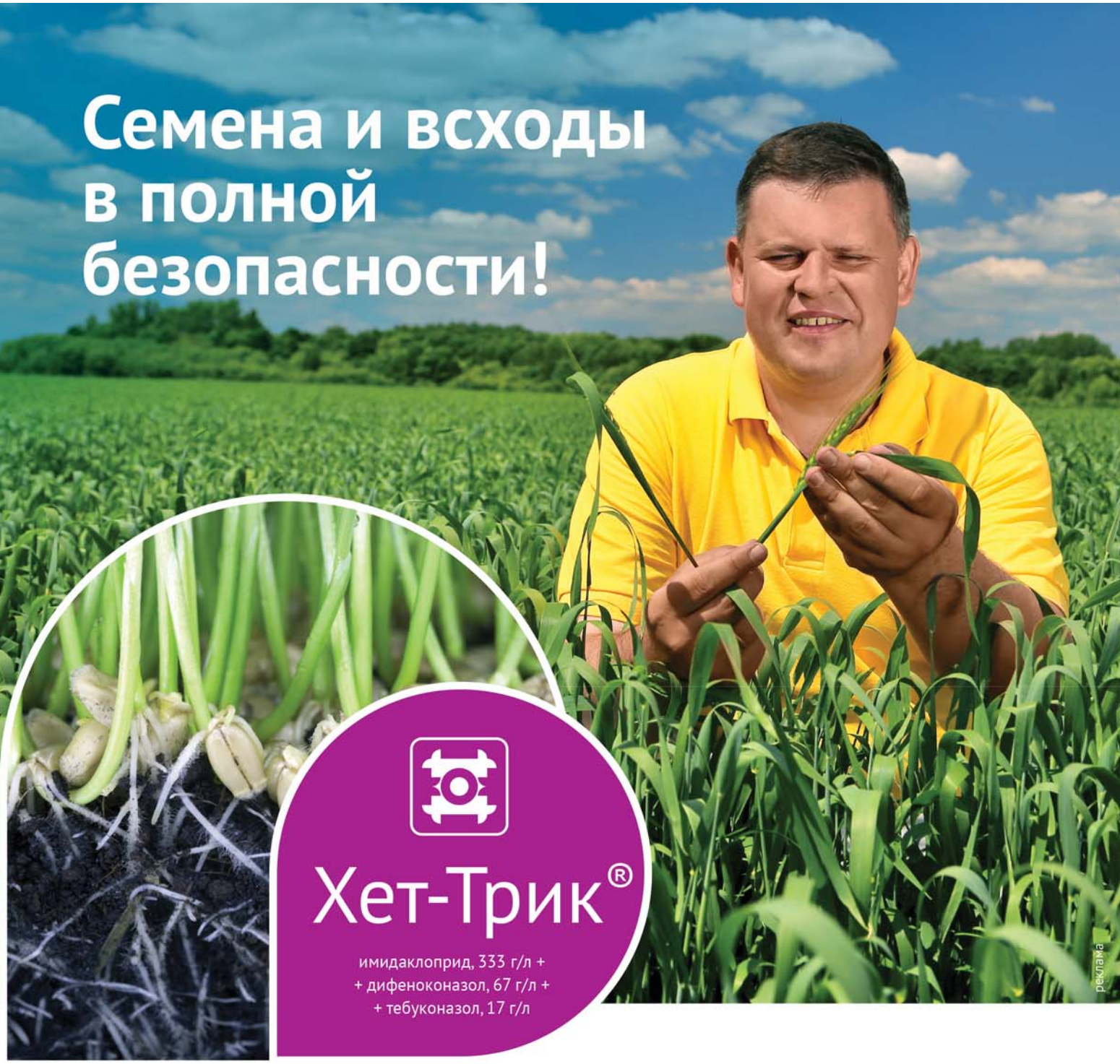
1.2021

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ



С нами расти легче

www.avgust.com

avgust
crop protection

Центр Программ Систем
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ

«AG-DATA INTEGRATOR»

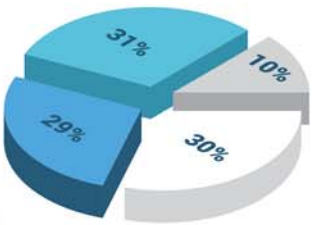
ИНТЕГРАЦИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ БОРТОВЫХ СИСТЕМ JOHN DEERE И ПРОГРАММ 1С

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

- Актуализация контуров полей для работы техники
- Предписания по дифференцированному внесению
- Оперативная информация о проведенных работах
- Карты выполненных работ для контроля качества
- Внешние сервисы (погода, NDVI и др.)
- Аэро- и космоснимки
- Совместный мониторинг техники Jonh Deere и техники других производителей
- План-фактный анализ полевых работ

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В 1С

- Расход семян, удобрений, СЗР
- Расход нефтепродуктов
- Учет убранного урожая
- Учетные и путевые листы



Графические карты работ в разрезе параметров

Операция	Параметры
обработка почвы	• глубина обработки • скорость обработки
посев	• плановая норма • фактическая норма • скорость высева
внесение	• плановая норма • фактическая норма • скорость внесения
уборка урожая	• урожайность • зоны урожайности • влажность культуры • скорость уборки

+7 (4722) 240-426, +7 (499) 348-13-18 доб. 407 www.1cps.ru

1.2021 ЯНВАРЬ

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

А. А. Разина, В. И. Солодун, А. М. Зайцев, О. Г. Дятлова. Корневые гнили и урожайность яровой пшеницы в полевых севооборотах в зависимости от предшественников, приемов обработки почвы и удобрений 3

Е. В. Семинченко. Влияние предшественников и приемов биологизации на продуктивность севооборотов в условиях Нижнего Поволжья 7

С. В. Лукин. Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов (на примере Белгородской области) 11

A. A. Razina, V. I. Solodun, A. M. Zaitsev, O. G. Dyatlova. Root rots and spring wheat yield in field crop rotations depending on forecrop, tillage techniques and fertilizers

E. V. Seminchenko. Influence of forecrops and methods of biologization on the productivity of crop rotations under conditions of the Lower Volga region

S. V. Lukin. Influence of agriculture biologization on soil fertility and productivity of agrocenoses (Belgorod experience)

ПЛОДОРОДИЕ / FERTILITY

А. И. Петелько, А. Т. Барабанов, А. В. Выпова. Весенний сток талых вод на юге Нечерноземья 16

Н. Н. Жаркова, В. В. Сухоцкая, Ю. И. Ермохин. Оценка элементного химического состава лекарственного сырья *Achillea millefolium* L. и *Echinacea purpurea* L. при внесении в почву цинка и меди 19

Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, В. А. Вытовтов, А. Г. Титов. Оценка влияния водорегулирующей лесной полосы на впитывающую способность почвы 23

A. I. Petel'ko, A. T. Barabanov, A. V. Vypova. Spring runoff of meltwater in the south of the Non-Chernozem region

N. N. Zharkova, V. V. Sukhotskaya, Yu. I. Ermokhin. Assessment of the elemental chemical composition of the medicinal raw materials of *Achillea millefolium* L. and *Echinacea purpurea* L. when zinc and copper are applied

Yu. P. Sukhanovskii, A. V. Prushchik, V. A. Vytovtov, A. G. Titov. The effect of a water-regulating forest belt on the soil absorption capacity

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
А. С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Казахстан
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,
телерадиовещения и средств
массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № 77-9212
от 27 июня 2001 г.

Отпечатано в соответствии
с предоставленными
материалами
в ООО «МЕДИАКОЛОР»
105187, г. Москва, ул. Вольная,
д. 28, строение 10
Тел.: +7 (495) 786-77-14

Подписано в печать 18.01.21
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”. 2021.

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

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО — **FIELD CROPS**

А. А. Завалин, А. М. Накаряков. Эффективность применения биопрепаратов в посеве озимой пшеницы на светло-серой лесной почве — 27

A. A. Zavalin, A. M. Nakaryakov. Drugs efficiency in winter wheat crops on light grey forest soil

В. С. Бойко, А. Ю. Тимохин. Возделывание проса в смеси с рапсом на корм в южной лесостепи Западной Сибири — 31

V. S. Boiko, A. Yu.Timokhin. Cultivation of millet mixed with rapeseed for forage in the southern forest-steppe of Western Siberia

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ — **PLANT PROTECTION**

А. М. Шпанев, В. В. Смук. Применение гербицидов на основе спектральных измерений — 37

A. M. Shpanev, V. V. Smuk. Application of herbicides based on spectral measurements

А. А. Слободчиков. Влияние фитосанитарных средств на урожайность новых сортов яровой пшеницы сибирской селекции — 40

A. A. Slobodchikov. Influence of phytosanitary preparations on the yield of new varieties of spring wheat bred in Siberia

Уважаемые читатели!

В 2021 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: 10.24411/0044-3913-2021-10101
УДК 632.4:631.582:631.51.01:631.8

Корневые гнили и урожайность яровой пшеницы в полевых севооборотах в зависимости от предшественников, приемов обработки почвы и удобрений*

А. А. РАЗИНА[1], кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: gnu_iniish_nauka@mail.ru)
В. И. СОЛОДУН[1,2], доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией, профессор
А. М. ЗАЙЦЕВ[1,2], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент
О. Г. ДЯТЛОВА[1], научный сотрудник
[1]Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Дачная, 14, с. Пивовариха, Иркутский р-н, Иркутская обл., 664511, Российская Федерация
[2]Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, ул. Тимирязева, 59, Иркутск, 664007, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки влияния предшественников, приемов обработки почвы и удобрений на распространенность корневых гнилей и урожайность яровой пшеницы. Работу выполняли в 2017–2019 гг. в лесостепной зоне Иркутской области на серой лесной тяжелосуглинистой почве в многофакторном стационарном полевом опыте. Схема опыта предусматривала изучение трех предшественников (фактор А) – пар в трехпольном севообороте с 33 %-ным насыщением пшеницей (пар – пшеница – овес), горохо-овсяная смесь и кукуруза в четырехпольном севообороте с 50 %-ным насыщением пшеницей (горохо-овсяная смесь – пшеница – кукуруза – пшеница); двух приёмов основной обработки почвы (фактор В) – вспашка ПЛН-5-35 на глубину 20…22 см и дискование БДТ-3 на 12…14 см; двух фонов удобренности (фактор С) – без удобрений, $N_{45}P_{45}K_{45}$. Доза удобрений рассчитана на формирование урожайности яровой пшеницы (с учетом содержания элементов питания в почве) по чистому пару 3,5 т/га, по кукурузе – 2,6 т/га, по однолетним травам – 2,2 т/га. Зараженность семян болезнями определяли по ГОСТ 12044-93, учет корневых гнилей проводили в фазе всходов пшеницы. Метеоусловия в годы проведения исследований в первой половине вегетации были благоприятными для корневых гнилей. Оптимальный вариант, обеспечивающий снижение их распространенности в годы исследований – посев пшеницы по кукурузе с обработкой почвы дискованием и внесением $N_{45}P_{45}K_{45}$: сокращение распространенности заболевания в 2018 г. составило 5,1 %, в 2019 г. – 37,3 %. Наибольшую урожайность яровой пшеницы обеспечивало возделывание культуры по пару с отвальной вспашкой и внесением $N_{45}P_{45}K_{45}$, в 2018 г. она составила 2,21 т/га зерна, в 2019 г. – 3,31 т/га.

Ключевые слова: *яровая пшеница (Triticum aestivum L.), корневые гнили (root rot), севообороты, предшественники, приемы обработки почвы, полное минеральное удобрение, урожайность.*

Для цитирования: *Корневые гнили и урожайность яровой пшеницы в полевых севооборотах в зависимости от предшественников, приемов обработки почвы и удобрений / А. А. Разина, В. И. Солодун, А. М. Зайцев и др. // Земледелие. 2021. № 1. С. 3–6. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10101.*

Сельскохозяйственное производство с различными системами обработки и севооборотами воздействует на здоровье почвы и тем самым влияет на устойчивость сельского хозяйства [1]. Один из факторов, определяющих фитосанитарное состояние почвы, и который зависит от приемов обработки почвы и севооборотов, – корневые гнили.

Корневые гнили зерновых распространены везде, где возделываются эти культуры, и наносят вред во все фазы развития растений. Их возбудители относятся к различным видам патогенных микромицетов и имеют многообразие штаммов. Инфекционное начало сохраняется на семенах, растительных остатках в почве [2].

Исследованиями, проведенными в России и за рубежом, отмечена тенденция отрицательного влияния минимизации приемов обработки на фитосанитарное состояние различных типов почв. Выявлено значительное накопление возбудителей корневых гнилей в пахотном слое почвы при мелких плоскорезных, безотвальных и нулевых обработках [3, 4, 5].

О распространенности и развитии корневых гнилей в фазе кущения в научной литературе имеются неоднозначные сведения. Одни авторы утверждают, что величина этих показателей существенно выше на фоне нулевой обработки почвы, в сравнении со вспашкой или глубоким рыхлением [6]. Другие приводят данные о том, что существенного увеличения пораженности растений обыкновенной корневой гнилью на технологии No-Till в сравнении с традиционной технологией не обнаружено [7]. Сравнительная оценка влияния вспашки, глубокого рыхления и мелкой плоскорезной обработки на пораженность растений пшеницы корневыми гнилями показала достоверное снижение индекса развития болезни от вспашки и мелкой плоскорезной обработки к глубокому рыхлению [8].

Подбор культур в севооборотах служит инструментом, который позволяет управлять сообществами почвенных грибов для обеспечения устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных систем [9].

Исследователи отмечают, что с увеличением в севообороте доли зерновых культур накапливается инфекция в почве, возрастает степень их пораженности корневыми гнилями, снижается урожайность [10]. Наименьшее развитие корневых гнилей установлено в севообороте, где зерновые занимают 50 % [11], самая высокая численность конидий фитопатогена – после зернового предшественника, а самая низкая – после пара [12].

Решение проблемы корневых гнилей возможно путем включения в севооборот пара и различных фи-

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (проект 0806-2019-0004).

тосанитарных культур [13, 14, 15], тогда как монокультура приводит к снижению разнообразия почвенных микромицетов и увеличению численности фитопатогенных видов, например, *р. Fusarium, Bipolaris sorokiniana* и др. [16].

Влияние удобрений при разных системах обработки почвы на распространенность корневых гнилей неоднозначно. Имеются сведения о возрастании распространения корневых гнилей как на неудобренном фоне при отвальной и дифференцированной обработках [17], так и на фоне с внесением органических и минеральных удобрений с дискованием почвы на глубину 10...12 см [18].

Внедрение энергосберегающих технологий в земледелие Иркутской области, нарушение принципов чередования культур в севооборотах ограничивают буферную роль агротехнического метода в поддержании численности вредных организмов, в том числе корневых гнилей, на уровне ниже экономических порогов вредоносности. Проведенный анализ 190 партий семян яровой пшеницы, предназначенных к посеву в 2015–2017 гг. из разных районов Иркутской области, не выявил свободных от патогенов корневых гнилей партий. При этом доля партий семян с зараженностью более 5 % грибами *Fusarium sp.* составляла 57,3...79,5 %, *Alternaria sp.* – 59,0...100 %, *Bipolaris sp.* – 83,7...100 %. Распространение этого заболевания пшеницы в фазе всходов в посевах сельхозпредприятий, по данным обследования филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Иркутской области, в 2018 г. составило 91,8 %, в 2019 г. – 95,0 % от обследованной площади (*Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур Иркутской области... Иркутск, 2018 г, 2019 г*). В Иркутской области вопрос комплексного влияния приемов обработки почвы, севооборотов, удобрений на распространенность корневых гнилей яровой пшеницы изучен слабо.

Цель работы – оценить влияние предшественников, приемов обработки почвы и удобрений на распространенность корневых гнилей и урожайность яровой пшеницы.

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в лесостепной зоне Иркутской области на опытном поле ФГБНУ «Иркутский НИИСХ». Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая с содержанием в слое 0...30 см гумуса около 5 %, общего азота – 0,22 %, валового фосфора – 0,23 %, $pH_{сол}$ – 5,5, сумма поглощенных оснований – 21...25 мг-экв./100 г, гидролитическая кислотность – 7,3...8,0 мг-экв./100 г, степень насыщенности основаниями 73...83 %; содержание подвижной P_2O_5 — 100...120 мг/кг, K_2O — 80...100 мг/кг (ГОСТ Р 54650-2011).

Схема трехфакторного стационарного полевого опыта предполагала изучение следующих вариантов:

предшественник (фактор А) – пар в трехпольном севообороте с 33 %-ным насыщением пшеницей (пар – пшеница – овес); горохо-овсяная смесь и кукуруза в четырехпольном севообороте с 50 %-ным насыщением пшеницей (горохо-овсяная смесь – пшеница – кукуруза – пшеница);

прием основной обработки почвы (фактор В) – вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 20...22 см; дискование БДТ-3 на глубину 12...14 см;

удобрение (фактор С) – без удобрений; полное минеральное удобрение $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Площадь опытной делянки 70,0 м^2. Повторность опыта трехкратная. Сорт яровой пшеницы Бурятская остистая. Фунгициды не применяли. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру с содержанием азота 34,4 % и диаммофоску с содержанием NPK (%) в соотношении 10:26:26. Доза удобрений была рассчитана на плановую урожайность яровой пшеницы (с учетом содержания элементов питания в почве) по чистому пару 3,5 т/га, по кукурузе – 2,6 т/га, по однолетним травам – 2,2 т/га.

Срок посева пшеницы – 20 мая, глубина заделки семян – 5...6 см, норма высева – 7 млн шт./га.

Зараженность семян болезнями определяли во влажной камере (ГОСТ 12044-93), распространенность корневых гнилей (Р, %) – в соответствии с рекомендациями Всероссийского НИИ защиты растений (*Методы учета вредных организмов: рекомендации / В. И. Танский, М. М. Левитин, Т. И. Ишкова и др. // Защита и карантин растений. 2002. № 3. С. 51–52*).

Урожайность пшеницы учитывали поделяночно комбайном «Terrion». Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с применением пакета программ Snedecor V5 (*Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН. 2012. 282 с.*).

