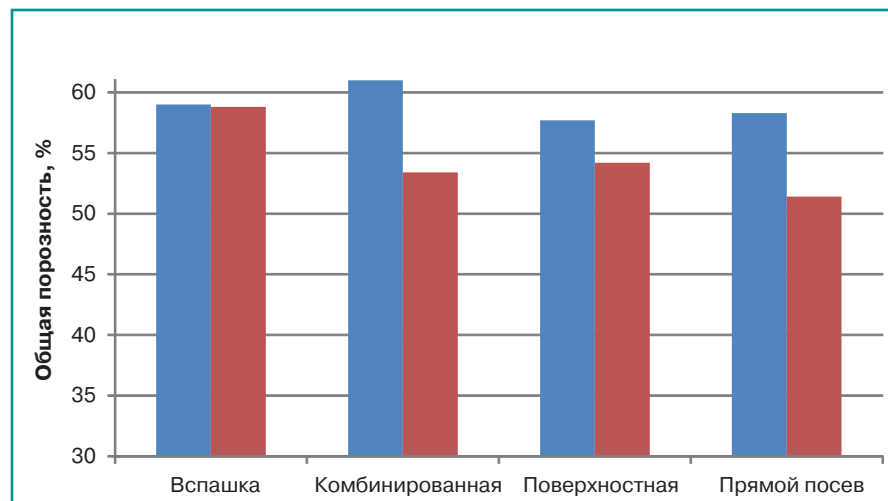


Рис. 2. Влияние способов обработки на общую порозность почвы (среднее за 2020–2021 гг., НСП₀₅: обработка почвы – 6,6%; слой почвы – 5,4%): ■ – 0...10 см; ■ – 10...20 см.

блюдали. Изучаемые способы обработки почвы не оказали существенного влияния на изменение порозности почвы в слое 0...10 см. При этом в слое 10...20 см в варианте со вспашкой порозность была самой высокой (58,8%) и снижалась в ряду: поверхностная обработка (54,2%) → комбинированная обработка (53,4%) → прямой посев (51,4%).

Проведенная оценка порозности по шкале Н.А. Качинского показала наличие культурного пахотного слоя при применении вспашки на глубине 0...10 и 10...20 см, а также при минимизации обработки почвы в слое 0...10 см. Слой почвы 10...20 см при уменьшении глубины обработки характеризовался удовлетворительной порозностью.

Среди структурных отдельностей, составляющих почву, ведущую роль играют агрономически ценные агрегаты размером от 10 до 0,25 мм. В слое 0...10 см их содержание повышалось при увеличении степени минимизации обработки почвы. Наибольшее количество агрегатов размером 10...0,25 мм в этом слое отмечали при прямом посеве – 66,6% (рис. 3). Это выше, чем при вспашке, на 5,7%, по сравнению с комбинированной обработкой – на 5,6%, с поверхностной обработкой – на 2,9%. Разница между вспашкой, комбинированной и поверхностной обработками составляла 2,7...2,9% и находилась в пределах ошибки опыта.

В слое 10...20 см содержание агрономически ценных структурных отдельностей также было более высоким при прямом посеве – 69,9%. На фоне вспашки доля этой фракции снижалась на 4,3%, поверхностной обработке – на 12,0%, комбинированной обработке – на 5,8%. При всех используемых способах основной обработки почвы, кроме комбинированной, отмечена тенденция к увеличению содержания агрономически ценных агрегатов в слое 10...20 см, по сравнению со слоем 0...10 см, на 0,4...4,8%. В варианте с комбинированной