Метеорологические условия вегетационного периода в 2017 г. существенно отличались от средних многолетних значений. В мае осадков выпало в два раза больше нормы, среднесуточная температура воздуха была на 1,4 °С выше, то есть в этот период сложились благоприятные условия для роста и развития растений. Со второй половины июня установилась жаркая и засушливая погода, растения испытывали острый недостаток влаги, среднесуточная температура воздуха в этом месяце оказалась на 3,8 °С выше нормы, а осадков выпало всего 13,3 мм, что на 49,2 мм меньше нормы.

В 2018 г. условия вегетации в мае и июне были засушливыми и теплыми. Сумма осадков в мае была в 1,9 раза, в июне – в 2,3 раза меньше нормы, а среднесуточные температуры – соответственно на 1,5 °С и 5,1 °С выше средних многолетних значений.

Май 2019 г. был холодным и засушливым – средняя температура воздуха была на 1,7 °С, а количество осадков – в 1,7 раза ниже нормы. В первой и второй декадах июня стояла сухая и жаркая погода. Среднесуточная температура оказалась на 4,2 °С выше, а количество осадков – в 1,8 раза ниже нормы.

В целом метеорологические условия в годы проведения исследований в первой половине вегетации были благоприятными для корневых гнилей яровой пшеницы, установлена сильная положительная связь распространенности болезни с суммой осадков в мае (r=0,76).

Семена, использованные в опыте, в 2017 и 2019 гг. имели высокую общую зараженность (соответственно 100 и 98 %), в 2018 г. – в 1,7 раза меньше. В целом доминировали грибы из родов *Fusarium*, *Alternaria*, меньше – *Bipolaris* (*Helminthosporium* Link). Гельминтоспориозно-фузариозный комплекс семян составлял от 44 до 100 %, что в 2,9...6,7 раза превышало экономический порог вредоносности. Часто на одном семени отмечали присутствие представителей грибов разных родов (табл. 1).

1. Результаты фитопатологического анализа семян пшеницы, использованных в опыте

Год	Доля здоровых проростков, %	Доля больных проростков, %				Общее поражение, %
		Alternaria spp.	*Bipolaris* sorokiniana	*Fusarium* spp.	*Penicillium* spp.	
2017	0	0	6	98	1	100
2018	42	6	15	29	8	58
2019	2	94	9	58	1	98

Фитосанитарное состояние семян влияло на здоровье всходов яровой пшеницы, отмечена близкая к сильной прямая связь между степенью

2. Распространенность (Р) корневых гнилей пшеницы в зависимости от предшественника, приема обработки почвы и удобрений (всходы), %

Предшественник (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Удобрение (фактор С)		
		0	$N_{45}P_{45}K_{45}$	среднее
2018 г.				
Пар	вспашка	42,5	42,1	42,3
	дискование	37,2	43,4	40,3
	среднее	39,9	42,8	41,3
Горохо-овсяная смесь	вспашка	53,2	39,9	46,6
	дискование	64,8	63,9	64,4
	среднее	59,0	51,9	55,5
Кукуруза	вспашка	65,7	61,9	63,8
	дискование	54,3	37,0	45,7
	среднее	60,0	49,5	54,8
Среднее	вспашка	53,8	47,9	50,9
	дискование	52,1	48,1	50,1
	среднее	53,0	48,0	50,5
$НСР_{05}$ для факторов: А=5,6; В=4,6; С=4,6; АВ=7,9; ВС=6,5; АС=7,9; АВС=11,2				
Доля влияния факторов, %: А=21,4; В=0; С=1,8; АВ=57,2; ВС=0; АС=0,5				
2019 г.				
Пар	вспашка	73,0	66,2	69,6
	дискование	42,1	40,8	41,5
	среднее	57,6	53,5	55,6
Горохо-овсяная смесь	вспашка	73,5	72,5	73,0
	дискование	40,8	48,5	44,7
	среднее	57,2	60,5	58,9
Кукуруза	вспашка	34,9	30,8	32,9
	дискование	31,5	28,9	30,2
	среднее	33,2	29,9	31,6
Среднее	вспашка	60,5	56,5	58,5
	дискование	38,1	39,4	38,9
	среднее	49,3	48,0	48,7
$НСР_{05}$ для факторов: А=3,2; В=2,6; С=2,6; АВ=2,5; ВС=3,7; АС=4,5; АВС=6,4				
Доля влияния факторов, %: А=41,1; В=36,0; С=0,1; АВ=20,0; ВС=1,1; АС=1,3				

зараженности семян и распространенностью корневых гнилей пшеницы в полевых условиях (r=0,62).

Закладку севооборотов проводили в 2017 г. на участке, где в предыдущий год выращивали различные сельскохозяйственные культуры, в том числе зерновые. Здесь в фазе всходов уравнительного посева яровой пшеницы распространенность корневых гнилей составляла 52,7 % и была принята за исходное среднее значение, которое в 3,5 раза превосходило экономический порог вредоносности, установленный на начало вегетации (15 %).

В 2018 г. наибольший вклад в варьирование распространенности корневых гнилей вносили предшественники (доля влияния 21,4 %) и их взаимодействие с приемами обработки почвы (доля влияния 57,2 %). Распространенность корневых гнилей была выше в севообороте с 50 %-ным насыщением пшеницей при ее посеве по горохо-овсяной смеси (64,4 %) и кукурузе (54,8), в сравнении с пшеницей после пара (41,3 %), не зависела от приема обработки почвы (50,1...50,9 %) и снижалась с 53,0 % в контроле до 48,0 % на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ (табл. 2).

В 2019 г. наибольший вклад в варьирование распространенности корневых гнилей вносили предшественники (доля влияния 41,1 %), приемы обработки почвы (36,0 %) и взаимодействие этих факторов (20,0 %). Распространенность корневых гнилей достоверно снижалась под кукурузой до 31,6 %, в сравнении с ее размещением после пара (55,6 %) и горохо-овсяной смеси (58,9 %), а также на фоне дискования (38,9 %) в сравнении со вспашкой (58,5 %), но при внесении полного минерального удобрения мало изменялась – 49,3 и 48,0 %.

Урожайность яровой пшеницы в оба года исследований статистически достоверно изменялась в зависимости от изучаемых факторов (табл. 3). Наибольшей в опыте она была при размещении культуры после пара – в среднем 2,00...2,80 т/га, снижаясь до 1,49...1,97 т/га при посеве после горохо-овсяной смеси и 1,28...

3. Урожайность пшеницы в зависимости от предшественника, приема обработки почвы и удобрений, т/га

Предшественник (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Удобрение (фактор С)		
		0	$N_{45}P_{45}K_{45}$	среднее
2018 г.				
Пар	вспашка	1,95	2,21	2,08
	дискование	1,95	1,88	1,92
	среднее	1,95	2,05	2,00
Горохо-овсяная смесь	вспашка	1,40	1,65	1,53
	дискование	1,38	1,50	1,44
	среднее	1,39	1,58	1,49
Кукуруза	вспашка	1,25	1,88	1,57
	дискование	0,91	1,06	0,99
	среднее	1,08	1,47	1,28
Среднее	вспашка	1,53	1,91	1,73
	дискование	1,41	1,48	1,45
	среднее	1,47	1,70	1,59
$НСР_{05}$ для факторов: А=0,12; В=0,10; С=0,10; АВ=0,16; ВС=0,13; АС=0,16; АВС=0,23				
2019 г.				
Пар	вспашка	3,28	3,31	3,30
	дискование	2,27	2,32	2,30
	среднее	2,78	3,32	2,80
Горохо-овсяная смесь	вспашка	1,87	2,27	2,07
	дискование	1,68	2,05	1,87
	среднее	1,78	2,16	1,97
Кукуруза	вспашка	2,47	2,61	2,54
	дискование	2,43	2,66	2,55
	среднее	2,45	2,64	2,55
Среднее	вспашка	2,54	2,73	2,64
	дискование	2,13	2,34	2,24
	среднее	2,34	2,54	2,44
$НСР_{05}$ для факторов: С=0,10; В=0,10; ВС=0,15; А=0,13; АС=0,18; АВ=0,18; АВС=0,25				

2,55 т/га после кукурузы при преимуществе в 2018 г. горохо-осяной смеси, а в 2019 г. – кукурузы.

На фоне вспашки урожайность пшеницы в 2018 и 2019 гг. была достоверно выше, чем на фоне дискования — соответственно 1,73...2,64 и 1,45...2,24 т/га, а на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ – выше, чем без удобрений (1,70...2,54 и 1,47...2,34 т/га).

Таким образом, в лесостепной зоне Иркутской области применение минеральных удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$) способствовало ограничению распространенности корневых гнилей на 1,3...5,0 % и повышению урожайности яровой пшеницы на 0,20...0,23 т/га (8,5...15,6 %) по отношению к неудобренному фону. Замена отвальной вспашки дискованием приводила к снижению урожайности пшеницы на 0,28...0,40 т/га (15,2...16,2 %), но ограничивала распространение корневых гнилей.

В трехпольном севообороте с 33 %-ным насыщением пшеницей (пар – пшеница – овес) после пара складывается благоприятная фитосанитарная обстановка по корневым гнилям (распространение 41,3...55,6 %) и формируется более высокая урожайность зерна пшеницы (2,00...2,80 т/га), в сравнении с севооборотом с 50 %-ным насыщением культурой (горохо-овсяная смесь – пшеница – кукуруза – пшеница) и размещением ее после горохо-овсяной смеси или кукурузы (соответственно 31,6...58,9 % и 1,28...2,50 т/га).

Литература.

1. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agroecosystems / K. A. Congreves, A. Hayes, E. A. Verhallen, et al. // Soil & Tillage Research. 2015. Vol. 152. P. 17–28. doi: 10.1016/j.still.2015.03.012.

2. Желтова К. В., Долженко В. И. Корневые гнили озимой пшеницы и их вредоносность // Вестник аграрной науки. 2017. № 1. С. 45–51.

3. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А., Майсямова Д. Р. Системы основной обработки и формирование ассоциаций микроорганизмов в темно-серой лесной почве // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 10. С. 16–18.

4. Васильева Н. В. Синещеков В. Е. Причины усиления распространения корневых гнилей всходов яровой пшеницы в лесостепи Приобья // Вестник НГАУ. 2016. Т. 4. № 4. С. 13–18.

5. Long-term no-tillage and different residue amounts alter soil microbial community composition and increase the risk of maize root rot in northeast China / H. Wang, X. Li, X. Li, et al. // Soil & Tillage Research. 2020. Vol. 196. 104452. doi: 10.1016/j.still.2019.104452.

6. Белошапкина О. О., Акимов Т. А. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов обработки дерново-подзолистой почвы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 47–60.

7. Фитосанитарное состояние посевов пшеницы в зависимости от технологии возделывания / Н. Г. Власенко, О. В. Кулагин, М. Т. Егорычева и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 15–16. doi: 10.26898/0370-8799-2019-4-1.

8. Влияние сорта и технологии возделывания на формирование фитосанитарной ситуации в посевах яровой пшеницы в лесостепи Приобья / Н. Г. Власенко, О. В. Кулагин, М. Т. Егорычева и др. // Вестник защиты растений. 2018. № 2. С. 21–28.

9. Increasing the frequency of crop rotations reduces soil fungal diversity and increases the proportion of fungal pathotrophs in a semiarid agroecosystem / L. D. Bainard, A. Navarro-Borrell, C. Hamel, et al. // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2017. Vol. 240. P. 206–214. doi: 10.1016/j.agee.2017.02.020.

10. Management of common root rot and Fusarium foot of wheat using Brassika carinata break crop green manure / V. Campanella, C. Mandalà, V. Angileri, et al. // Crop Protection. 2020. Vol. 130. 105073. doi: 10.1016/j.cropro.2019.105073.

11. Замятин С. А., Апаева Н. Н. Биологическая активность, токсичность почвы и поражение зерновых культур корневыми гнилями в различных севооборотах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. Т. 43. № 6. С. 37-44.doi 10.30766/2072-9081.2014.43.6.37–44.

12. Торопова Е. Ю., Селюк М. П., Юшкевич Л. В. Влияние агротехнологий на здоровье почвы и растений в лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 2. С. 44–45.

13. Максимов В. А., Замятин С. А., Апаева Н. Н. Поражение зерновых культур корневыми гнилями в различных севооборотах // Вестник защиты растений. 2011. № 2. С. 53–56.

14. Агротехнологии и развитие корневой гнили на яровой пшенице в лесостепи Омской области / А. В. Ломановский, И. А. Корчагина, Л. В. Юшкевич и др. // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. Т. 24. № 4. С. 26–33.

15. Schillinger W. F., Paulitz T. C. Canola versus wheat rotation effects on subsequent wheat yield // Field Crops Research. 2018. Vol. 223. P. 26–32. doi: 10.1016/j.fcr.2018.04.002.

16. Fusarium-suppressive effects of green manure of turnip rape / L. Zou, A. Tuulos, A. Mikkonen, et al. // European Journal of Soil Biology. 2015. Vol. 69. P. 41–45. doi: 10.1016/j.ejsobi.2015.05.002.

17. Тимофеев В. Н., Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы в условиях Северного Зауралья // Земледелие. 2016. № 2. С. 18–22.

18. Разина А. А., Дятлова О. Г. Влияние способа основной обработки почвы в различных вариантах пара на распространенность и развитие корневой гнили в посевах яровой пшеницы // Земледелие. 2017. № 6. С. 40–43.

Root rots and spring wheat yield in field crop rotations depending on forecrop, tillage techniques and fertilizers

A. A. Razina[1], V. I. Solodun[1,2], A. M. Zaitsev[1,2], O. G. Dyatlova[1]

[1]Irkutsk Agricultural Research Institute, ul. Dachnaja, 14, s. Pivovariha, Irkutskij r-n, Irkutskaja obl., 664511, Russian Federation

[2]Ezhevsky Irkutsk State Agrarian University, ul. Timiryazeva, 59, Irkutsk, 664007, Russian Federation

Abstract. *The research assessed the influence of forecrops, tillage methods and fertilizers on root rot propagation and yielding capacity of spring wheat. The research was conducted in 2017–2019 in a forest-steppe zone of the Irkutsk region in grey forest heavy loamy soil in a multifactorial stationary field experiment. We examined three factors: a forecrop (factor A), tillage method (factor B), and fertilizer application (factor C). The forecrops were fallow in a three-field crop rotation with 33% wheat saturation (fallow, wheat, oats), pea-oats mixture and corn in a four-field rotation with 50% wheat saturation (pea-oats mixture, wheat, corn, wheat). Tillage methods were ploughing by PLN-5-35 at the depth of 20–22 cm and disking by BDT-3 at 12–14 cm depth. Factor C included two treatments: without fertilizers and N45P45K45. The rate of fertilizers was calculated for the yield of spring wheat (taking into account the content of nutritional elements in the soil). The planned yield depended on the forecrop: 3.5 t/ha after bare fallow, 2.6 t/ha after corn, 2.2 t/ha after annual grasses. Seed infestation with diseases was determined according to GOST 12044-93, root rot was registered in the phase of wheat seedlings. Meteorological conditions during the first half of the vegetation period were favourable for root rots. The optimal variant for reducing root rot propagation was is sowing wheat after corn with tillage by disking and applying N45P45K45. The reduction of the disease distribution was 5.1 % and 37.3 %, respectively, in 2018 and 2019. The highest yield of spring wheat was provided by cultivation after fallow with moldboard ploughing and application of N45P45K45, in 2018 it amounted to 2.21 t/ha of grain, in 2019 – 3.31 t/ha.*

Keyword: *spring wheat (Triticum aestivum L.); root rot; crop rotation; forecrop; soil tillage techniques; full mineral fertilizer; productivity.*

Author Details: *A. A. Razina, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: gnu_iniish_nauka@mail.ru); V. I. Solodun, D. Sc. (Agr.), head of laboratory, prof.; A. M. Zaitsev, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow, assoc. Prof.; O. G. Dyatlova, research fellow.*

For citation: *Razina AA, Solodun VI, Zaitsev AM, et al. [Root rots and spring wheat yield in field crop rotations depending on forecrop, tillage techniques and fertilizers]. Zemledelie. 2021;(1):3-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10101.*

doi:10.24411/0044-3913-2021-10102
УДК 631.452:631.147(470.44/47)

Влияние предшественников и приемов биологизации на продуктивность севооборотов в условиях Нижнего Поволжья

Е. В. СЕМИНЧЕНКО, научный сотрудник (e-mail: eseminchenko@mail.ru)
Нижне-Волжский научно исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального научного центра агроэкологии РАН, ул Центральная, 11, пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции, Городищенский р-н, Волгоградская обл., 403013, Российская Федерация

Исследования проводили с целью определения лучших предшественников озимой пшеницы, ярового ячменя и нута, а также оценки эффективности биологизированных приемов, повышающих плодородие почв в органическом земледелии Нижнего Поволжья. Работа выполнена в 2017–2019 гг. Почва опытного участка – светло-каштановая, тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое 1,74 %. Запас продуктивной влаги в слое почвы 0…0,3 м в посевах озимой пшеницы варьировал в зависимости от погодных условий и приемов биологизации от 4,1 до 29,5 мм, нута – от 28,1 до 32,7 мм, ярового ячменя – от 28,0 до 35,3 мм. Положительный баланс органического вещества наблюдали во всех вариантах опыта, кроме контрольного. Самая высокая величина этого показателя (+4,05 т/га) отмечена у озимой пшеницы по фацелии на сидерат в семипольном биологизированном севообороте. Немного ниже она была при выращивании этой же культуры по доннику на сидерат в пятипольном севообороте (+3,5 т/га), а самой низкой – после нута (0,56…0,59 т/га в зависимости от предшественника). В среднем за три года самый высокий сбор зерна озимой пшеницы отмечен по предшественнику чистый пар (контроль). Его замена сидеральными парами приводила к снижению (в большинстве случае достоверному) урожайности культуры. По мере удаления от парового поля влияние чистого пара на запасы влаги снижалось, в результате наибольшую урожайность нута и ярового ячменя отмечали в пятипольном сидеральном биологизированном зернопаровом севообороте. Она была выше, чем в контроле, соответственно на 0,38 и 0,45 т/га. Выявлена достоверная корреляционная связь между факторами урожайность – осадки (R = +0,88…+0,95); урожайность – температура (R = +0,883…+0,94); урожайность – содержание азота (R = +0,373…+0,754); урожайность – содержание фосфора (R=+0,360…+0,834); урожайность – содержание калия (R=+0,516…+0,981).

Ключевые слова: *органическое вещество, урожайность, предшественники, приемы биологизации, плодородие почвы.*

Для цитирования: *Семинченко Е. В. Влияние приемов биологизации на продуктивность севооборотов в условиях Нижнего Поволжья // Земледелие. 2021. № 1. С. 7–10. doi:10.24411/0044-3913-2021-10102.*

Повышение плодородия почв и продуктивности пашни, благодаря освоению научно обоснованных систем земледелия – одна из основных задач современного сельскохозяйственного производства [1, 2]. Важнейшее звено этой системы – севооборот, так как он оказывает влияние на все процессы, происходящие в почве, а также на взаимоотношение растений и окружающей среды [3].

В виду недостаточной эффективности используемых систем земледелия, дороговизны минеральных и органических удобрений, а также неудовлетворительного фитосанитарного состояния почв, существует необходимость поиска альтернативных систем развития растениеводства [4, 5]. Например, расширение площади плодосменных севооборотов, которые повышают суммарный выход продукции с производственных площадей и служат значительным подспорьем в развитии животноводства благодаря введению в структуру многолетних трав и других высокоэнергетических культур [6, 7]. В сухостепной зоне каштановых и подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья на поступление в почву органического вещества и урожайность зерновых культур во многом зависит от предшественников и приемов биологизации [8, 9].

Цель исследований – установить влияние предшественников и приемов биологизации на продуктивность озимой пшеницы, ярового ячменя и нута в условиях Нижнего Поволжья.

Работу проводили в 2017–2019 гг. на опытном поле Нижневолжского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Почва опытного участка светло-каштановая, тяжелосуглинистая. Содержание гумуса – 1,2…2,0 % (по Тюрину), реакция среды слабощелочная – pH = 7…8 (ГОСТ 26483-85). Содержание легкогидролизуемого азота 3,2…3,9 мг (ГОСТ 26951-86), подвижного фосфора и калия (ГОСТ 26207-91) – 2,1…3,0 мг и 30…40 мг/100 г почвы соответственно. Экспериментальный участок расположен на слабоволнистой равнине. Климат резко континентальный. Сумма среднесуточных положительных температур воздуха – 3400…3500 ºС, среднегодовое количество осадков – 300…350 мм. Максимальная температура составляет +43 ºС, минимальная – -35 ºС.

Метеорологические условия в годы исследований складывались по-разному. Наиболее благоприятным для озимой пшеницы был 2016–2017 сельскохозяйственный год (табл.1), когда за период вегетации выпало 206,8 мм осадков, ГТК был равен 0,9. В 2017–2018 и 2018–2019 гг. отмечали засушливые условия – ГТК в оба года находился на уровне 0,5, сумма осадков – 183,3 и 182,4 мм соответственно. Для ярового ячменя влажным был 2016–2017 г., когда за период вегетации выпало 115,9 мм осадков, засушливым 2017–2018 г. – 87,8 мм осадков. Для нута благоприятным был 2018–2019 г. (147,4 мм осадков), засушливым 2016–2017 сельскохозяйственный год (112,2 мм).

Исследования проводили по общепринятым методикам на примере трех моделей полевых биологизированных и одного зернопарового четырехпольного (контроль) севооборотов (табл. 2). Посев осуществляли в оптимальные для зоны исследований сроки. Норма высева озимой пшеницы сорта Камышанка 5 составляла 3 млн всхожих семян/га, нута Приво 1 –

1. Метеорологические условия за годы исследований

Показатель			Сельскохозяйственный год		
			2016–2017	2017–2018	2018–2019
Средняя температура за период вегетации, ⁰С	озимые	сентябрь–октябрь	11,4	13,8	15,8
		апрель–июль	18,5	21,1	20,5
	ранние яровые		18,5	21,9	20,5
	поздние яровые		21,9	23,4	22,7
Осадки за год, мм			374,9	393,0	387,3
Осадки за период вегетации, мм	озимые	сентябрь–октябрь	71,6	64,8	36,5
		апрель–июль	135,2	118,5	145,9
	всего за период вегетации озимых		206,8	183,3	182,4
	ранние яровые		115,9	87,8	113,8
	поздние яровые		112,2	119,1	147,4
ГТК за вегетацию полевых культур	озимые		0,9	0,5	0,5
	ранние яровые		0,6	0,4	0,5
	поздние яровые		0,3	0,3	0,4

2. Модели полевых биологизированных севооборотов

Севооборот	Чередование культур	Структура посевных площадей
Зернопаровой четырехпольный (контроль)	пар чистый – пшеница озимая – нут – ячмень яровой	пар черный – 25 % зерновые – 50 % зернобобовые – 25 %
Зернопаровой сидеральный биологизированный пятипольный	пар занятый (донник на сидерат) – пшеница озимая – нут – ячмень яровой – горчица + донник двулетний	пар занятый – 20 % зерновые – 40 % зернобобовые – 20 % масличные – 20 %
Зернопаротравяной сидеральный биологизированный семипольный	пар занятый (овес на сидерат) – пшеница озимая – горчица – нут – сафлор – ячмень яровой – эспарцет	пар занятый – 14,3 % зерновые – 28,5 % зернобобовые – 14,3 % бобовые травы – 14,3 % масличные – 28,6 %
Зернопаротравянопропашной биологизированный семипольный	пар занятый (фацелия на сидерат) – пшеница озимая – пшеница яровая – нут – сорго – ячмень яровой – люцерна	пар занятый – 14,3 % зерновые – 42,8 % пропашные – 14,3 % зернобобовые – 14,3 % бобовые травы – 14,3 %

500 тыс./га, ячменя Медикум 139 – 3,8 млн/га, сорго на зерно Камышинское 64 – 300 тыс./га, сафлора Александрит – 300 тыс./га, яровой пшеницы Камышинская 3 – 3,5 млн/га, горчицы Флагман Сарепты – 1,5 млн/га, овса Астор – 3,5 млн/га, донника желтого Колдыбанский – 6 млн/га, эспарцета Песчаный 1251 – 6 млн/га, люцерны Вега 87 – 5 млн/га, фацелии Рязанская – 4 млн/га.

3. Запас продуктивной влаги почвы в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественников и приемов биологизации (среднее за 2017–2019 гг.)

Предшественник	Слой почвы	Посев	Уход в зиму	Весеннее отрастание	Уборка
Пар чистый	0...0,3 м	5,6	30,8	27,5	4
	0...1,0 м	38,5	94,5	81,7	17,4
Пар сидеральный:					
донник	0...0,3 м	5,6	21,7	29,6	5,5
	0...1,0 м	29,6	84,3	75,5	18,2
овес	0...0,3 м	5,5	27,8	21,3	5,3
	0...1,0 м	33,7	89,5	80,8	17,9
фацелия	0...0,3 м	4,1	24,9	22,7	6
	0...1,0 м	29,6	85,3	79,9	17,4
$НСР_{05}$	0...0,3 м	0,26	1,31	1,26	0,26
	0...1,0 м	1,64	4,42	3,97	0,88

Предшественниками озимой пшеницы в зависимости от вида севооборота были: черный (контроль) и сидеральный (донник, овес и фацелия) пар. Яровой ячмень высевали после нута на зерно (контроль), нута, сафлора, сорго. Предшественники нута – озимая пшеница (контроль), озимая пшеница, горчица, яровая пшеница.

Технологии возделывания озимой пшеницы, ярового ячменя и нута были общепринятыми для зоны проведения исследований. В контрольном четырехпольном севообороте солому и листостебельную массу полевых культур убирали с поля, в почву поступали только пожнивно-корневые остатки. В пяти и семипольных севооборотах высевали донник, овес и фацелию на зеленое удобрение, солому и листостебельную массу заделывали в почву. Глубокая основная обработка почвы включала чизелевание на 30...32 см с оборотом поверхностного пласта глубиной 20...22 см орудием ОЧО-5-40 и многофункциональными рабочими органами модульного типа «РАНЧО» (отвал и широкое долото). В первой декаде июня зеленую массу сидеральных культур заделывали БДТ-3,8 на глубину 10...12 см.

Статистическую обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа (многофакторного опыта) по Б. А. Доспехову на ПК в программе «Exel». По результатам статистических исследований были построены эмпирические модели урожайности зерновых культур по наиболее значимым факторам (осадки вегетационного периода, мм; температура вегетационного периода,°С; содержание азот, фосфора и калия, засоренность).

На основании коэффициента множественной корреляции для аппроксимации всего массива данных использовали уравнение множественной регрессии:

$$Y=a+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_4X_4+$$
$$+b_5X_5+b_6X_6,$$

где X_1 – осадки вегетационного периода, мм; X_2 – температура вегетационного периода, °С; X_3 – азот; X_4 – фосфор; X_5 – калий; X_6 – сорняки, шт.

При посеве озимой пшеницы по чистому пару в слое почвы 0...0,3 м запас продуктивной влаги был равен 5,6 мм, в метровом слое – 30,8 мм. По занятым сидеральным парам величины этих показателей варьировали соответственно от 4,1 до 8,5 мм и от 29,6 до 33,7 мм (табл. 3). К уходу растений в зиму запасы влаги пополнялись благодаря сентябрьским и октябрьским осадкам. В зависимости от севооборота их величина в слое почвы 0...0,3 м достигала 21,7...30,8 мм, в метровом – 84,3...94,5мм. Наибольшие величины этого показателя при весеннем отрастании озимой пшеницы в слое 0...0,3 м отмечали в вариантах с предшественником чистый и занятый (донник на сидерат) пар – 27,5 и 29,6 мм соответственно. В слое 0...1,0 м самые высокие запасы влаги в почве под озимой пшеницей наблюдали при ее размещении в четырехпольном севообороте по чистому пару – 81,7 мм и в семипольном по занятому пару с овсом на сидерат – 80,8 мм. К уборке величина этого показателя во всех почвенных слоях снижалась до минимума.

В период посева ярового ячменя (табл. 4) в пахотном слое почвы 0...0,3 м запасы продуктивной влаги колебались от 28,0 мм по предшественнику нут в четырехпольном севообороте до 35,3 мм по сорго зерновому в зерно-

4. Запас продуктивной влаги почвы в посевах ярового ячменя в зависимости от предшественников и приемов биологизации (среднее за 2017–2019 гг.)

Предшественник	Слой почвы	Посев	Уборка
Нут	0...0,3 м	28,0	9,8
	0...1,0 м	74,2	26,0
Нут	0...0,3 м	28,7	10,3
	0...1,0 м	76,4	26,2
Сафлор	0...0,3 м	31,4	10,3
	0...1,0 м	78,2	27,7
Сорго зерновое	0...0,3 м	35,3	10,7
	0...1,0 м	81,9	27,7
$НСР_{05}$	0...0,3 м	1,54	0,51
	0...1,0 м	3,9	1,34

5. Запас продуктивной влаги почвы в посевах нута в зависимости от предшественников и приемов биологизации (среднее за 2017–2019 гг.)

Предшественник	Слой почвы	Посев	Уборка
Озимая пшеница	0...0,3 м	28,1	8,7
	0...1,0 м	59,2	25,3
Озимая пшеница	0...0,3 м	28,2	10,2
	0...1,0 м	56,8	23,2
Горчица	0...0,3 м	32,7	9,1
	0...1,0 м	60,9	25,1
Яровая пшеница	0...0,3 м	32,5	9,4
	0...1,0 м	59,3	24,9
$НСР_{05}$	0...0,3 м	1,51	0,46
	0...1,0 м	2,95	1,23

паротравянопропашном семипольном севообороте. Такая же закономерность прослеживается и в метровом слое почвы.

6. Баланс органического вещества в биологизированных севооборотах (среднее за 2017–2019 гг.), т/га

Культура	Предшественник	Баланс
Озимая пшеница	пар чистый	-1,11
	пар занятой (донник)	+3,50
	пар занятой (овес)	+2,93
	пар занятой (фацелия)	+4,05
	$НСР_{05}$	+0,14
Нут	озимая пшеница	-0,26
	озимая пшеница	+0,59
	горчица	+0,56
	яровая пшеница	+0,59
	$НСР_{05}$	+0,02
Яровой ячмень	нут	-0,86
	нут	+1,30
	сафлор	+1,27
	сорго	+1,65
	$НСР_{05}$	0,06

Запасы продуктивной влаги к посеву нута (табл. 5) были выше, чем при посеве ярового ячменя, из-за выпавших осадков. Их величина в пахотном слое почвы 0...0,3 м варьировала от 28,1 мм, в четырехпольном севообороте по предшественнику озимая пшеница, до 32,7 мм по предшественнику горчица в зернопаротравяном семипольном севообороте. В метровом слое почвы запасы влаги в зависимости от предшественника составляли 56,8...60,9 мм. Благодаря июльским осадкам к уборке нута величина этого показателя в слое почвы 0...30 см находилась на уровне 8,7...9,2 мм, в метровом – 23,2...25,3 мм.

В результате полевых исследований установлено, что благодаря запашке зеленой массы сидеральных культур, в почву дополнительно поступают легкоусвояемые элементы питания, которые обеспечивают формирование положительного баланса органического вещества (табл. 6). Наибольшим он был в варианте с озимой пшеницей по предшественнику пар занятой (фацелия) в зернопаротравянопропашном сидеральном семипольном севообороте – 4,05 т/га, немного ниже по предшественнику пар занятой (донник) в пятипольном зернопаровом сидеральном севообороте – 3,5 т/га. Средние величины баланса органического вещества отмечены в варианте с яровым ячменем, когда его предшественниками были нут, сафлор и сорго в плодосменных севооборотах. Наименьшее превышение поступления органического вещества над его минерализацией отмечали после нута. В четырехпольном севообороте (контроль) баланс органического вещества был отрицательным, поскольку с поля вывозили всю продукцию агроценозов, кроме корневых остатков.

В среднем за три года в сложившихся метеоусловиях самый высокий сбор зерна озимой пшеницы отмечен по предшественнику чистый пар (контроль). Его замена сидеральными парами приводила к снижению (в большинстве случае достоверному) урожайности культуры. Наименьшую величину этого показателя отмечали в варианте с фацелией на сидерат, она был ниже, чем в контроле, на 1,0 т/га (табл. 7), что, вероятно, обусловлено лучшей влагообеспеченностью растений после чистого пара. По мере удаления от парового поля влияние чистого пара на запасы

7. Урожайность культур в биологизированных севооборотах, т/га

Севооборот	Предшественник	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средняя
	Озимая пшеница				
Зернопаровой четырехпольный (контроль)	пар черный	3,05	4,95	1,71	3,23
Зернопаровой сидеральный биологизированный пятипольный	пар сидеральный (донник)	3,01	4,34	1,64	2,99
Зернопаротравяной сидеральный биологизированный семипольный	пар сидеральный (овес)	2,73	3,91	1,59	2,74
Зернопаротравянопропашной биологизированный семипольный	пар сидеральный (фацелия)	2,63	3,05	1,03	2,23
$НСР_{05}$		0,13	0,18	0,05	–
	Яровой ячмень				
Зернопаровой четырехпольный (контроль)	нут	3,4	2,14	0,67	2,07
Зернопаровой сидеральный биологизированный пятипольный	нут	3,95	2,67	0,96	2,52
Зернопаротравяной сидеральный биологизированный семипольный	сафлор	3,63	2,49	0,73	2,28
Зернопаротравянопропашной биологизированный семипольный	сорго	3,54	2,22	0,77	2,17
$НСР_{05}$		0,11	0,14	0,04	–
	Нут				
Зернопаровой четырехпольный (контроль)	озимая пшеница	3,15	0,76	0,98	1,63
Зернопаровой сидеральный биологизированный пятипольный	озимая пшеница	3,96	0,95	1,13	2,01
Зернопаротравяной сидеральный биологизированный семипольный	горчица	3,67	1,20	1,07	1,98
Зернопаротравянопропашной биологизированный семипольный	яровая пшеница	3,39	0,86	1,05	1,76
$НСР_{05}$		0,10	0,12	0,06	–

8. Эмпирические модели севооборотов в зависимости от факторов

Севооборот	Уравнение множественной регрессии	R^{2***}
Зернопаровой четырехпольный (контроль)	$У= 0,40X_1{}^* - 0,40\ X_2{}^{**}$	0,95
Зернопаровой сидеральный биологизированный пятипольный	$У= 0,26X_1 - 0,34\ X_2$	0,88
Зернопаротравяной сидеральный биологизированный семипольный	$У= 0,29X_1 - 0,32\ X_2$	0,91
Зернопаротравянопропашной биологизированный семипольный	$У= 0,28X_1 - 0,33\ X_2$	0,92

*$*X_1$ – осадки вегетационного периода, мм; $**X_2$ – температура вегетационного периода, C^0, *** – коэффициент детерминации.*

влаги снижалось, в результате чего наибольшую урожайность нута и ярового ячменя отмечали в пятипольном сидеральном биологизированном зернопаровом севообороте. Она была выше, чем в контроле, соответственно на 0,38 и 0,45 т/га, а по сравнению с другими вариантами с плодосменными севооборотами – на 0,03...0,25 и 0,24...0,35 т/га с меньшими различиями с зернопаротравяным сидеральным биологизированным семипольным севооборотом для обеих культур.

Согласно результатам анализа эмпирических моделей урожайности зерновых культур по наиболее значимым факторам установлено, что на сбор зерна по различным предшественникам влияли температура воздуха и количество осадков в наиболее критические периоды развития (табл. 8). Предшественники оказывали незначительное влияние на силу связи между метеоусловиями и продуктивностью зерновых культур. Прямого достоверного их воздействия на урожайность изучаемых культур не установлено.

В среднем за 3 года коэффициенты парной корреляции по всем предшественникам имели средние значения. Выявлена достоверная корреляционная связь в следующих парах: урожайность – осадки (R=+ 0,88...+0,95); урожайность – температура (R=+ 0,883... 0,94); урожайность – содержание азота (R=+0,373...+0,754); урожайность – содержание фосфора (R=+0,36...+0,834); урожайность – содержание калия (R=+ 0,516...+0,981); урожайность – засоренность (R=+0,24...+0,431). На тесноту и величину этих связей по годам оказывали влияние температура и осадки вегетационного периода растений.