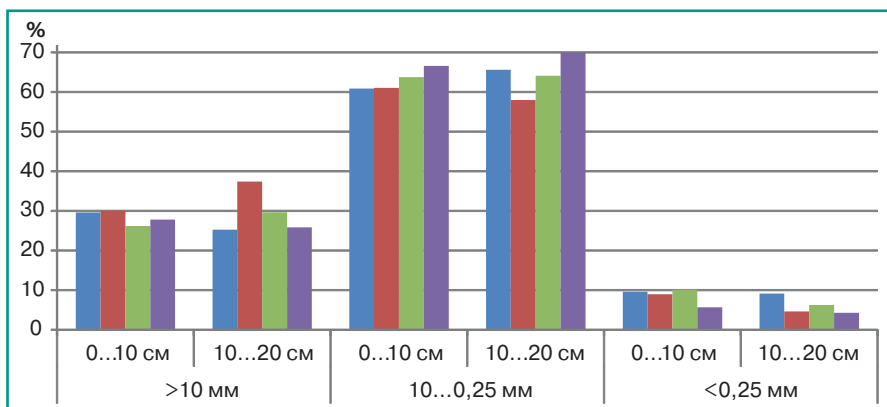


Рис. 3. Структурно-агрегатное состояние чернозема типичного под посевами сои (среднее за 2020–2021 гг., НСР₀₅ для агрономически ценных агрегатов 10...0,25 мм: обработка почвы – 5,1%; слой почвы – 3,6%): ■ – вспашка; ■ – комбинированная; ■ – поверхностная; ■ – прямой посев.

обработкой количество агрегатов размером 10...0,25 мм, в нижнем слое почвы было на 3,1 % меньше, чем в верхнем 0...10 см слое (см. рис. 3). Аналогичную тенденцию в исследованиях, проведенных на черноземах обыкновенных и южных Ставропольского края, отмечали в отношении прямого посева [12].

Содержание глыбистой фракции (>10 мм) в верхнем слое почвы (0...10 см) при вспашке и комбинированной обработке (29,6...30,1 %) было больше, чем при поверхностной обработке и прямом посеве (26,2...27,8 %). При этом в нижележащем слое почвы (10...20 см), по сравнению с верхним (0...10 см), при комбинированной и поверхностной обработках, происходило увеличение доли крупных структурных отдельностей на 7,4 и 3,5 %, а при вспашке и прямом посеве – снижение на 4,3 и 1,9 % соответственно.

Содержание пылеватой фракции (<0,25 мм) в слое почвы 0...10 см было самым высоким при поверхностной обработке – 10,1 %, а наименьшим при прямом посеве – 5,6 % (см. рис. 3). В нижележащем слое 10...20 см доля этой фракции при вспашке и прямом посеве уменьшалась незначительно (на 0,5...1,4 %). При комбинированной обработке в слое 10...20 см, по сравнению со слоем 0...10 см, отмечали снижение содержания пылеватой фракции почвы на 4,3 %, при поверхностной обработке – на 3,8 %. В слое 10...20 см, как и в верхнем слое, содержание агрегатов <0,25 мм было наибольшим при поверхностной обработке.

Используемые способы основной обработки почвы оказали влияние на структуру урожая сои (табл. 2). Так, в среднем за два года, количество растений при прямом посеве было значительно больше, чем при комбинированной обработке, 8 шт./м². Существенных различий по величине этого показателя между прямым посевом, поверхностной обработкой и вспашкой не отмечено. Наибольшее количество бобов на одном растении отмечали при прямом посеве –

25 шт./растение. При использовании вспашки оно снижалось на 3 шт./растение, комбинированной обработки – на 4 шт./растение, поверхностной обработки – на 6 шт./растение.

2. Структура урожая сои (среднее за 2020–2021 гг.)

Обработка почвы	Число, шт.		Масса 1000 семян, г
	растений на 1 м ²	бобов на 1 растение	
Вспашка	73	22	109,6
Комбинированная	66	21	100,8
Поверхностная	70	19	98,2
Прямой посев	74	25	96,6
НСР ₀₅	6,9	0,8	10,1

Возделывание сои на фоне вспашки способствовало формированию наиболее высокой массы 1000 семян (см. табл. 2). При минимизации обработки почвы наблюдали ее уменьшение. При комбинированной обработке изменение носило характер тенденции (на 8,8 г), а при поверхностной обработке и прямом посеве различия были достоверными (на 11,4 и 13,0 г соответственно).

В среднем за два года исследований наиболее высокий сбор семян отмечали при ее возделывании по технологии прямого посева – 1,88 т/га (табл. 3). При использовании в качестве способа основной обработки почвы вспашки снижение урожайности было незначительно – на 0,03 т/га. Переход на комбинированную обработку почвы сопровождался уменьшением величины этого показателя в среднем на 0,33...0,36 т/га, на поверхностную – на 0,40...0,43 т/га, по сравнению со вспашкой и прямым посевом соответственно. Наименьшая

3. Урожайность и качество семян сои (среднее за 2020–2021 гг.)