Таким образом, в зависимости от погодных условий и приемов биологизации запас продуктивной влаги в слое почвы 0...0,3 м в в засушливых условиях Нижнего Поволжья в посевах озимой пшеницы варьирует в интервале 4,1...29,5 мм, нута – 28,1...32,7 мм, ярового ячменя – 28,0...35,3 мм.

Во всех вариантах опыта, кроме контрольного, отмечен положительный баланс органического вещества. Самым высоким (+4,05 т/га) он был в варианте с посевом озимой пшеницы по сидерату фацелия в семипольном биологизированном севообороте. Однако в этом варианте отмечена наименьшая урожайность озимой пшеницы – 2,23 т/га.

Выявлена достоверная корреляционная связь по факторам урожайность–осадки (R= +0,88...+0,95); урожайность–температура (R= 0,883... 0,94); урожайность–содержание азота (R=+0,373...+0,754); урожайность–содержание фосфора (R=+0,36... +0,834); урожайность–содержание калия (R=+ 0,516...0,981).

Литература.

1. Перекрестов Н. В. Природные ландшафты Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2008. №4. С. 54–57.

2. Болдырь Д. А., Селиванова В. Ю. Основная обработка почвы и эффективность использования атмосферных осадков яровыми культурами в Нижнем Поволжье // Научно-агрономический журнал. 2017. Т.1. № 1–1. С. 22–24.

3. Karimzadeh H., Bahador M., Dehkordi A.G. Temperature effect on yield of winter and spring irrigated crops // Agricultural and Forest Meteorology. 2019. Vol. 279. No. 8. P. 37–48. doi: 10.1016/j.agrformet.2019.107664.

4. Кузьминых А. Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы // Земледелие. 2011. № 4. С. 41.

5. Тойгильдин А. Л. Научно-практическое обоснование биологизации земледелия и воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Поволжья: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Усть-Кинельский: Самарская гос. с.–х. акад-я, 2018. 41 с.

6. Ivanauskaite J., Stankunavicius G., Bukantis A. Yield modeling for prediction of regional whole-crop barley productivity // Grassland Science. 2019. Vol. 65. No. 3. Pp. 179–188.

7. Арефьев А. Н., Кузина Е. Е., Кузин Е. Н. Приемы повышения плодородия черноземных и лугово-черноземных почв лесостепного Поволжья: монография. Пенза: Изд-во Пензенского ГАУ, 2017. 483 с.

8. Постников П. А., Попова В. В. Продуктивность сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 2. С. 5–11.

9. Crop Yield Response to Climate Variables on Dryland versus Irrigated Lands / J.R. Unterschultz, T.S. Veeman, B. Stewart, et al. // Canadian Journal of Agricultural Economics. 2018. Vol. 66. No. 2. Pp. 283–303. doi: 10.1111/j.1744-7976.2009.01157.

Influence of forecrops and methods of biologization on the productivity of crop rotations under conditions of the Lower Volga region

E.V. Seminchenko
Lower Volga Research Institute of Agriculture, branch of Federal Scientific Center of Agroecology, Russian Academy of Sciences

Abstract. *The research aimed to determine the best forecrops for winter wheat, spring barley and chickpea, as well as to assess the effectiveness of biologic methods that increase soil fertility in organic farming in the Lower Volga region. The work was carried out in 2017–2019. The soil of the experimental plot was light chestnut, heavy loamy, with a humus content in the arable layer of 1.74%. The reserve of productive moisture in the soil layer of 0–0.3 m in winter wheat crops varied depending on weather conditions and biologization methods from 4.1 to 29.5 mm, in chickpea crops – from 28.1 to 32.7 mm, in spring barley field – from 28.0 to 35.3 mm. A positive balance of organic matter was in all treatments of the experiment, except for the control one. The highest value of this indicator (+4.05 t/ha) was observed in the winter wheat crops, sown after phacelia for green manure in a seven-field biologized crop rotation. It was slightly lower when the same crop was grown after melilot for green manure in a five-field crop rotation (+3.5 t/ha). The lowest balance of organic matter was after chickpea (0.56–0.59 t/ha, depending on the forecrop). On average, over three years, the highest yield of winter wheat grain was noted in the case of bare fallow as a forecrop (control). Its replacement with green manure fallows led to a decrease in the crop yield. In most cases, the decrease was significant. Over the years, the effect of bare fallow on moisture reserves decreased, as a result, the highest yield of chickpea and spring barley was noted in the five-field green manure biologized grain-fallow crop rotation. It was higher than in the control, by 0.38 and 0.45 t/ha, respectively. It was revealed a reliable correlation between the following factors: yield and precipitation amount (R was from 0.88 to 0.95); yield and temperature (R was from 0.883 to 0.940); yield and nitrogen content (R was from 0.373 to 0.754); yield and phosphorus content (R was from 0.360 to 0.834); yield was potassium content (R was from 0.516 to 0.981).*

Keywords: *organic matter; productivity; forecrops; methods of biologization; soil fertility.*

Author Details: *E. V. Seminchenko, research fellow (e-mail: eseminchenko@mail.ru).*

For citation: *E. V. Seminchenko [Influence of forecrops and methods of biologization on the productivity of crop rotations under conditions of the Lower Volga region]. Zemledelije. 2021;(1):7-10. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10102.*

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10103
УДК 631.452

Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов (на примере Белгородской области)

С. В. ЛУКИН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор[1], директор[2] (e-mail: serg.lukin2010@yandex.ru)
[1]Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, Белгород, 308015, Российская Федерация
[2]Центр агрохимической службы «Белгородский», ул. Щорса, 8, Белгород, 308027, Российская Федерация

В работе обобщен и проанализирован обширный материал, характеризующий итоги реализации программы биологизации земледелия в Белгородской области. Преобладающие пахотные почвы в лесостепной зоне региона – чернозёмы типичные (44,8 % от общей площади пашни в области) и выщелоченные (25,7 %), в степной – чернозёмы обыкновенные (13,0 %). Общая посевная площадь в среднем за 2008–2010 гг. составляла 1337,7 тыс. га в год, в 2011–2013 гг. – 1390 тыс. га, 2014–2016 гг. – 1433,9 тыс. га, 2017–2019 гг. – 1423,8 тыс. га в год. За период с 2008 по 2019 гг. существенно повысилось плодородие и продуктивность почв. В среднем за 2017–2019 гг. внесение минеральных удобрений стабилизировалось на уровне 107,2 кг. д.в./га, органических – увеличилось до 9,25 т/га, площадь известкования кислых почв составила 65,7 тыс. га в год. Площадь посева сидератов возросла до 290,3 тыс. га в год, а чистых паров сократилась до 66,5 тыс. га в год. Доля бобовых культур в структуре посевных площадей достигла 26,4 %, а накопление симбиотически связанного азота увеличилось в среднем до 23,7 кг/га. По состоянию на 01.01.2020 в пахотных почвах области отмечено максимальное за всю историю наблюдений средневзвешенное содержание органического вещества – 5,89 %, подвижных форм фосфора и калия – 144 и 171 мг/кг. Доля кислых почв снизилась на 11,3 % до 32,7 %. Существенно выросла урожайность основных сельскохозяйственных культур, в результате чего средняя продуктивность агроценозов достигла максимального значения – 4,94 тыс. корм. ед. с 1 га посевной площади.

***Ключевые слова**: агроценоз, биологический азот, известкование, пестициды, сидераты, удобрения, эрозия почв.*

***Для цитирования:** 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.*

Биологизация – перспективное направление земледелия государств разного уровня развития. В странах с интенсивным земледелием использование приемов биологизации позволяет снизить риски возникновения экологических проблем. При экстенсивном земледелии биологизация позволяет без существенных материальных затрат стабилизировать плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Однако, несмотря на то, что отдельные приемы биологизации земледелия давно и хорошо изучены, опыта их системного освоения в масштабах крупного высокоразвитого аграрного региона России долгие годы не было [1]. Впервые это направление начало успешно реализовываться под руководством члена-корреспондента РАН Е. С. Савченко в рамках адаптивно-ландшафных систем земледелия в Белгородской области [4, 5, 6]. Программа биологизации предусматривает:

известкование кислых почв;

умеренное и адресное внесение минеральных удобрений и пестицидов;

увеличение накопления биологического азота путем расширения посевов бобовых культур, прежде всего сои и многолетних трав (на эродированных почвах);

обязательные пожнивные посевы;

залужение промоин и водотоков на склонах;

проведение лесомелиоративных мероприятий на эродированных почвах;

распространение минимальных, а в перспективе – «нулевых» обработок почвы [4].

Цель исследований – проанализировать влияние биологизации земледелия на основные параметры плодородия почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность агроценозов в Белгородской области.

Преобладающие пахотные почвы в лесостепной зоне Белгородской области – чернозёмы типичные (44,8 % от общей площади пашни в области) и выщелоченные (25,7 %), в степной – чернозёмы обыкновенные (13,0 %) [7]. Среднемноголетняя величина гидротермического коэффициента (ГТК) варьирует в пределах от 0,9 на юго-востоке до 1,2 на западе области. Общая посевная площадь в среднем за 2008–2010 гг. составляла 1337,7 тыс. га в год, в 2011–2013 гг. – 1390 тыс. га, 2014–2016 гг. – 1433,9 тыс. га, 2017–2019 гг. – 1423,8 тыс. га в год (*http: // www.fedstat.ru/indicators/stat.do*).

При проведении сплошного агрохимического обследования определяли следующие показатели: содержание органического вещества (по методу Тюрина), подвижных соединений фосфора и калия (по методу Чирикова), подвижных форм серы, извлекаемых раствором хлористого калия, подвижных форм марганца, меди, цинка, кобальта, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 ед. Величину гидролитической кислотности (Нг) и pH_{KCl} определяли по общепринятым в агрохимической службе методикам. При расчете размеров накопления симбиотического азота использовали справочные данные о его среднем содержании в продукции бобовых культур для Черноземной зоны Центрального федерального округа (*Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: инструктивно-методическое издание / А. Л. Иванов и др. М.: «Росинформагротех», 2010. 426 с.*).

Долгосрочная целевая программа, направленная на биологизацию земледелия, была утверждена постановлением Правительства Белгородской области №324-пп от 29 августа 2011 г. В последующие годы ее неоднократно корректировали и дополняли. В частности, 4 февраля 2014 г. было принято постановление Губернатора Белгородской области №9 «Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв». Этим нормативным актом устанавлено обязательное наличие у землепользователей области проекта адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв, в котором с учетом почвенно-климатических условий разработан конкретный план внедрения комплекса приемов биологизации в рамках освоения рекомендуемой системы земледелия. Для разработки таких проектов в ФГБУ «ЦАС «Белгородский» был создан

1. Динамика применения удобрений в Центрально-Чернозёмных областях и России*

Регион	Годы			
	2008–2010	2011–2013	2014–2016	2017–2019
Внесено минеральных удобрений, кг д.в./га посевной площади				
Белгородская область	104,9	95,9	94,2	107,2
Воронежская область	69,6	64,1	71,4	89,3
Курская область	100,0	97,0	119,0	156,2
Липецкая область	95,8	104,3	112,6	134,5
Тамбовская область	56,0	67,4	81,8	99,9
Российская Федерация	36,6	38,2	43,7	57,4
Внесено органических удобрений, т/га посевной площади				
Белгородская область	1,83	4,40	7,69	9,25
Воронежская область	1,87	2,2	2,82	3,34
Курская область	0,35	0,31	0,46	0,57
Липецкая область	2,80	2,43	2,38	2,15
Тамбовская область	0,22	0,23	0,29	0,22
Российская Федерация	1,01	1,09	1,35	1,54

**http: // www.fedstat.ru/indicators/stat.do*

отдел геоинформационных систем и проектирования агроландшафтов, а для контроля за их реализацией в Департаменте агропромышленного комплекса и воспроизводства окружающей среды организовали отделы биологизации земледелия и охраны почв. По состоянию на сентябрь 2020 г. проекты адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв разработаны и осваиваются на площади 1305 тыс. га.

Важный фактор регулирования биологического круговорота веществ, управления плодородием почв и продуктивностью агроценозов – использование удобрений [5, 8]. Принцип разработки системы удобрения в условиях биологизации земледелия основан на максимально полном использовании ресурсов органических удобрений, при этом минеральные удобрения необходимо обязательно применять, если с органическими в почву не поступает достаточное количество элементов питания для формирования планируемой урожайности сельскохозяйственных культур. При использовании минеральных удобрений, особенно если их ресурсы ограничены, основной упор делается на достижение их максимальной окупаемости урожаем, поэтому в первую очередь применяют наиболее эффективные способы внесения – при посеве и в подкормку.

За период с 2008–2010 гг. по 2017–2019 гг. средний уровень внесения минеральных удобрений в Белгородской области практически не изменился. В то же время в Воронежской области он увеличился в 1,3 раза, в Курской – в 1,6, в Липецкой – в 1,4, в Тамбовской – в 1,8, в целом по РФ – в 1,6 раза. В 2017–2019 гг. в Белгородской области в среднем вносили 107,2 кг д.в./га минеральных удобрений, что в 1,9 раза выше, чем в РФ, но в 1,5 раза ниже, чем в Курской и в 1,3 раза ниже, чем в Липецкой областях (табл. 1). В структуре применяемых минеральных удобрений доля азота составляла 66,5 %, фосфора – 18,3, калия – 15,8 %.

Белгородская область – лидер по уровню развития животноводства в России. В 2019 г. в этом субъекте Федерации было произведено на убой 896,6 тыс. т (в живом весе) свинины, что составляет 17,8 % от величины этого показателя в целом по стране и 816,1 тыс. т птицы, или 12,2 % (*http: // www.fedstat.ru/indicators/stat.do*). Поэтому область располагает значительными ресурсами органических удобрений, эффективное и экологически безопасное использование которых можно отнести к одному из основных направлений биологизации земледелия [9]. В 2017–2019 гг. среднегодовой уровень внесения органических удобрений достиг исторического максимума за весь период наблюдений – 9,25 т/га посевной площади, что в 5,1 раза выше, чем в 2008–2010 гг. По величине этого показателя Белгородская область в 6 раз превосходит среднероссийский уровень и существенно опережает другие субъекты Федерации в Центральном Черноземье. Как свидетельствуют результаты длительных полевых опытов, для формирования бездефицитного баланса гумуса на черноземах в зернопропашных севооборотах достаточно вносить органических удобрений 6...8 т/га севооборотной площади [7]. Кроме того, на сегодняшний день органические удобрения – основной источник поступления в агроценозы фосфора, калия и микроэлементов [10].

Важное направление биологизации земледелия – это использование зеленого удобрения (сидератов), в качестве которых в области возделывают в основном горчицу белую и в меньшей степени – редьку масличную. Затраты на производство и использование сидератов в 3...4 раза ниже, чем на применение подстилочного навоза. В основном используют пожнивные сидераты, которые в сочетании с минеральными удобрениями и соломой позволяют не только защитить почву от эрозии, сформировать положительный баланс гумуса, но и устранить отрицательные последствия зерновой специализации севооборотов, усилив их фитосанитарную и экологическую функции [11, 12]. В 2008–2010 гг. сидеральные культуры в Белгородской области практически не высевали, а в 2017–2019 гг. площадь их посева достигла 290,3 тыс. га/год (см. рисунок). Одновременно, площадь под чистыми парами, в которых происходит интенсивная минерализация гумуса [13], сократилась с 158,4 до 66,5 тыс. га/год.

Одно из направлений биологизации – увеличение доли бобовых культур в структуре посевных площадей, что позитивно отражается на накоплении органического вещества почвы и биологического азота [14, 15, 16]. Доля бобовых культур в общей посевной площади в Белгородской

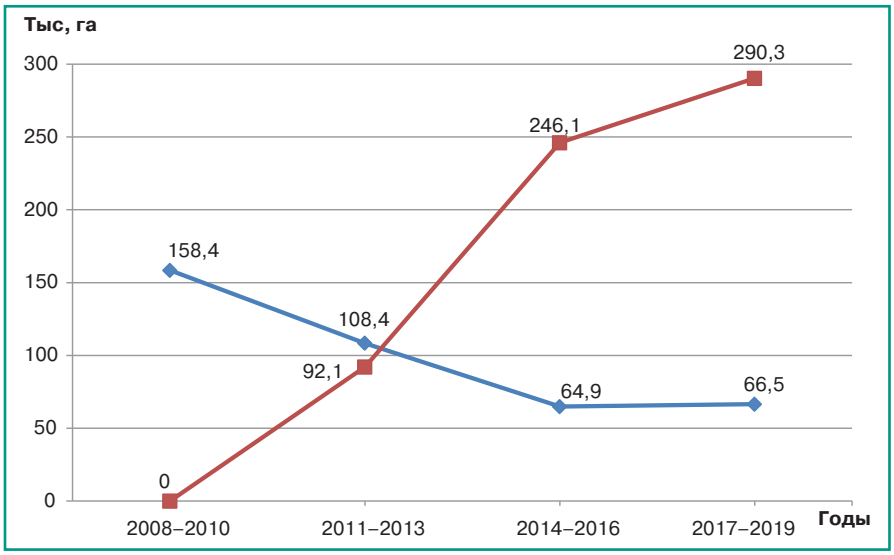


***Рисунок**. Динамика площадей чистого пара и посевов сидеральных культур в Белгородской области, тыс. га: — площадь чистых паров; — площадь сидератов.*

2. Динамика посевной площади под бобовыми культурами в Центрально-Чернозёмных областях и России (все категории хозяйств), тыс. га (% от общей посевной площади)

Регион	Годы			
	2008–2010	2011–2013	2014–2016	2017–2019
Многолетние травы				
Белгородская область	90,7 (6,78)	79,7 (5,73)	92,9 (6,48)	94,3 (6,62)
Воронежская область	93,2 (3,94)	100,7 (4,04)	112,7 (4,43)	106,0 (4,07)
Курская область	42,4 (3,18)	37,9 (2,58)	35,3 (2,24)	27,1 (1,67)
Липецкая область	59,9 (5,07)	45,5 (3,68)	34,4 (2,64)	30,8 (2,31)
Тамбовская область	38,6 (2,69)	32,7 (2,14)	31,6 (1,88)	25,9 (1,47)
Российская Федерация	11329 (14,8)	10286 (13,4)	9989 (12,7)	9623 (12,1)
Однолетние травы				
Белгородская область	49,6 (3,71)	45,5 (3,27)	32,6 (2,28)	25,9 (1,82)
Воронежская область	93,8 (3,97)	109,1 (4,38)	108,8 (4,28)	88,7 (3,40)
Курская область	57,1 (4,29)	45,3 (3,08)	34,4 (2,18)	22,9 (1,40)
Липецкая область	48,1 (4,07)	32,5 (2,63)	26,4 (2,03)	18,5 (1,39)
Тамбовская область	25,5 (1,78)	17,9 (1,17)	15,8 (0,94)	13,6 (0,77)
Российская Федерация	4497 (5,89)	4743 (6,19)	4431 (5,64)	3933 (4,93)
Зернобобовые				
Белгородская область	40,8 (3,05)	47,8 (3,44)	18,4 (1,29)	19,2 (1,35)
Воронежская область	39,0 (1,65)	76,5 (3,07)	44,2 (1,74)	44,2 (1,70)
Курская область	19,6 (1,47)	28,5 (1,94)	29,6 (1,87)	22,2 (1,36)
Липецкая область	18,2 (1,54)	24,8 (2,01)	18,3 (1,40)	21,2 (1,59)
Тамбовская область	20,6 (1,44)	58,9 (3,85)	60,9 (3,63)	57,9 (3,30)
Российская Федерация	1130 (1,48)	1791 (2,34)	1645 (2,09)	2380 (2,98)
Соя				
Белгородская область	44,7 (3,34)	100,1 (7,20)	187,2 (13,06)	237,1 (16,65)
Воронежская область	13,1 (0,55)	24,6 (0,99)	68,6 (2,70)	115,2 (4,42)
Курская область	16,2 (1,22)	42,3 (2,88)	119,3 (7,55)	225,9 (13,87)
Липецкая область	5,1 (0,43)	21,6 (1,75)	44,5 (3,42)	76,8 (5,76)
Тамбовская область	2,4 (0,17)	8,7 (0,57)	44,4 (2,65)	112,3 (6,40)
Российская Федерация	945 (1,24)	1419 (1,85)	2127 (2,71)	2888 (3,62)
Вся посевная площадь под бобовыми культурами				
Белгородская область	226 (16,9)	273 (19,6)	331 (23,1)	377 (26,4)
Воронежская область	239 (10,1)	311 (12,5)	334 (13,2)	354 (13,6)
Курская область	135 (10,2)	154 (10,5)	219 (13,8)	298 (18,3)
Липецкая область	131 (11,1)	124 (10,1)	124 (9,5)	147 (11,1)
Тамбовская область	87 (6,1)	118 (7,7)	153 (9,1)	210 (11,9)
Российская Федерация	17900 (23,4)	18238 (23,8)	18191 (23,1)	18823 (23,6)

области в 2017–2019 гг. увеличилась, по сравнению с 2008–2010 гг., на 9,5 % (до 26,4 %), в Воронежской – на 3,5 % (до 13,6 %), в Курской – на 8,1 % (до 18,3 %), в Тамбовской – на 5,8 % (до 11,9 %). В Липецкой области доля бобовых культур в указанные годы находилась на уровне 11,1 %, а в целом по России величина этого показателя возросла на 0,2 %. Общий тренд для Центрально-Черноземных областей и России в целом – значительное увеличение в структуре посевных площадей доли сои. Это вызвано, с одной стороны, реализацией политики импортозамещения, с другой – высокой рентабельностью культуры. Например, в Белгородской области в 2017–2019 гг. она составила 40,7 % при средней урожайности 2,15 т/га. В то же время во всех регионах отмечено снижение доли однолетних трав, а в Курской, Липецкой, Тамбовской областях и в целом по РФ – доли многолетних трав. Доля зернобобовых культур в Белгородской области уменьшилась, в Воронежской, Курской и Липецкой областях существенно не изменилась, а в Тамбовской области и в целом по РФ увеличилась (табл. 2).

3. Динамика накопления симбиотически связанного азота в Белгородской области

Наименование	2008–2010 гг.		2011–2013 гг.		2014–2016 гг.		2017–2019 гг.	
	тыс. т	от общего количества, %	тыс. т	от общего количества, %	тыс. т	от общего количества, %	тыс. т	от общего количества, %
Многолетние травы	7,19	50,0	6,88	33,6	8,45	30,1	8,05	23,8
Однолетние травы	2,29	15,9	2,48	12,1	1,90	6,8	1,56	4,6
Зернобобовые	3,08	21,4	3,12	15,3	1,54	5,5	1,71	5,1
Соя	1,82	12,7	7,97	39,0	16,15	57,6	22,47	66,5
В сумме	14,38	100	20,45	100	28,04	100	33,79	100

Расчеты свидетельствуют, что в Белгородской области за 2017–2019 гг. общие ежегодные размеры накопления биологического азота за счет симбиотической азотфиксации бобовыми культурами составили 33,79 тыс. т, что в 2,3 раза больше, чем в 2008–2010 гг. (14,38 тыс. т). В пересчете на 1 га посевной площади величина симбиотически связанного азота составляла соответственно 23,7 кг и 10,8 кг. За исследуемый период сильно изменилась структура накопления азота разными бобовыми культурами. Если в 2008–2010 гг. доля многолетних трав в общем накоплении азота составляла 50 %, а сои – 12,7 %, то в 2017–2019 гг. величины этих показателей были равны 23,8 % и 66,5 % соответственно (табл. 3). Такие изменения стали следствием того, что площадь посевов сои возросла в 5,3 раза, а урожайность – в 2,2 раза. В 2017–2019 гг. количество накопленного симбиотически фиксированного азота было эквивалентно внесению 98,23 тыс. т аммиачной селитры стоимостью 1444 млн руб. (в ценах октября 2020 г. – 14,7 тыс. руб./т).

Важный фактор почвенного плодородия – кислотность почвы. На кислых почвах существенно снижается урожайность основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Белгородской области (сахарной свеклы, озимой пшеницы, кукурузы, сои, люцерны), и эффективность удобрений, ухудшается микробиологическая активность почв, уменьшаются размеры симбиотической азотфиксации, увеличивается подвижность тяжелых металлов [17, 18, 19]. В лесостепной зоне Белгородской области в процессе длительного сельскохозяйственного использования наблюдается устойчивый тренд к подкислению почвы. Поэтому в рамках биологизации земледелия большое внимание уделяли известкованию. В 2008–2010 гг. его проводили на площади всего 4,4 тыс. га в год, но уже к 2014–2016 гг. величина этого показателя выросла в 17,9 раза до 78,8 тыс. га. В 2017–2019 гг. химическую мелиорацию проводили в среднем на 65,7 тыс. га в год, что обусловлено общим сокращением почв, нуждающихся в известковании. Несмотря на это, площадь, на которой осуществляли химическую мелиора-

4. Динамика известкования кислых почв в Центрально-Чернозёмных областях и России*

Регион	Годы			
	2008–2010	2011–2013	2014–2016	2017–2019
Белгородская область	4,4	31,9	78,8	65,7
Воронежская область	14,4	9,1	4,2	12,1
Курская область	7,2	8,8	9,0	11,9
Липецкая область	9,2	14,2	17,1	23,8
Тамбовская область	6,4	10,4	11,0	10,2
Российская Федерация	247,5	243,9	238,2	278,4

** http: // www.fedstat.ru/indicators/stat.do*

5. Динамика применения средств защиты растений в Белгородской области

Показатель			Годы			
			2008–2010	2011–2013	2014–2016	2017–2019
Обработано, тыс. га	всего		1994,4	2888,5	2989,2	3124
	в том числе	химическими СЗР	1958,6	2853,8	2926,0	3069,0
		биологическими СЗР	35,8	34,7	63,2	54,7
Применено пестицидов, т			1753	2501	2817	2864

цию в Белгородской области, была выше, чем в остальном Центральном Черноземье, и составляла 23,6 % от уровня РФ (табл. 4).

Главная экологическая проблема земледелия Белгородской области – водная эрозия. Доля эродированных почв в структуре пашни по районам изменяется в пределах 23,0...66,0 % и в среднем составляет 47,9 %, тогда как в целом в Центральном Черноземье – 20,1 % [7]. Поэтому в проектах адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв для конкретных землепользователей особое внимание уделяется разработке комплекса мероприятий по защите почв от эрозии, включающего рекомендации по дифференцированному размещению севооборотов в зависимости от степени эродированности почв, залужению крупных водотоков, размещению водорегулирующих, прибалочных и приовражных лесополос, залужению или облесению сильносмытых почв, а также целесообразности использования различных агротехнических приемов, направленных на сокращение смыва.

В 2017–2019 гг. лесомелиоративные мероприятия проводили в среднем на площади 6,9 тыс. га/год. Подавляющее большинство землепользователей отказались от вспашки, заменив ее безотвальной и минимальной обработкой почвы. В последние годы в звене севооборота соя – озимая пшеница успешно используют прямой посев. Некоторые хозяйства (ООО «Мясные фермы – Искра», ОАО «Самаринское») полностью перешли на систему No-till, которая позволяет значительно уменьшить энергетические затраты и тем самым снизить себестоимость растениеводческой продукции, обеспечить защиту почвы от развития эрозионных процессов.

Важный, но далекий от решения, вопрос биологизации земледелия – минимизация применения химических средств защиты растений (СЗР) [1]. По данным филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Белгородской области, в 2008–2010 гг. их использовали на площади 1994 тыс. га в однократном исчислении, в 2017–2019 гг. – 3069 тыс. га (табл. 5), что во многом связано с широким применением в Белгородской области минимальной обработки почвы. За эти же годы биологические СЗР использовали всего на 35,8 тыс. га (1,8 % обработанной площади) и 54,7 тыс. га (1,8 %) соответственно. В среднем за 2017–2019 гг. это в основном были альбит (19,6 тыс. га), приманки (16,7 тыс. га), трихограмма (10,0 тыс. га), ризоплан (5,5 тыс. га), стернифаг (2,4 тыс. га).

6. Динамика агрохимического состояния пахотных почв Белгородской области

Средневзвешенная величина показателя			01.01.2011	01.01.2020	Изменение, ±
pH_{KCl}			5,80	5,89	0,09
Нг, ммоль/100 г почвы			3,06	2,77	-0,29
Доля кислых почв, % от обследованной площади	всего		44,0	32,7	-11,3
	в том числе	среднекислых	12,6	4,2	-8,4
		сильнокислых	0,3	0,01	-0,29
Содержание органического вещества, %			5,10	5,21	0,11
Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг			117	144	27
Содержание подвижных форм калия, мг/кг			132	171	39
Содержание подвижных форм серы, мг/кг			2,69	3,50	0,81
Содержание подвижных форм марганца, мг/кг			9,36	11,57	2,21
Содержание подвижных форм цинка, мг/кг			0,52	0,52	0
Содержание подвижных форм меди, мг/кг			0,097	0,11	0,013

Для снижения пестицидной нагрузки Правительством Белгородской области разработана «дорожная карта», предусматривающая реализацию следующих основных мер: совершенствование системы фитосанитарного мониторинга сельскохозяйственных угодий, разработка регламентов интегрированной системы защиты растений с комплексным применением биологических СЗР и адьювантов, широкое внедрение «умных» опрыскивателей с автоматическими системами регулирования доз внесения СЗР.

Благодаря достигнутым уровням применения минеральных и органических (включая сидераты) удобрений, накопления биологического азота, известкования, реализации противоэрозионных мероприятий в области значительно улучшились основные показатели плодородия и повысилась продуктивность почв. За последние девять лет (2010–2019 гг.) средневзвешенное содержание органического вещества в пахотных почвах увеличилось на 0,11 %, подвижных форм фосфора – на 27 мг/кг, калия – на 39 мг/кг, серы – на 0,81 мг/кг, марганца – на 2,21 мг/кг. Доля кислых почв снизилась на 11,3 %, в том числе среднекислых – на 8,4 %. Содержание подвижных форм цинка было стабильным, а меди немного увеличилось (табл. 6).

Важнейший критерий плодородия почв – урожайность культур и продуктивность агроценозов в целом. Оценивая динамику урожайности основных сельскохозяйственных культур за исследуемый период, следует констатировать, что в Центрально-Черноземных областях и в целом по России наблюдается ее устойчивое увеличение. Однако в ЦЧО, и в частно-

7. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур (все категории хозяйств), т/га убранной площади*

Регион	Годы			
	2008–2010	2011–2013	2014–2016	2017–2019
Зерновые и зернобобовые культуры				
Белгородская область	2,91	3,49	4,40	4,76
Воронежская область	2,50	2,56	3,23	3,58
Курская область	2,82	3,21	3,99	4,96
Липецкая область	3,16	2,88	3,38	4,14
Тамбовская область	2,40	2,50	3,21	3,54
Российская Федерация	2,16	2,09	2,47	2,71
Соя				
Белгородская область	0,99	1,86	1,94	2,15
Воронежская область	0,71	1,36	1,39	1,68
Курская область	1,0	1,65	1,82	2,11
Липецкая область	0,95	1,46	1,42	1,62
Тамбовская область	0,67	1,51	1,52	1,70
Российская Федерация	1,14	1,38	1,44	1,59
Подсолнечник				
Белгородская область	1,62	2,29	2,55	2,86
Воронежская область	1,44	2,13	2,34	2,60
Курская область	1,36	2,12	2,27	2,67
Липецкая область	1,55	2,15	2,07	2,42
Тамбовская область	1,18	1,81	1,88	2,19
Российская Федерация	1,11	1,40	1,51	1,73

** http: // www.fedstat.ru/indicators/stat.do*

сти в Белгородской области, урожайность растет более высокими темпами, чем в целом по РФ. Например, за период с 2008–2010 гг. по 2017–2019 гг. средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур увеличилась на 1,85 т/га, сои – на 1,16 т/га, подсолнечника – на 1,24 т/га, в РФ – на 0,55, 0,45, 0,62 т/га. В 2017–2019 гг. Белгородская область по урожайности сои и подсолнечника занимала первое место, зерновых и зернобобовых культур – уступала в ЦЧО только Курской области (табл. 7).

Одновременно за исследуемый период в Белгородской области существенно выросла продуктивность агроценозов, если в 2008–2010 гг. она составляла 3,23 тыс. корм. ед. с 1 га посевной площади, то в 2011–2013 гг. – 4,12 тыс. корм. ед., в 2014–2016 гг. – 4,83 тыс. корм. ед., а в 2017–2019 гг. достиг максимума – 4,94 тыс. корм. ед./га.

Таким образом, за время реализации программы биологизации земледелия в Белгородской области существенно возросло плодородие и продуктивность почв. В среднем за 2017–2019 гг. внесение минеральных удобрений стабилизировалось на уровне 107,2 кг. д.в./га, органических – увеличилось до 9,25 т/га, площадь известкования кислых почв составила 65,7 тыс. га в год. Площадь посевов сидератов возросла до 290,3 тыс. га в год, чистых паров – сократилась до 66,5 тыс. га в год. Доля бобовых культур в структуре посевных площадей достигла 26,4 %, а накопление симбиотически связанного азота увеличилось в среднем до 23,7 кг/га. По состоянию на 01.01.2020 в пахотных почвах области отмечены максимальные за всю историю наблюдений средневзвешенное содержание органического вещества – 5,89 %, подвижных форм фосфора и калия – 144 и 171 мг/кг соответственно. Доля кислых почв снизилась до 32,7 %. В результате существенного роста урожайности основных сельскохозяйственных культур средняя продуктивность агроценозов в области достигла максимального значения – 4,94 тыс. корм. ед. с 1 га посевной площади.

Литература.

1. Ерофеев С. А. Биологизация земледелия – основа эколого-ландшафтного земледелия // Евразийский Союз Ученых. 2018. № 8 (53). С. 8–11.

2. Галеев Р. Ф., Шашкова О. Н. Оценка действия приёмов биологизации и химизации на продуктивность кормового севооборота в лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 22–25.

3. Ахметзянов М. Р. Влияние факторов биологизации на урожайность озимой ржи в условиях Предкамья Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 2 (44). С. 9–13.

4. Савченко Е. С. Выступление губернатора Белгородской области, члена-корреспондента РАН Е. С. Савченко // Вестник Российской академии наук. 2019. Том 89. №5. С. 525–526.

5. Кирюшин В. И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 5–10.

6. Кирюшин В. И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. СПб: Квадро, 2018. 567 с.

7. Соловиченко В. Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород: Отчий дом, 2005. 292 с.

8. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139.

9. Использование местных удобрений, почвенного гриба Trichoderma koningii Oudem. и No-till обработки для улучшения агрочернозема в Южном Предуралье / И. М. Габбасова, Р. Р. Сулейманов, Т. Т. Гарипов и др. // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 5. С. 1004–1012.

10. Жуйков Д. В. Сера и микроэлементы в агроценозах (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 32–42. doi: 10.24411/0235-2451-2020-11105.

11. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации и биологизации земледелия // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1 (55). С. 10–14.

12. Влияние химического состава растений зеленого удобрения на гумусообразование в дерново-подзолистой почве / Л. Трипольская, Д. Романовская, А. Шлепетене и др. // Почвоведение. 2014. № 4. С. 480.

13. Семёнов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 223 с.

14. Постников П.А. Сохранение плодородия почвы через биологизацию земледелия // АПК России. 2017. Том 24. № 5. С. 1128–1133.

15. Дедов А. А., Несмеянова М. А., Дедов А.В. Влияние приемов биологизации земледелия и способов обработки почвы на содержание органического вещества в черноземе типичном и продуктивность севооборотов // Агрохимия. 2017. №9. С. 25–32.

16. Ван Мансвельт Я. Д., Темирбекова С. К. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 478–486.

17. Лукин С. В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземных областей России // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1367–1376.