Обработка почвы	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание жира, %	Натура, г/л
Вспашка	1,85	34,6	22,6	746,0
Комбинированная	1,52	34,3	22,7	753,1
Поверхностная	1,45	33,9	22,9	753,0
Прямой посев	1,88	32,4	23,3	748,1
НСР ₀₅	0,32	1,45	1,66	8,2

урожайность зафиксирована при возделывании сои по поверхностной обработке.

Анализ полученных данных позволил установить зависимость урожайности сои от элементов структуры урожая. Выявлена высокая корреляционная связь между сбором семян и количеством растений на 1 м² ($r=0,82$, $\alpha=0,05$), очень высокая – между урожайностью и количеством бобов на растении ($r=0,91$, $\alpha=0,05$).

Наибольшее содержание белка в семенах отмечали при возделывании сои по вспашке – 34,6 % (см. табл. 3). При комбинированной обработке оно снижалось на 0,3 %, при поверхностной обработке – на 0,7 %, при прямом посеве – на 2,2 %.

Очевидно, снижение количества белка в семенах при минимизации обработки почвы связано с изменением содержания в почве минерального азота (рис. 4). При вспашке оно было наибольшим – 2,44 мг/100 г, а при прямом посеве наименьшим – 1,61 мг/100 г. Также это подтверждается высокой корреляционной связью между содержанием белка в зерне и минерального азота в почве ($r=0,73$, $\alpha=0,05$).

Указанные различия по содержанию минерального азота обусловлены микроклиматическими условиями, формирующимися при разных способах обработки почвы, особенно прямом посеве. Оставленная стерня при прямом посеве способствует созданию менее благоприятных условий для разложения растительной массы, в результате чего снижается высвобождение азотсодержащих веществ [21].

На фоне увеличения содержания белка в семенах происходило снижение количества жира, что подтверждает тесную отрицательную связь ($r=-0,91$, $\alpha=0,05$) между величинами этих показателей. Содержание жира в семенах было более высоким при возделывании сои по технологии прямого посева – 23,3 %. С увеличением глубины обработки почвы оно снижалось и было наименьшим при вспашке.

Достоверных различий по натуре семян сои в зависимости от способа основной обработки не наблюдали, но можно отметить тенденцию к ее снижению при вспашке и прямом посеве. Очевидно, это связано с большей урожайностью зерна, так как между ними установлена весьма высокая обратная зависимость ($r=-0,95$, $\alpha=0,05$).

Таким образом, при вспашке плотность почвы равномерна по всему

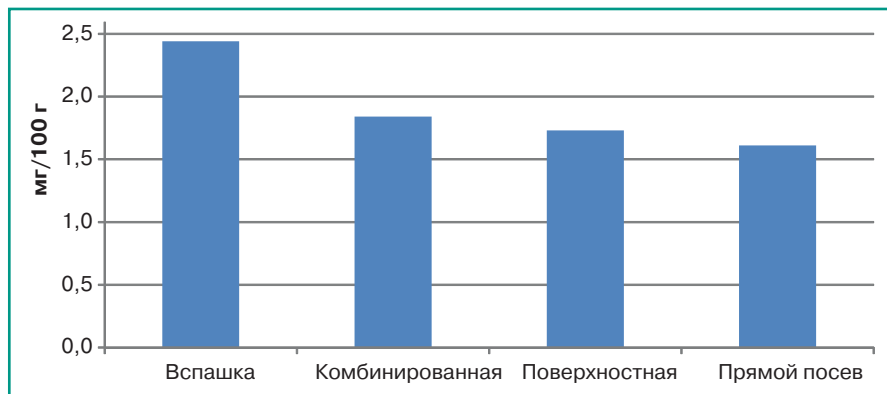


Рис. 4. Содержание минерального азота в почве в зависимости от способа основной обработки (среднее за 2020–2021 гг.).

пахотному слою и находится на уровне оптимальных значений. В других вариантах в верхнем (0...10 см) слое почвы она значительно не изменяется и находится в пределах 0,99...1,04 г/см³. В слое 10...20 см при всех изученных способах, кроме вспашки, плотность почвы повышается до слабо уплотненной.