18. Карманенко Н. М. Сортовая реакция зерновых культур на низкие температуры, условия закисления и ионы алюминия // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 5. С. 66–77.

19. Чекмарев П. А., Купреев Е. М., Ермаков А. А. К проблеме кислотности почв Нечерноземной зоны Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 7. С. 14–19.

Influence of agriculture biologization on soil fertility and productivity of agrocenoses (Belgorod experience)

S. V. Lukin
Belgorod State National Research University, ul. Pobedy, 85, Belgorod, 308015, Russian Federation
Center of Agrochemical Service "Belgorodsky", ul. Shchorsa, 8, Belgorod, 308027, Russian Federation

Abstract. *The paper summarizes and analyzes extensive material characterizing the results of the implementation of the agricultural biologization program in the Belgorod region. The prevailing arable soils in the forest-steppe zone of the region are typical chernozems (44.8% of the total arable land area in the region) and leached chernozems (25.7%); in the steppe zone, ordinary chernozems are most common (13.0%). The total sown area on average for 2008–2010 amounted to 1337.7 thousand hectares, in 2011–2013 – 1390.0 thousand ha, in 2014–2016 – 1433.9 thousand ha, in 2017–2019 – 1423.8 thousand hectares. For the period from 2008 to 2019, the fertility and productivity of soils significantly increased. On average for 2017–2019 the application of mineral fertilizers was stabilized at the level of 107.2 kg/ha, the dose of organic fertilizers increased to 9.25 t/ha, the area of liming of acidic soils amounted to 65.7 thousand ha per year. The sowing area of green manure crops increased to 290.3 thousand hectares per year, and the area of bare fallow fields decreased to 66.5 thousand hectares per year. The share of leguminous crops in the structure of sown areas reached 26.4%, and the accumulation of symbiotically bound nitrogen increased on average to 23.7 kg/ha. As of 01.01.2020, in the arable soils of the region, the maximum weighted average content of organic matter (5.89%) and mobile forms of phosphorus and potassium (144 and 171 mg/kg) was noted in the entire history of observations. The share of acidic soils decreased by 11.3% to 32.7%. The productivity of the main crops significantly increased, as a result of which the average productivity of agrocenoses reached its maximum value – 4.94 thousand cereal units per 1 hectare of sown area.*

Keywords: *agrocenosis; biological nitrogen; liming; pesticides; green manure crops; fertilizers; soil erosion.*

Author Details: *S. V. Lukin, D. Sc. (Agr.), prof., director (e-mail: serg.lukin2010@yandex.ru).*

For citation: *Lukin S. V., [Influence of agriculture biologization on soil fertility and productivity of agrocenoses (Belgorod experience)]. Zemledelie. 2021;(1):11-5. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10103.*

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10104
УДК 631.617:631.11

Весенний сток талых вод на юге Нечерноземья

А. И. ПЕТЕЛЬКО[1], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: zaglos@mail.ru)
А. Т. БАРАБАНОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: a.barabanov2011@yandex.ru)
А. В. ВЫПОВА[1], зам. директора (e-mail: vypova@gmail.com)
[1]Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция – филиал Федерального научного центра агроэкологии РАН, ул. Семашко, 2А, Мценск, Орловская обл., 303035, Российская Федерация
[2]Федеральный научный центр агроэкологии РАН, просп. Университетский, 97, Волгоград, 400062, Российская Федерация

Эксперименты выполняли с целью выявления причин и закономерностей формирования поверхностного стока талых вод на различных агрофонах, а также их влияния на эрозионно-гидрологические процессы на склоновых землях. Теоретические основы и практические рекомендации по повышению эффективности адаптивно-ландшафтного земледелия в Орловской области Нечерноземной зоны разрабатывали в 1991–2016 гг. Исследования проводили водно-балансовым методом на стоковых площадках на делянках с зяблевой вспашкой поперек склона и с уплотненной пашней (многолетние травы, озимые). Снегоотложение на разных агрофонах, промерзание и влажность почвы, сток талых вод во время весеннего снеготаяния учитывали ежегодно. Ведущими природными факторами весеннего стока оказались глубина промерзания, влажность почвы и запасы воды в снеге. За 26 лет наблюдений (1991–2016 гг.) слой стока на зяблевой вспашке в среднем составил 4,0 мм, на уплотнённой пашне – в 2 раза больше (8,3 мм). Очевидно более значительное влияние зяблевой вспашки на гидрологический режим, по сравнению с уплотнённой пашней. В годы с высоким поверхностным стоком (1991, 1994–1997, 2000, 2003) на фоне зяблевой вспашки он был несколько меньше и варьировал от 0,3 до 37,0 мм. Величина этого показателя на уплотненной пашне в указанные годы находилась в пределах 1,9...50,0 мм. За весь период наблюдений интенсивный сток отмечен только в 1994 г., когда на зяби он составил 37 мм, что на 13 мм меньше, чем на фоне с уплотненной пашней.

Ключевые слова: *почва, эрозия, снеготаяние, промерзание, осадки, сток талых вод, коэффициент стока, водный баланс.*

Для цитирования: *Петелько А. И., Барабанов А.Т., Выпова А. В. Весенний сток талых вод на юге Нечерноземья // Земледелие. 2021. № 1. С. 16–19. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10104.*

Эрозия почв – одна из основных и наиболее распространённых форм деградации почв на планете. В России ежегодно с пахотных склонов смывается более 500 млн т верхнего, наиболее плодородного, горизонта [1].

Воздействие водных потоков на поверхности суши, перемещение ими веществ и энергии по длине гидрографической сети, накопление наносов на этом пути – основной механизм эрозионно-аккумулятивных процессов: эрозии почв, овражной (линейной) эрозии, русловых процессов (главный фактор денудации материалов), формирования флювиального рельефа, накопления рыхлых отложений. При этом все водные потоки в пределах водосборных бассейнов, начиная от первичных склоновых, возникающих при таянии снега или выпадении стокоформирующих дождей, представляют собой единую систему эрозионно-аккумулятивных процессов [2].

Почва приобретает неустойчивое состояние при утрате 30...40 % своего качества, что впоследствии вызывает неустойчивость всего агроландшафта [3].

В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства резко обостряется проблема защиты почв от водной эрозии. На Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции (ЗАГЛОС) разработан комплекс противоэрозионных мероприятий, предусматривающий соответствующую организацию территории, агротехнические, лесомелиоративные, лугомелиоративные меры и гидротехнические сооружения. Отдельные элементы этого комплекса находят применение в хозяйствах. При этом правильно проанализировать элементы водного баланса в весенний период на различных угодьях возможно только при проведении многолетних наблюдений [4].

Цель исследования – выявление причин и закономерностей формирования поверхностного стока талых вод на различных агрофонах, а также их влияния на уменьшение эрозионно-гидрологических процессов на склоновых землях.

Работу выполняли на Новосильской ЗАГЛОС в 1991–2016 гг. Почвенный покров представлен преимущественно серыми лесными почвами (70,4 %) и оподзоленными черноземами (19,1 %), из них несмытые – 1513 га (29,9 %), слабосмытые – 1001 га (19,8 %), среднесмытые – 1051 га (20,8 %), сильно- и очень сильносмытые – 988 га (17,5 %), намытые – 603 га (12 %). Таким образом, более 2/3 почвенного покрова в той или иной степени подвержено водной эрозии. Комплекс противоэрозионных мероприятий был реализован в натуре в 1958 г.

Почвы многофакторного стационарного опыта, в котором проводили многолетние исследования, серые лесные средне- и сильносмытые. Содержание нитратного азота (по Грандвалю-Ляжу) в пахотном слое составляло 1 мг/100 г почвы, гумуса (по Тюрину) – 2,7 %, фосфора и калия (по Кирсанову) – 11,0 и 7,9 мг/100 г почвы соответственно, сумма поглощенных оснований (по Каппену) – 19,4 мг-экв./100 г почвы, pH солевой вытяжки – 5,5 ед.

Определение формирования поверхностного стока, увлажняющей и противоэрозионной роли агротехнических приемов выполняли согласно методике ВНИАЛМИ (*Сурмач Г. П. Методика изучения водорегулирующей и противоэрозионной роли лесных полос и агротехнических приемов. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1967. 39 с.*), методическим рекомендациям ВАСХНИЛ (*Изучение водопоглощающего и противоэрозионного влияния защитных лесонасаждений в комплексе с другими мероприятиями: метод. рекомендации / Г. П. Сурмач, А. Т. Барабанов, Е. А. Гаршинёв и др.*

М.: ВАСХНИЛ, 1975. 96 с.) и другим действующим методикам [5].

Результаты исследований свидетельствуют, что при неглубоком промерзании почвы (меньше 50 см) создаются благоприятные условия для просачивания талой воды. Поэтому независимо от снегозапасов и влажности почвы формирования поверхностного стока талых вод не происходит. Зная роль основных природных факторов (снегозапасы, влажность и промерзание почвы), можно управлять эрозионно-гидрологическим процессом. При изучении весеннего стока использовали современные подходы к защите почв от водной эрозии [6]. Интенсивность стока определяли по шкале Г. П. Сурмача: стока нет – 0,0 мм, очень слабый – до 7 мм, слабый – 8…20 мм, умеренный – 21…40 мм, сильный – 41…75 мм, очень сильный – 76…115 мм, чрезмерно сильный – более 115 мм.

Каждый год осенью в системе защитных лесных полос на склоновых землях закладывали стоковые площадки размером 20×100 м. Изучали влияние противоэрозионных агротехнических приёмов зяблевой вспашки и уплотнённой обработки почвы на водопоглощение и сток талых вод. Схема опыта включала следующие варианты: зяблевая вспашка поперек склона; уплотненная пашня (многолетние травы, озимые). Повторность двукратная. Между вариантами опыта оставляли промежутки, чтобы исключить боковое влияние. В качестве основного метода исследований использовали водно-балансовый, обеспечивающий высокую точность результатов.

Оценивали снегоотложение, промерзание, влажность и оттаивание

Показатели стока и влияющих на него факторов на различных агрофонах

Год	Сток, мм	Запас воды, мм		Глубина промерзания почвы, см	Продолжительность снеготаяния, сут	Осадки за период снеготаяния, мм	Коэффициент стока
		в почве 0…50 см	в снеге				
				Зяблевая вспашка			
1991	3,0	171,6	58	10	5	17,3	0,052
1992	0,0	169,4	54	17, местами талая	14	15,9	0,000
1993	9,0	139,5	40	45...83	10	22,2	0,225
1994	37,0	263,4	119	75	12	17,1	0,310
1995	0,3	228,0	107	25	21	10,4	0,002
1996	29,0	165,8	73	70...80	16	8,3	0,397
1997	1,1	227,3	56	38...53, местами талая	2	5,0	0,019
1998	0,0	188,0	48	18...20	18	11,9	0,000
1999	0,0	166,5	144	20...25, местами талая	11	7,1	0,000
2000	0,5	209,4	57	7...25	12	0,0	0,007
2001	0,0	198,0	81	2...5, местами талая	12	21,3	0,000
2002	0,0	183,8	81	8...10	10	40,4	0,000
2003	24,1	211,6	97	41...70	13	24,7	0,249
2004	0,0	189,5	58	10...18	6	14,3	0,000
2005	0,0	203,0	71	5...12	12	14,5	0,000
2006	0,0	211,7	109	0...3	5	21,0	0,000
2007	0,0	225,4	51	0	13	29,6	0,000
2008	0,0	208,0	67	20...31	8	14,0	0,000
2009	0,0	201,6	105	12...25	21	33,0	0,000
2010	0,0	261,9	89	30...40	15	22,0	0,000
2011	0,0	155,7	119	0	15	14,0	0,000
2012	0,0	168,0	61	18...40	18	25,2	0,000
2013	0,0	170,9	108	5...15, местами талая	12	18,0	0,000
2014	0,0	202,7	26	14...17, местами талая	15	14,0	0,000
2015	0,0	263,4	43	15...20	13	20,0	0,000
2016	0,0	235,2	54	1...5, местами талая	15	25,0	0,000
Среднее	4,0	193,7	76	19...31	12	17,9	0,050
$НСР_{05}$		10,4	6,7				
				Уплотненная почва			
1991	21,0	171,6	53	77...84	7	17,3	0,396
1992	0,0	179,4	66	5...30	14	15,9	0
1993	22,0	144,9	42	83	12	22,2	0,524
1994	50,0	213,1	127	68...75	13	17,1	0,393
1995	4,0	210,2	114	25...30	21	10,4	0,035
1996	26,0	160,3	81	77	17	8,3	0,320
1997	26,0	207,4	71	25...45	8	5,0	0,367
1998	0,0	171,0	47	15...24	19	11,9	0,000
1999	1,9	157,2	114	37	7	7,1	0,016
2000	2,0	204,0	26	26...37	13	0,0	0,076
2001	0,0	179,4	71	5...10, местами талая	24	21,3	0,000
2002	0,0	170,5	66	3...4	10	29,9	0,000
2003	37,0	201,7	66	56...73	11	24,7	0,560
2004	0,0	178,6	97	20...25	7	27,7	0,000
2005	5,3	243,8	109	15...50	12	14,5	0,095
2006	0,0	162,1	133	20	10	25,2	0,000
2007	0,0	157,7	80	1...5	13	41,2	0,000
2008	0,0	190,1	71	10...30	9	14,0	0,000
2009	0,0	195,0	92	20...25	14	33,0	0,000
2010	21,7	250,3	100	51...65	17	22,0	0,154
2011	0,0	149,2	107	0	15	11,0	0,000
2012	0,0	137,1	78	35...45	17	25,2	0,000
2013	0,0	163,7	144	0	13	18,0	0,000
2014	0,0	191,2	25	18...20	17	14,0	0,000
2015	0,0	221,6	42	22...29	18	21,0	0,000
2016	0,0	210,7	56	2...15, местами талая	16	25,0	0,000
Среднее	8,3	185,5	80	28...35	14	18,6	0,11
$НСР_{05}$		12,4	7,4				

почвы. Перед снеготаянием высоту снега на стоковых площадках измеряли по двум снегомерным ходам через 2...4 м в 3...5-и кратной повторности, плотность снега – весовым снегомером ВС-43 в 6-и точках в 2-х кратной повторности, глубину промерзания определяли по наличию кристаллов льда при бурении. Образцы почвы на влажность отбирали с глубины 0...3, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 см. Ее измерение проводили термостатно-весовым методом. В период снеготаяния наблюдения за оттаивание почвы осуществляли с использованием металлической шпильки в 5-и кратной повторности в верхней, средней и нижних частях стоковых площадок. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа.

В среднем за 26 лет наблюдений сток на зяби составил 4,0 мм, запасы воды в снеге – 76,0 мм, запасы воды в слое почвы 0...50 см – 193,7 мм, глубина промерзания почвы – 19...31 см, длительность снеготаяния – 12 суток, коэффициент стока – 0,05. За этот же период наблюдений на уплотнённой пашне сток увеличился, по сравнению с зябью, на 4,3 мм, продолжительность снеготаяния – на 2 суток, снегозапасы – на 4,0 мм, коэффициент стока – на 0,01, при этом глубина промерзания достигла 35 см, а почвенные запасы воды уменьшились на 13,2 мм (см. табл.).

Таким образом, в противоэрозионном отношении у зяблевой вспашки есть определенные преимущества, по сравнению с уплотнённой почвой. Анализ полученных материалов показывает большее гидрологическое влияние зяблевой вспашки на улучшение инфильтрации талой воды в почву, по сравнению с уплотнёнными угодьями.

Величина поверхностного стока и другие элементы весеннего водного баланса по годам отличались большой изменчивостью, чередованием вёсен от очень маловодных до многоводных. Почва, промерзавшая до 50 см, независимо от увлажнения обладала высокой впитывающей способностью и обеспечивала поглощение всей талой воды. При глубине промерзания более 50 см формировался весенний сток. В годы со стоком (1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 2000, 2003) при зяблевой обработке промерзание почвы достигало 45...83 см, запасы воды в снеге – до 119 мм, влагозапасы в 0...50 см слое почвы – 263,4 мм, на уплотненной пашне в сточные годы (1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 2000, 2003, 2005, 2010) величины этих показателей составляли 77...84 мм, 53 мм, 171,6 мм соответственно. В целом формирование стока талых вод в весенний период зависело, в первую очередь, от глубины промерзания почвы.

За период исследований умеренную интенсивность стока на зяби наблюдали 3 года (1994, 1996, 2003 гг.), слабую – 1 год (1993 г.), очень слабую – 4 года (1991, 1995, 1997, 2000 гг.), 18 лет стока не было.

На уплотнённой пашне (многолетние травы, озимые и др.) сток за указанный период не формировался 15 лет (1992, 1998, 2001, 2002, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 гг.). Сильный сток (50 мм) наблюдали в 1994 г., умеренный – 6 лет (в 1991 – 21,0 мм, в 1993 г. – 22,0 мм, в 1996 г. – 26,0 мм, в 1997 г. – 26,0 мм, в 2003 г. – 37,0 мм, в 2010 г. – 21,7 мм), очень слабый – 4 года (в 1994 г. – 4,0 мм, в 1999 г. – 1,9 мм, в 2000 г. – 2,0 мм, в 2005 г. – 5,3 мм).

Весенний сток талых вод по годам наблюдений изменялся в значительной степени. В годы со стоком талых вод его величины на уплотненной пашне варьировали от 1,9 до 50,0 мм, на рыхлой зяби – от 0,3 до 37,0 мм.

В исследуемых вариантах есть различия в просачивании стока талых вод в почву в весенний период. Это связано с появлением на зяблевой вспашке вследствие неровности рельефа ранних проталин во время оттепелей, которые способствуют впитыванию талой воды. Из-за более высоких снегозапасов на уплотнённой пашне, по сравнению с зябью, для образования проталин необходимо дополнительное количество тепла. Следует также отметить большее водопоглощение после зяблевой обработки, по сравнению с уплотненной пашней. Отсюда и меньший коэффициент стока талых вод на зяби, по сравнению с уплотнённой пашней, который достиг максимума на этом угодье в 2003 г. – 0,56 (см. табл.).

Знание показателей поверхностного стока открывает возможности для построения системы мер по защите почвы от водной эрозии. На их основе необходимо создать нормативную базу для гидрологических расчётов и прогнозирования поверхностного стока с целью разработки системы противоэрозионных мероприятий и управления эрозионно-гидрологическим процессом.