Прямой посев способствует увеличению количества агрономически ценных агрегатов (10...0,25 мм) до 66,6...69,9%. При комбинированной обработке наблюдается наибольшее содержание глыбистой фракции (>10 мм), при поверхностной – пылеватой фракции (<0,25 мм).

Самый высокий и относительно равнозначный по уровню урожай семян сои формировался при использовании прямого посева (1,88 т/га) и вспашки (1,85 т/га). Применение комбинированной и поверхностной обработки почвы сопровождалось значительным снижением урожайности.

Самое высокое содержание белка в семенах сои формировалось при ее возделывании по вспашке – 34,6%. По мере уменьшения интенсивности обработки почвы отмечали снижение количества белка в семенах от 0,3 до 2,2%. Наибольшим оно было при возделывании сои по технологии прямого посева – 23,3%, а наименьшим – по вспашке (22,6%).

Литература.

1. Петибекая В. С. Соя: химический состав и использование. Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2012. 432 с.
2. Белявская Л. Г., Белявский Ю. В., Диянова А. А. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 4. С. 42–48.
3. Кузыченко Ю. А., Кулинцев В. В., Кобозев А. К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // *Земледелие*. 2017. № 4. С. 19–22.
4. Ивенин А. В., Богомолова Ю. А., Саков А. П. Экономическая эффективность выращивания зерновых культур в зависимости от систем обработки почвы и применения удобрений // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021. Т. 16. № 1 (61). С. 22–27.
5. Кирюшин В. И., Кирюшин С. В. Агротехнологии. СПб.: Изд-во «Лань», 2021. 464 с.

6. Кирюшин В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследования // *Земледелие*. 2013. № 7. С. 3–6.

7. Volatile-mediated suppression of plant pathogens is related to soil properties and microbial community composition / M. van Agtmaal, A. L. Straathof, A. Termorshuizen, et al. // *Soil Biol. Biochem.* 2018. Vol. 117. P. 164–174.

8. Water security: Gray or green? / M. A. Palmer, J. Liu, J. H. Matthews, et al. // *Science*. 2015. Vol. 349. No. 6248. P. 584–585.

9. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов гороха в богарных условиях Ростовской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 8. С. 14–19.

10. Кузнецова И. В., Уткаева В. Ф., Бондарев А. Г. Нормативы изменения физических свойств пахотных черноземов лесостепной зоны Европейской России в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования // *Почвоведение*. 2014. № 1. С. 71–81.

11. Власенко А. Н., Власенко Н. Г., Кудашкин П. И. Изменение показателей плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Приобья при использовании технологии No-till // *Агротехника*. 2019. № 12. С. 16–21.

12. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве / В. П. Белобров, С. А. Юдин, Н. В. Ярославцева и др. // *Почвоведение*. 2020. № 7. С. 880–890.

13. Nichols K. A., Toro M. A whole soil stability index (WSSI) for evaluating soil aggregation // *Soil Till. Res.* 2011. Vol. 111. P. 99–104.

14. Трансформация физических показателей черноземов в результате агрогенного воздействия / Ю. И. Червердин, С. В. Сапрыкин, А. Ю. Червердин и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. № 3. С. 5–11.

15. Влияние длительного применения прямого сева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны / Г. Р. Дорошко, О. И. Власова, О. Г. Шабалдас и др. // *Земледелие*. 2017. № 7. С. 7–10.

16. Краснова Е. А., Рзаева В. В., Линьков А. С. Влияние способов основной обработки на водно-физические свойства почвы и урожайность сои в западной Сибири // *Аграрный научный журнал*. 2020. № 9. С. 21–24.

17. Особенности возделывания сои на обыкновенных черноземах Ростовской области / В. Е. Зинченко, А. В. Гринько, В. А. Кулыгин и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. № 12. С. 12–14.

18. Моисеенко А. А., Тимошинов Р. В., Бабинцев Л. Е. Влияние приемов основной обработки

почвы на урожайность сои в Приморском крае // *Земледелие*. 2015. № 3. С. 26–27.

19. Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. 687 с.

20. Теории и методы физики почв / под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.

21. Influence of long-term tillage straw and N fertilizer on barley yield, plant-N uptake and soil-N balance / J. M. Nyborg, E. D. Solberg, R. C. Jsaurrealde, et al. // *Soil Tillage Research*. 1995. № 3. P. 165–174.

Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality

D. V. Dubovik, E. V. Dubovik, A. N. Morozov, A. V. Shumakov
Federal Agricultural Kursk Research Center, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. We studied the effect of various tillage methods on agrophysical properties of typical chernozem, productivity and quality of soybean grain. We tested ploughing at 20–22 cm; combined processing (disking + chiselling at 20–22 cm); surface treatment – disking at 8 cm; direct sowing. The work was carried out in the Kursk region in 2020–2021. We use soybean variety Kazachka, the forecrop was winter wheat, the experiment was carried out three times. At ploughing, the density of the soil was uniform throughout the arable layer and was at the level of 1.02 g/cm³. The density of the 0–10 cm layer of soil did not change significantly with other treatments and was in the range of 0.99–1.04 g/cm³. In a soil layer of 10–20 cm, the soil density increased to 1.12–1.19 g/cm³ and it was characterized as weakly compacted in all variants of cultivation, except for ploughing. The content of agronomically valuable aggregates (10–0.25 mm) both in the 0–10 cm layer and in the 10–20 cm layer was the highest in the case of direct sowing (66.6–69.9%). The highest content of the lumpy fraction (>10 mm) was noted at combined processing (30.1–37.4%). The content of the silt fraction (<0.25 mm) in the soil layer of 0–10 cm was the highest for surface tillage – 10.1%, and the lowest for direct sowing – 5.6%. The highest yield of soybean seeds was obtained at direct sowing (1.88 t/ha) and ploughing (1.85 t/ha), the lowest – at surface treatment (1.45 t/ha). Higher protein content in soybean grain was noted in the case of ploughing – 34.6%. With combined treatment, the value of this indicator decreased by 0.3%, with surface treatment – by 0.7%, with direct sowing – by 2.2%.

Keywords: soybean (*Glycine max* (L.) Merril); ploughing; combined tillage; surface tillage; direct sowing; soil density; structural-aggregate composition; productivity; quality.

Author details: D. V. Dubovik, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: kurskfarc@mail.ru); E. V. Dubovik, D. Sc. (Biol.), leading research fellow; A. N. Morozov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; A. V. Shumakov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow.

For citation: Dubovik DV, Dubovik EV, Morozov AN, et al. [Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality]. *Zemledelie*. 2022;(2):43-6. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46.

Соя под надежной защитой гербицидов «Сингенты»

В последние годы заметно возрос интерес сельхозпроизводителей к сое. Предпосылок для этого несколько: во-первых, высокая стабильная закупочная цена на зерно сои для пищевой промышленности и производства кормов, во-вторых, интродукция в производство передовых сортов сои, которые обеспечили получение высоких и качественных урожаев культуры и расширили ареал ее возделывания, в-третьих, внедрение новых элементов агротехники, которые также повысили продуктивность этой культуры. Совокупность вышеназванных факторов обеспечила высокую маржинальность сои и способствовала серьезному росту площадей под ней за последние несколько лет.

Каждый технолог, связанный с выращиванием сои, знает, что эта культура довольно требовательна и практически всегда снижает продуктивность при небрежном подходе к технологии возделывания. Факторов, которые влияют на урожайность и качество зерна сои, довольно много. Один из главных — сорная растительность в посевах культуры, ведь соя слабоконкурентна с сорняками на начальных этапах своего роста и развития. Гербакритический период культуры приходится на фазы появления первого-третьего тройчатых листьев. Для того чтобы соя не испытывала прессинг со стороны сорняков в этот период, наиболее эффективным и безопасным для культуры будет внесение гербицидов в два этапа: до всходов и по вегетирующей культуре, ориентировочно в период двух-трех тройчатых листьев сои. Однако внесение довсходовых гербицидов на практике не всегда возможно, часто из-за погодных условий или нехватки техники, а иногда из-за желания хозяйства сэкономить. В этом случае остается полагаться на применение гербицидов по вегетации.