Таким образом, за 26 лет наблюдений (1991–2016 гг.) формированию повышенного стока способствовало промерзание почвы на глубину более 50 см. На зяби его наблюдали в 1993, 1994, 1996, 2003 гг., на уплотнённой пашне – в 1991, 1993, 1994, 1996, 2002, 2010 гг. Сложившиеся гидрометеорологические условия зимнего периода с частой сменой отрицательных и положительных температур, неглубокое промерзание почвы перед снеготаянием, медленное таяние снега днём при пасмурной погоде и другие факторы обеспечили впитывания всей талой воды в почву на зяби 18 лет, на уплотнённой пашне – на 3 года меньше. В остальные годы его интенсивность варьировала от очень слабой до умеренной и только в 1994 г. на уплотнённой пашне сформировался сильный сток (50 мм).

Среднегодовой сток за период наблюдений на зяби составил 4,0 мм, коэффициент стока – 0,05, на уплотнённой пашне – соответственно 8,3 мм и 0,11. В сточные годы показатели стока на зяби не превышали 37 мм и были меньше, чем на уплотнённой пашне, на 1,6...13,0 мм.

Приведённые в статье результаты многолетних исследований дают представление об особенностях формирования стока и о гидрологической роли зяблевой вспашки. Они необходимы для гидрологических и эрозионных расчётов и прогнозов при проектировании противоэрозионных адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Литература.

1. География динамики земледельческой эрозии почв на европейской территории России / Л. Ф. Литвин, З. П. Кирюхина, С. Ф. Краснов и др. // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1390–1400.

2. Голосов В. Н., Сидорчук А. Ю., Чалов Р. С. Эрозионно-русловые системы: теория, методология, практика: материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием, объединённой с XXXIV пленарным совещанием Межвузовского научно-координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2019. С. 21–29.

3. Червань А. Н. Типологический анализ устойчивости почвенных комбинаций агроландшафтов к деградации в условиях проявления водной эрозии: материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием, объединённой с XXXIV пленарным совещанием Межвузовского научно-координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 2019. С. 30–34.

4. Сурмач Г. П. Эрозия почв и борьба с ней. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 254 с.

5. Поверхностный сток и инфильтрация в почвах талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах Восточно-европейской равнины / А. Т. Барабанов, С. В. Долгов, Н. И. Коронкевич и др. // Почвоведение. 2018. № 1. С. 62–69.

6. Современные подходы к защите почв от эрозии / В. В. Коломейченко, В. И. Савкин, И. А. Тимашов и др. Орел: типография «Труд», 2003. 30 с.

Spring runoff of meltwater in the south of the Non-Chernozem region

A. I. Petel'ko[1], A. T. Barabanov[2], A. V. Vypova[1]
[1]Novosil'skaya Zonal Agroforestal Experimental Station, branch of the Federal Scientific Center of Agro-ecology, Russian Academy of Sciences, ul. Semashko, 2A, Mtsensk, Orlovskaya obl., 303035, Russian Federation
[2]Federal Scientific Center of Agro-ecology, Russian Academy of Sciences, prosp. Universitetskii, 97, Volgograd, 400062, Russian Federation

Abstract. *The experiments aimed to identify the causes and regularities of the formation of surface meltwater runoff against various agricultural backgrounds, as well as their influence on erosion-hydrological processes on slope lands. The theoretical foundations and practical recommendations for improving the efficiency of adaptive landscape agriculture in the Orel region of the Non-Chernozem zone were developed in 1991–2016. The studies were carried out by the water-balance method on the runoff plots with autumn ploughing across the slope and with compacted arable land (perennial grasses, winter crops). Snow deposition against different agricultural backgrounds, freezing and soil moisture, meltwater runoff during spring snowmelt were measured annually. The leading natural factors of spring runoff were the depth of freezing, soil moisture and water reserves in the snow. Over 26 years of observations (1991–2016), the runoff layer on autumn ploughing averaged 4.0 mm, on compacted arable land it was 2 times more (8.3 mm). A more significant influence of autumn ploughing on the hydrological regime, compared to compacted arable land, is obvious. In years with a high surface runoff (1991, 1994–1997, 2000, 2003) against the background of autumn ploughing, it was somewhat less and varied from 0.3 to 37.0 mm. The value of this indicator on compacted land in the indicated years was in the range of 1.9–50.0 mm. Over the entire observation period, an intense runoff was noted only in 1994, when it was 37 mm in the autumn plough, which was 13 mm less than against the background with compacted arable land.*

Keywords: *soil; erosion; snow melting; freezing; precipitation; meltwater runoff; runoff coefficient; water balance.*

Author details: *A. I. Petel'ko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: zaglos@mail.ru); A. T. Barabanov, D. Sc (Agr.), chief research fellow (e-mail: a.barabanov2011@yandex.ru), A. V. Vypova, deputy director (e-mail: vypova@gmail.com).*

For citation: *Petel'ko AI, Barabanov AT, Vypova AV. [Spring runoff of meltwater in the south of the Non-Chernozem region]. Zemledelie. 2021;(1):16-9. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10104.*

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10105
УДК 633.88:631.81.036 (571.13)

Оценка элементного химического состава лекарственного сырья *Achillea millefolium* L. *и Echinacea purpurea* L. при внесении в почву цинка и меди

Н. Н. ЖАРКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: nn.zharkova@gmail.com)
В. В. СУХОЦКАЯ, аспирант
Ю. И. ЕРМОХИН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, 644008, Российская Федерация

Исследования проводили в 2012–2018 гг. на лугово-чернозёмной почве в Омской области. Цель работы – определить содержание и особенности накопления цинка и меди в лекарственных растениях при внесении в почву микроудобрений (цинковых и медных) для установления оптимальных уровней и соотношений микроэлементов. Объектами исследований служили тысячелистник обыкновенный (Achillea millefolium L.) сорта White Beauty и эхинацея пурпурная (Echinacea purpurea L.) сорта Знахарь. Предшественник – чистый пар. Полевые опыты с тысячелистником обыкновенным проводили в 2012–2015 гг., с эхинацеей пурпурной – в 2016–2018 гг. Схема опыта включала следующие варианты: под тысячелистник цинк вносили в дозах 20; 40; 60; 80 кг д.в./га, медь – 2,4; 4,9; 7,2; 9,7 кг д.в./га на фоне $N_{135}P_{45}K_{45}$; под эхинацею цинк – 10,7; 21,4; 32,4; 42,8 кг д.в./га; медь – 2,3; 4,7; 7,0; 9,4 кг д.в./га на фоне N_{125}, контроль – без удобрений. Использование цинковых и медных удобрений в основное внесение под изучаемые лекарственные культуры способствовало повышению накопления в их продукции подвижных форм цинка и меди. В среднем за годы исследований в опытах с тысячелистником обыкновенным и эхинацеей пурпурной 1 кг Zn удобрений повышал содержание этого элемента в растениях на 0,30 и 0,38 мг/кг соответственно, Cu – на 0,07 и 0,03 мг/кг; а 1 кг Cu удобрений увеличивал концентрацию Cu – на 0,47 и 0,23 мг/кг, Zn – на 1,40 и 1,26 мг/кг соответственно. В целом между изучаемыми микроэлементами отмечали синергические отношения.

Ключевые слова: *тысячелистник обыкновенный (Achillea millefolium L.), эхинацея пурпурная (Echinacea purpurea L.), химический состав, лекарственное растительное сырье, микроэлементы, цинк, медь.*

Для цитирования: *Жаркова Н. Н., Сухоцкая В. В., Ермохин Ю. И. Оценка элементного химического состава лекарственных растений Achillea millefolium L. и Echinacea purpurea L. при внесении в почву цинка и меди // Земледелие. 2021. № 1. С. 19–22. doi:10.24411/0044-3913-2021-10105.*

Практически все микроэлементы, включая Zn и Cu, присутствующие в почве в небольших количествах, стимулируют рост и развитие растений, участвуют в физиолого-биохимических процессах в составе многих ферментов [1, 2]. Основные их функции связаны с метаболизмом углеводов, белков, процессами фотосинтеза и др. [3, 4]. В связи с этим необходимо поддерживать оптимальные уровни их содержания в почве для предотвращения возможного дефицита питания растений [5].

Формирование урожая и качество продукции зависят от химического состава растений, поэтому важно знать какое влияние на него оказывают микроудобрения. Особый интерес представляет изучение воздействия на растения тех элементов, которые участвуют в биосинтезе биологически активных веществ.

В отличие от почвенного анализа метод растительной диагностики, отражает накопление макро- и микроэлементов в растениях, позволяет определять потребность культур в элементах питания в основные периоды их роста и развития. Результаты химического анализа растений характеризуют уровень их минерального питания, эти данные можно использовать для уточнения доз удобрений с целью повышения эффективности их применения [6].

Цель работы – определить содержание и особенности накопления цинка и меди тысячелистником обыкновенным (*Achillea millefolium* L.) и эхинацеей пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) при внесении в почву микроудобрений (цинковых и медных) для установления оптимальных уровней и соотношений микроэлементов в лекарственных растениях.

Полевые эксперименты с тысячелистником обыкновенным (*Achillea millefolium* L.) сорта White

Beauty (2012–2015 гг.) и эхинацеей пурпурной(*Echinacea purpurea* L.) сорта Знахарь (2016–2018 гг.) проводили на опытном поле Омского государственного аграрного университета.

Почва – лугово-чернозёмная среднегумусовая тяжело- (под тысячелистником обыкновенным) и среднесуглинистая (эхинацея пурпурная). В период закладки опытов (2012 г. для тысячелистника; 2016 г. для эхинацеи) слой почвы 0…30 см характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание N-NO_3 (по Кочергину) было низким (7…10 мг/кг), P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – от среднего до высокого (216…349 мг/кг) и от высокого до очень высокого (419…749 мг/кг) соответственно, подвижного цинка и меди (атомно-адсорбционным методом) – 0,65…1,20 и 0,10…0,40 мг/кг соответственно, гумуса в слое 0…20 см – 5,2 %, реакция водной суспензии почвенного раствора – 6,5…6,8 ед. pH. Емкость поглощения катионного обмена в слое 0…30 см – 25,2…28,2 мг-экв./100 г. Объёмная масса почвы в слое 0…40 см – 1,20…1,25 г/см^3, удельная масса – 2,64…2,65 г/см^3.

Погодные условия вегетационных периодов 2012–2018 гг. были типичными (резкие колебания суточных температур, недостаток влаги) для зоны южной лесостепи Западной Сибири. В 2012 г. преобладала жаркая с недобором осадков погода. Вегетационный период 2013 г. характеризовался неравномерным распределением осадков со средней температурой за период вегетации ниже среднемноголетней. Период вегетации 2014 г. характеризовался большим количеством осадков и неравномерным их распределением на фоне температуры ниже среднемноголетней, за исключением июня и августа. В 2016 г. отмечали повышенные температуры и отсутствие осадков, что привело к острой ранневесенней засухе. В 2017 г. наблюдали раннелетнюю засуху при температуре воздуха незначительно превышающей среднемноголетнюю. В 2018 г. преобладала дождливая погода, температура воздуха была близка к среднемноголетней. ГТК в период вегетации во все годы находится в пределах 0,7…1,0, что соответствует неустойчивому увлажнению.

Опыты закладывали в 4-х кратной повторности. Учётная площадь делянки 10 м^2. Предшественник – чистый пар.

Расчёт фона минерального питания ($N_{135}P_{45}K_{45}$ для тысячелистника обыкновенного и N_{125} для эхинацеи пурпурной) осуществляли с учетом результатов исследований Н. Н. Тищенко (*Тищенко Н. Н. Диагностика минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая тысячелистника обыкновенного (Achillea millefolium L.) на лугово-черноземной почве Западной Сибири: автореф. дис.… канд. с.-х. наук. Омск, 2011. 17 с.*). В качестве макроудобрений вносили аммиачную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий.

Цинковые и медные удобрения использовали в виде ацетатных форм этих минеральных элементов. Дозы внесения рассчитывали исходя из содержания подвижных форм Zn и Cu в слое почвы 0…30 см до посадки и предельно допустимых концентраций: Zn – 23 мг/кг; Cu – 3 мг/кг (ГН 2.1.7.2041-06) [7]. Микроудобрения вносили в долях ПДК: 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 (табл. 1).

1. Схема опыта

Удобрение	Тысячелистник обыкновенный		Эхинацея пурпурная	
	доза удобрения, кг д.в./га	доля ПДК микроэлемента	доза удобрения, кг д.в./га	доля ПДК микроэлемента
	контроль (без удобрений)		контроль (без удобрений)	
	фон $N_{135}P_{45}K_{45}$		фон N_{125}	
Ацетат цинка	фон + 20	0,25	фон + 10,7	0,25
	фон + 40	0,50	фон + 21,4	0,50
	фон + 60	0,75	фон + 32,4	0,75
	фон + 80	1,00	фон + 42,8	1,00
Ацетат меди	фон + 2,4	0,25	фон + 2,3	0,25
	фон + 4,9	0,50	фон + 4,7	0,50
	фон + 7,2	0,75	фон + 7,0	0,75
	фон + 9,7	1,00	фон + 9,4	1,00

Агротехника в опыте общепринятая для зоны. Высадку рассады лекарственных культур проводили в третьей декаде мая. Площадь питания растений тысячелистника – 50×10 см, эхинацеи – 70×60 см. Макро- и микроудобрения вносили однократно в год посадки в почву в рядки (под тысячелистник) и разбросным способом (под эхинацею) под культивацию до посадки культуры с заделкой на глубину 10…15 см. В последующие годы (2013–2015 гг. для тысячелистника и 2017–2018 гг. для эхинацеи) изучали их последействие.

Содержание подвижных форм цинка и меди в абсолютно сухом растительном лекарственном сырье (трава) определяли в фазе массового цветения атомно-абсорбционным методом на спектрометре «Varian AA-140» (ГОСТ 30178-96) в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Центр агрохимической службы «Омский». Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов по Б. А. Доспехову (*М., 1985*).

В год действия, в опыте с тысячелистником обыкновенным, при внесении цинковых удобрений в почву в дозах от 20 до 80 кг д.в./га концентрация подвижного цинка в лекарственном сырье незначительно отличалась от средних данных за период последействия (2013–2015 гг.). В среднем за четыре года исследований содержание Zn в растениях варьировало в интервале 22,3…32,8 мг/кг, что на 97,3…190,3 % больше, по сравнению с фоновым вариантом. В год прямого действия содержание Cu в лекарственном сырье тысячелистника при внесении в почву медных удобрений составляло 2,2…5,8 мг/кг, в годы последействия концентрация этого элемента увеличивалась до 3,55…7,10 мг/кг. В среднем за годы исследований величина этого показателя составляла от 2,9 до 6,8 мг/кг, что выше, чем в фоновом варианте, на 31,8…209,1 % (табл. 2).

В опыте с эхинацеей пурпурной отмечали увеличение содержания цинка в годы последействия, по сравнению с годом внесения цинковых удобрений, на 4,9…6,9 мг/кг. Использование этого элемента в дозах от 0,25 до 1,00 ПДК в среднем за 2016–2018 гг. приводило к увеличению его накопления в растениях, по сравнению с фоном, на 11,1…15,8 мг/кг, что ниже, чем в сырье тысячелистника, в 2 раза. В годы последействия внесение медных удобрений способствовало накоплению меди в растениях эхинацеи пурпурной, в сравнении с 2016 г., до 5,29 мг/кг, или на 136 %. В среднем при внесении 1,00 ПДК Cu концентрация меди в лекарственном сырье эхинацеи увеличивалась до 4,3 мг/кг, или на 104,7 %, в сравнении с фоном.

При заделке цинка и меди в почву наблюдали зависимость между внесёнными дозами микроудобрений и их поступлением в растения. Между ионами Zn и Cu отмечено прямое положительное взаимодействие, возрастающее в направлении Zn→Cu. Так, поступление цинка в почву способствовало аккумуляции меди в растениях исследуемых культур: в растениях тысячелистника в опытных вариантах ее содержание изменялось от 4,8 до 8,3 мг/кг; эхинацеи – от 2,1 до 4,4 мг/кг, что больше фона на 118,2…277,3 % и 28,6…109,5 % соответственно. Кроме того, отмечали синергическое взаимодействие между Cu↔Zn. Все изучаемые

2. Содержание меди и цинка в лекарственных растениях в фазе массового цветения, мг/кг

Вариант		Цинк			Медь		
		год действия	в среднем за годы последействия	в среднем за 2012–2015 гг.	год действия	в среднем в годы последействия	в среднем за 2012–2015 гг.
Тысячелистник обыкновенный							
Контроль		10,00±0,98	9,80±0,64	9,90±0,69	2,00±0,09	2,60±0,21	2,50±0,15
Фон		12,00±0,98*	11,10±0,64*	11,30±0,69*	2,20±0,09	2,17±0,21	2,20±0,15
Цинк, доля ПДК	фон + 0,25	20,00±1,04*″	23,03±0,49*″	22,30±0,11*″	8,00±0,36*″	3,25±0,10*″	4,80±0,08*″
	фон + 0,50	25,00±1,79*″	26,97±2,72*″	26,50±2,49*″	9,50±0,49*″	3,40±0,19*″	5,40±0,26*″
	фон + 0,75	30,00±4,62	29,73±4,28	29,80±4,36	12,10±1,96*″	3,50±0,24*″	6,40±0,83*″
	фон + 1,00	34,00±6,88	32,37±5,77	32,80±6,05	18,00±5,30	3,50±0,24*″	8,30±1,90
Медь, доля ПДК	фон + 0,25	20,00±1,70*″	24,00±1,57*″	22,70±1,64*″	2,20±0,43*	3,55±0,62*″	2,90±0,57*″
	фон + 0,50	20,00±1,70*″	25,00±2,13*″	23,30±1,98*″	2,60±0,21*″	4,33±0,08*″	3,90±0,001*″
	фон + 0,75	20,00±1,70*″	28,00±3,83*″	25,30±3,11*″	3,00±0,02*″	5,83±0,93	5,10±0,68*″
	фон + 1,00	20,00±1,70*″	29,50±4,68	26,30±3,68*″	5,80±1,60	7,10±1,65	6,80±0,64*″
Эхинацея пурпурная							
Контроль		5,10±0,03	4,05±0,09	4,40±0,09	2,30±0,07	1,95±0,02	2,10±0,41
Фон		5,16±0,03*	4,25±0,09	4,60±0,09*	2,44±0,07*	1,90±0,02	2,10±0,41
Цинк, доля ПДК	фон + 0,25	7,94±0,02*″	12,75±0,64*″	11,10±0,39*″	2,73±0,55*″	1,78±0,33	2,10±0,41*″
	фон + 0,50	8,68±0,39*″	14,72±1,75*″	12,70±1,29*″	3,00±0,39*″	2,49±0,07*″	2,70±0,07*″
	фон + 0,75	9,82±1,04	15,87±2,40*″	13,90±1,97	4,90±0,68*″	2,82±0,26*″	3,50±0,39*″
	фон + 1,00	11,20±1,82	18,07±3,65	15,80±3,04	6,80±1,76	3,22±0,49*″	4,40±0,89
Медь, доля ПДК	фон + 0,25	6,88±0,20*″	11,47±0,50*″	9,90±0,42*″	2,82±0,21*″	2,41±0,39*″	2,60±0,17*″
	фон + 0,50	7,62±0,21*″	16,15±2,15*″	13,30±1,50*″	2,56±0,07*″	2,93±0,09*″	2,80±0,06*″
	фон + 0,75	8,89±0,93	17,50±2,91*″	14,60±2,23*″	2,30±0,08*	4,08±0,56*″	3,50±0,34*″
	фон + 1,00	9,80±1,45	20,70±4,72	17,10±3,65	2,24±0,12*	5,29±1,24	4,30±0,79
МДУ			50			30	
Агрохимические и биогеохимические критерии [8, 9]	недостаточное		<20			<5	
	нормальное		21...60			6...12	
	избыточное		>60			>20	

** – достоверно относительно контроля при уровне значимости p≤0,05; " – достоверно относительно фона при уровне значимости p≤0,05.*

дозы меди повышали концентрацию цинка в растениях тысячелистника в среднем по вариантам до 26,3 мг/кг, эхинацеи – до 17,1 мг/кг, что выше фона соответственно на 132,7 % и 271,7 %.