Решение «Сингенты»

В продуктовой линейке гербицидов для сои компании «Сингента» до

недавнего времени были представлены только довсходовые гербициды ГЕЗАГАРД®, ДУАЛ® Голд и ГАРДО® Голд и один гербицид для контроля двудольных сорняков по вегетации — ВИДБЛОК® Плюс. В сезоне-2021/22 зарегистрированы два новых продукта — ФЛЕКС и ЭВЕНТУС®.

ВИДБЛОК® Плюс, готовый двухкомпонентный гербицид для контроля засорения смешанного типа, хорошо известен и проверен аграриями. Широкий спектр активности препарата обусловлен его действующими веществами — имазетапиром и пропаквизафопом, которые обеспечивают контроль как двудольных, так и злаковых сорняков. Кроме того, благодаря имазетапиру ВИДБЛОК® Плюс обладает выраженной остаточной (почвенной) активностью и способен дать длительную защиту от последующих поколений широкого спектра двудольных сорняков (виды горцев, марь белая, виды щирицы, канатник Теофраста и др.).

ВИДБЛОК® Плюс достаточно селективен по отношению к сое и разрешен для применения начиная с момента всходов до фазы двух тройчатых листьев. Оптимально двудольные сорняки на момент обработки должны быть в фазе развития 2–4 листа, злаковые — 2–3 листа, а многолетние двудольные — в фазе розетки.

Норма расхода ВИДБЛОК® Плюс — 1,2–2,0 л/га, что позволяет сельхозпроизводителям подходить к контролю сорняков достаточно гибко, ориентируясь на видовой состав и стадии роста и развития сорной растительности на конкретном поле. Но эксперты обращают внимание на определенные ограничения для применения ВИДБЛОК® Плюс по размещению последующих культур: в год применения препарата (в случае пересева) рекомендуется высевать пшеницу озимую, на следующий после применения год — кукурузу, яровые и озимые зерновые и через два года можно высевать уже все культуры без ограничений.

Остановит цунами сорняков

Новинка 2021 года, послевсходовый гербицид ФЛЕКС предназначен для контроля широкого спектра двудольных сорняков. Его действующее вещество фомесафен ингибирует у чувствительных растений протопорфириногеноксидазу (PPO-ингибитор), что приводит к нарушению целостности клеточных мембран, разрушению пигментов, а в последующем — к некрозу листьев. Фомесафен поглощается листьями и частично корнями, но большая эффективность в отношении контроля сорняков достигается при фолитарном применении.



Основные преимущества гербицида ФЛЕКС:

- действующее вещество с выраженной контактной активностью практически не вызывает системного угнетения культуры;
- широкий спектр активности против двудольных сорняков, в т. ч. трудноконтролируемых (амброзия полыннолистная, канатник Теофраста, коммелина, акалифа, паслен черный, чистец);
- хорошая совместимость в баковых смесях с гербицидами из групп имидазолинонов и сульфонилмочевин и с другими действующими веществами, применяемыми на сое;
- остаточная почвенная активность, которая позволяет контролировать повторные поколения амброзии полыннолистной и щирицы при наличии влаги в верхнем слое почвы на момент обработки гербицидом.

ФЛЕКС зарегистрирован для применения на сое в фазу 1–3 листьев в норме расхода 1,2–1,8 л/га. При применении гербицида в рамках регламента культура показывает высокий уровень толерантности к препарату вплоть до фазы бутонизации. ФЛЕКС рекомендуется применять против активно вегетирующих сорняков на начальных (2–4 листа) этапах их роста и развития. Поскольку ФЛЕКС — гербицид с выраженной контактной активностью и ограниченно передвигается в растении, для надежного контроля сорняков их листья и пазухи должны быть равномерно покрыты рабочим раствором гербицида. Рекомендуемая норма расхода рабочей жидкости — не менее 200 л/га.

После обработки ФЛЕКС на листьях сои часто можно наблюдать ожоги в виде округлых некротических пятен, которые не влияют на продуктивность культуры. Оптимальная температура применения — от +15 до +25 °С. Также при использовании ФЛЕКС обязательно добавлять в рабочий раствор неионный сурфактант (адыювант), например 90%-ный этоксилат изодецилового спирта. Адыювант применяют в концентрации 0,1 % (100 мл ПАВ на каждые 100 л воды, используемой для приготовления рабочего раствора).

У препарата ФЛЕКС есть ряд ограничений по размещению последующих культур севооборота: сою и бобы можно высевать в любое время; пшеницу, ячмень, рожь — через 4 месяца; кукурузу, горох — через 10 месяцев; люцерну, сорго, сахарную свеклу, подсолнечник и другие культуры — через 18 месяцев после применения гербицида.

Гербицидная новинка 2022 года

Второй заслуживающий внимания севооборотов новый гербицид — ЭВЕНТУС®. Продукт содержит бентазон и кломазон, два незаменимых для успешного возделывания сои активных вещества. Гербицид ЭВЕНТУС® зарегистрирован с широким диапазоном нормы расхода, от 1,5 до 2,5 л/га, и имеет ряд преимуществ по сравнению с другими продуктами, присутствующими на рынке.

Первое: ЭВЕНТУС успешно контролирует основные двудольные сорняки в посевах сои и, что очень важно, марь белую, в т. ч. переросшую, в фазу 6–8 настоящих листьев. Марь — довольно проблемный сорняк посевов сои, распространённый во всех зонах соеосеяния. Марь белая



— мощное растение и серьезный конкурент за жизненно важные факторы: свет, воду, питательные вещества; часто обгоняет сою в росте и развитии. Контроль мари, особенно переросшей, осложняется тем, что ее листья покрыты восковым налетом, который затрудняет качественное нанесение гербицида и замедляет проникновение действующих веществ в растительную ткань. Помимо двудольных сорняков ЭВЕНТУС® успешно контролирует просо куриное и угнетает значимые в посевах сои злаковые сорняки.

Второе преимущество гербицида ЭВЕНТУС® — современная формуляция, микроэмульсия, благодаря которой обеспечивается высокая плотность покрытия сорняков рабочим раствором, уменьшаются непродуктивные потери рабочего раствора гербицида, а рабочий раствор не расслаивается и длительное время остается стабильным.

Следующий важный плюс — отсутствие ограничений по размещению

последующих культур севооборота. С гербицидом ЭВЕНТУС® сельхозпроизводители свободны в выборе последующих культур. Зерновые колосовые, кукуруза, свекла и прочие культуры, возделываемые в хозяйстве, можно высевать, не опасаясь проявления последствий ЭВЕНТУС®.

Необходимо отметить, что ЭВЕНТУС® безопасен для сои, его можно применять начиная с первого тройчатого листа культуры. Концентрация действующих веществ препарата специально подобрана так, чтобы продукт одновременно сочетал высокую эффективность против сорняков и был безопасен для сои.

Также ЭВЕНТУС® хорошо сочетается в баковых смесях с гербицидами-партнерами. Совместное применение ЭВЕНТУС® с гербицидами ФЛЕКС, ВИДБЛОК® Плюс, тифенсульфурон-метилом расширяет спектр активности ЭВЕНТУС® и усиливает действие на проблемные в посевах сои сорняки: щирицу, амброзию, паслен черный, падалицу подсолнечника (классическую, а также устойчивую к сульфонилмочевинам и имидазолинонам), многолетние сорняки.

Регистрация новых гербицидов ФЛЕКС и ЭВЕНТУС® усилила позиции компании «Сингента» в сегменте послевсходовых гербицидов и позволила сформировать полноценный набор продуктов, необходимых при возделывании сои. Наши менеджеры готовы предложить сельхозпроизводителям комплексные технологические решения для максимальной реализации потенциала продуктивности сои в различных регионах России.



MARIBO®

your partner in sugar beet...



НОВИНКА 2022 МОТОР N-ТИП

- ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЙ ГИБРИД
- КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ОТ БОЛЕЗНЕЙ
- ДЛЯ ВСЕХ СРОКОВ УБОРКИ

ГИБРИДЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

www.mariboseed.com/russia

www.hilleshog.com/ru

Тел.: +7 918 637 35 53



КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ В ТЕХНОЛОГИИ

Современный гербицид для гибридов подсолнечника
производственной системы Clearfield® Plus для подавления
двудольных и злаковых сорняков и контроля всех рас заразихи.



 **Листего® Про**

syngenta®

**Агроподдержка
Сингенты**

Получите совет эксперта



syngenta.ru