Оценка выращенного сырья тысячелистника обыкновенного и эхинацеи пурпурной с экологических позиций позволяет констатировать отсутствие превышения максимально-допустимых уровней (МДУ) цинка и меди. Если оценивать лекарственное сырье по агрохимическим и биогеохимическим критериям, то содержание цинка и меди в растениях в контроле и фоне было критически недостаточным для нормального роста и развития культур. После внесения под тысячелистник микроудобрений содержание цинка и меди достигало уровня, соответствующего нормальному. Количество цинка и меди в лекарственном сырье эхинацеи пурпурной было близко к нижнему пределу их нормального содержания (см. табл. 2).

Многолетние полевые опыты позволили установить взаимосвязи между внесением в почву различных доз микроудобрений и содержанием подвижных форм меди и цинка в лекарственном сырье изучаемых культур. Согласно результатам проведённых ранее исследований наибольшую урожайность биомассы (17,0 и 18,3 т/га) тысячелистника обыкновенного за годы отмечали при дозе Zn_{60} (0,75 ПДК Zn) и $Cu_{9,7}$ (1,00 ПДК Cu); эхинацеи пурпурной (12,7 и 16,8 т/га) – $Zn_{21,4}$ (0,50 ПДК Zn) и $Cu_{9,4}$ (1,00 ПДК Cu) соответственно[10, 11]. В этих вариантах опыта содержание Zn в биомассе сухого вещества тысячелистника обыкновенного составило 29,8 мг/кг, Cu – 6,8 мг/кг; эхинацеи пурпурной – 12,7 и 4,3 мг/кг соответственно. Оптимальные дозы цинковых (60 и 21,4 кг д.в./га) и медных (9,7 и 9,4 кг д.в./га) удобрений позволили рассчитать коэффициенты интенсивности действия («*b*») до установленных пределов (табл. 3).

В среднем за годы исследований в опыте с тысячелистником 1 кг Zn удобрений повышал содержание цинка в растениях на 0,30 мг/кг, меди – на 0,07 мг/кг (уравнения 1, 4); а 1 кг Cu удобрений увеличивал концентрацию этих элементов соответственно на 1,40 мг/кг и 0,47 мг/кг (уравнение 2, 3).

Внесение в почву 1 кг цинка способствовало увеличению содержания цинка и меди в растениях эхинацеи пурпурной (уравнения 5, 8) соответственно на 0,38 мг/кг и 0,03 мг/кг (*r*=0,94 и 0,87). Коэффициент интенсивности действия 1 кг Cu на содержание этих микроэлементов в растениях эхинацеи пурпурной при внесении медных удобрений в дозах 2,3...9,4 кг д.в./га был равен соответственно 1,26 и 0,23 при *r*=0,97 и 0,99 (уравнения 6, 7).

Между элементами Zn→Cu и Cu→Zn возникали синергические отношения, которые характеризовались следующими количественными характеристиками (*b*):

3. Взаимосвязь между цинком и медью при поступлении их в растения

Уравнение регрессии	Коэффициент интенсивности действия «b»	Коэффициент корреляции (r)	Взаимоотношения
Тысячелистник обыкновенный (среднее за 2012–2015 гг.)			
y(Zn) = 0,30 Zn + 13,5; (1)	0,30	0,96	–
y(Zn) = 1,40 Cu + 15,3; (2)	1,40	0,85	синергизм
y(Cu) = 0,47 Cu + 1,9; (3)	0,47	0,99	–
y(Cu) = 0,07 Zn + 2,7; (4)	0,07	0,95	синергизм
Эхинацея пурпурная (среднее за 2016–2018 гг.)			
y(Zn) = 0,38 Zn + 5,4; (5)	0,38	0,94	–
y(Zn) = 1,26 Cu + 6,0; (6)	1,26	0,97	синергизм
y(Cu) = 0,23 Cu + 2,0; (7)	0,23	0,99	–
y(Cu) = 0,03 Zn + 2,0; (8)	0,03	0,87	синергизм

4. Оптимальное содержание и соотношение микроэлементов в лекарственных растениях (фаза цветения)

Zn	Cu	Соотношение
Тысячелистник обыкновенный		
29,3	6,8	Zn ≈ 4,3 Cu
Эхинацея пурпурная		
12,7	4,3	Zn ≈ 3,0 Cu

тысячелистник обыкновенный – Zn(x)↔Cu(y) – $b_{x/y}$–0,07 и $b_{y/x}$– 1,4 (уравнения 4, 2);

эхинацея пурпурная – Zn(x)↔Cu(y) – $b_{x/y}$ – 0,03 и $b_{y/x}$ – 1,26 (уравнения 8, 6).

Знание коэффициентов интенсивности действия «*b*» (табл. 3, уравнения 1…8) дает возможность установить оптимальное содержание изучаемых элементов (Zn и Cu) в лекарственных растениях:

$$C_{опт} = C_н + Д \times «b» \quad (9)$$

где $C_н$ – фактическое содержание микроэлементов на фоновом варианте, мг/кг; *Д* – оптимальная доза удобрений лучшего варианта опыта по урожайности, кг д.в./га; «*b*» – коэффициент интенсивности действия.

Используя формулу 9, мы рассчитали оптимальное содержание и соотношение цинка и меди в фазе цветения растений. Оно было близким к фактическому в лучших по урожайности вариантах опыта. С использованием уравнений 1…8 и коэффициента «*b*» можно определить оптимальные уровни содержания и соотношения элементов питания в лекарственных растениях в зависимости от конкретных зональных почвенно-климатических условий: содержание цинка и меди в фазе цветения растений тысячелистника составляло 29,3 и 6,8 мг/кг, эхинацеи – 12,7 и 4,3 мг/кг соответственно (табл. 4).

Таким образом, в результате проведённых исследований были установлены синергические взаимосвязи между цинком и медью при внесении микроудобрений. Зная параметры накопления микроэлементов в растениях, в зависимости от содержания их доступных форм в почве, биологических особенностей культуры и ряда других факторов можно регулировать и нормировать качественный состав растениеводческой продукции.

Цинковые удобрения повышали содержание подвижного цинка в лекарственном сырье тысячелистника обыкновенного и эхинацеи пурпурной на 190…243 %, а медные – увеличивали концентрацию Cu на 104…209 %. Оптимальное содержание цинка в растениях тысячелистника в фазе цветения составило 29,3 мг/кг, меди – 6,8 мг/кг, для эхинацеи пурпурной – 12,7 и 4,3 мг/кг соответственно, соотношение Zn к Cu для многолетних лекарственных культур укладывается в пределы 3…4.

Литература.

1. Alloway B. J. Micronutrients and Crop Production: An Introduction // In: Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production / Ed. B. J. Alloway Cambridge: Springer Science+Business Media, B.V., 2008. P. 1–39.

2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

3. Biological role of copper as an essential trace element in the human organism / M. Pavelkova, J. Vyslouzil, K. Kubova et al. // Czech and Slovak Pharmacy. 2018. Vol. 67. No. 4. P. 143–153.

4. Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. NY: Elsevier Ltd., 2012. 672 p.

5. Дильмухаметова И. К. Состояние и динамика биогенных микроэлементов в агроценозе в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве при длительном применении минеральных удобрений и известковании: дисс. … канд. биол. наук. М., 2019. 205 с.

6. Ермохин Ю. И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. Омск: ОмГАУ, 1995. 208 с.

7. Сухоцкая В. В., Тищенко Н. Н., Ермохин Ю. И. Почвенная диагностика потребности эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) в цинковых удобрениях в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. №3. С. 31–34.

8. Сысо А. И., Ильин Б. В. Эколого-агрохимическая оценка содержания микроэлементов в почвах и растительной продукции на юге Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 2. С. 33–36.

9. Ковальский В.В. Микроэлементы в растениях и кормах. М.: Колос, 1971. 235 с.

10. Жаркова Н. Н., Сухоцкая В. В., Ермохин Ю. И. Формирование урожая лекарственных культур (*Tanacetum vulgare* L., *Echinacea purpurea* L.) под влиянием эссенциальных микроэлементов // Овощи России. 2019. № 5. С. 72–76. doi: 10.18619/2072-9146-2019-5-72-76.

11. Сухоцкая В. В., Тищенко Н. Н., Ермохин Ю. И. Сравнительная оценка влияния микроэлементов на урожайность *Achillea millefolium* L. и *Echinacea purpurea* в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: материалы Национальной науч.-практ. конф. Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2019. Ч. 2. С. 552–557.

Assessment of the elemental chemical composition of the medicinal raw materials of *Achillea millefolium* L. and *Echinacea purpurea* L. when zinc and copper are applied

N. N. Zharkova, V. V. Sukhotskaya, Yu. I. Ermokhin
Stolypin Omsk State Agrarian University, Institutskaya pl., 1, Omsk, 644008, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out in 2012–2018 on meadow chernozem soil in the Omsk region. The work aimed to determine the content and accumulation patterns of zinc and copper by medicinal plants when micronutrient fertilizers (zinc and copper) are applied and establish optimal levels and ratios of trace elements. The objects of the research were yarrow (Achillea millefolium L.) of White Beauty variety and purple coneflower (Echinacea purpurea L.) of Znakhar' variety. The forecrop was bare fallow. Field experiments with Achillea millefolium were carried out in 2012–2015, with Echinacea purpurea – in 2016–2018. The experimental design included the following treatments: for yarrow zinc was applied at doses of 20, 40, 60, 80 kg/ha, copper doses were 2.4, 4.9, 7.2, 9.7 kg/ha against the background of N135P45K45; for purple coneflower zinc was applied at doses of 10.7, 21.4, 32.4, 42.8 kg/ha; copper doses were 2.3, 4.7, 7.0, 9.4 kg/ha against the background of N125. The control was without fertilizers. The use of zinc and copper fertilizers in the main application for the studied medicinal crops contributed to an increase in the accumulation of mobile forms of zinc and copper in the medicinal raw materials. On average, over the years of the experiments with Achillea millefolium and Echinacea purpurea, each kilogram of zinc fertilizers increased the zinc content in plants by 0.30 and 0.38 mg/kg, respectively, and augmented copper content by 0.07 and 0.03 mg/kg. One kilogram of copper in fertilizers increased the copper content by 0.47 and 0.23 mg/kg and augmented the zinc content by 1.40 and 1.26 mg/kg, respectively. In general, synergistic relationships were noted between the studied elements.*

Keywords: *yarrow (Achillea millefolium L.); purple coneflower (Echinacea purpurea L.); chemical composition; medicinal plant materials; trace elements; zinc; copper.*

Author details: *N. N. Zharkova, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: nn.zarkova@gmail.com); V. V. Sukhotskaya, post graduate student; Yu. I. Ermokhin, D. Sc. (Agr.), prof.*

For citation: *Zharkova NN, Sukhotskaya VV, Ermokhin YuI [Assessment of the elemental chemical composition of the medicinal raw materials of Achillea millefolium L. and Echinacea purpurea L. when zinc and copper are applied]. Zemledelie. 2021;(1):19-22. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10105.*

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10106
УДК 631.6.02

Оценка влияния водорегулирующей лесной полосы на впитывающую способность почвы*

Ю. П. СУХАНОВСКИЙ, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: soil-er@kursknet.ru)
А. В. ПРУЩИК, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
В. А. ВЫТОВТОВ, старший научный сотрудник
А. Г. ТИТОВ, научный сотрудник
Курский Федеральный Аграрный Научный Центр, ул. Карла Маркса, 70 б, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования с целью изучения влияния водорегулирующей лесной полосы на впитывающую способность почвы проводили на склоне западной экспозиции в полевом опыте по контурно-мелиоративному земледелию, заложенном на площади 146 га в 1982 г. в Курской области. Почва опытного участка – чернозём типичный среднемощный тяжелосуглинистый. Впитывающую способность определяли методом дождевания с использованием портативной дождевальной установки. Монолиты для дождевания отбирали в конце второй декады апреля с использованием металлических цилиндров высотой 0,203±0,002 м и площадью 0,049±0,001 м^2 на удалении 10, 50 и 108 м выше и ниже по склону от лесной полосы, имевшей протяженность 194 м. Дождевание проводили в лабораторных условиях. Определяли плотность и влажность почвы, интенсивность дождя и количество воды, стекающей с поверхности. Результаты статистического анализа данных для всех расстояний удаленности от лесной полосы свидетельствуют о том, что величины плотности почвы (1,20±0,05 г/см^3) и её влажности (24,4±0,9 %) варьируют в пределах погрешности 4 %, впитывающая способность почвы (0,71±0,13 мм/мин) в пределах погрешности 18 %. Лесная полоса не оказывает влияния на эти факторы. Для установления количественных зависимостей величин этих показателей от расстояния до лесной полосы необходимы более точные методы измерений. В качестве примера применения результатов исследований для естественных дождей проведен расчёт слоя поверхностного стока при выпадении на почву экстремального дождя.

Ключевые слова: *чернозём типичный, впитывающая способность почвы, метод дождевания, дождевальная установка, водорегулирующие лесные полосы, многолетний полевой опыт, Курская область.*

Для цитирования: *Оценка влияния водорегулирующей лесной полосы на впитывающую способность почвы / Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, В. А. Вытовтов и др. // Земледелие. 2021. №1. С. 23–26. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10106.*

Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации [1] определён «переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству». Для этого требуются агротехнологии, обеспечивающие производство необходимого количества и качества, в частности, растениеводческой продукции, а также сохранение почвенных ресурсов и окружающей среды. Для этих технологий нужна достоверная оценка возможных последствий, в частности, изменения впитывающей способности почвы. С этой целью проводят многолетние полевые опыты, за время которых исследуемая технология может устареть. Поэтому нужны методы математического и физического моделирования, для применения которых необходимо мало времени.

От впитывающей способности почвы зависят влагообеспеченность растений, поверхностный сток, эрозия, потери из почвы химических веществ, поступление с поверхностным дождевым стоком загрязнителей в водные объекты [2]. Дождевальные установки широко используют для экспериментальных исследований поверхностного потока и эрозии почвы [3, 4, 5], инфильтрации [6, 7, 8], воздействия обработки почвы на качество воды [9], влияния землепользования на поверхностный поток [10], потери из почвы радионуклидов [11]. Широкое применение этих установок обусловлено малыми затратами (материальными и временными). Однако долгое время существовала проблема возможности интерпретации полученных экспериментальных данных применительно к естественным дождям. Ее решение связано с физическим моделированием, основанным на понятии подобия и критериях подобия исследуемых процессов [12]. Предложенные методы физического моделирования дождевых осадков (методы дождевания) дают возможность экспериментально исследовать последствия агротехнологии за короткое время. Глобальное изменение климата приводит к необходимости учёта интенсивности дождевых осадков [13], что необходимо принимать во внимание и при разработке агротехнологий на будущее. Сегодня из-за отсутствия натурных наблюдений в экспериментальных исследованиях методам физического моделирования дождевых осадков нет альтернативы.

При конструировании агроландшафтов большую роль играют лесные полосы. Расположенная на склоне лесная полоса, усиленная канавой и валом, уменьшает поверхностный сток воды, что ведёт к увеличению влагозапасов, уменьшению эрозионных потерь почвы и потерь растворённых минеральных веществ. Кроме того, они влияют на микроклимат в окрестности лесополос, что также оказывает воздействие на почву. Для оценки долгосрочных последствий влияния лесных полос на свойства почвы необходимы многолетние полевые эксперименты. Однако таких опытов очень мало. В частности, по этой причине слабо изучено долгосрочное влияние лесных полос на впитывающую способность почвы.

Цель работы – оценка влияния водорегулирующей лесной полосы на впитывающую способность почвы.

Исследования проводили в 2020 г. в полевом эксперименте по контурно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Медвенский район). Опыт заложен в 1982 г. на площади 146 га. На склоне западной экспозиции по горизонтали через 216 м размещены три узкие двухрядные тополёвые лесные полосы протяженностью по 194 м, усиленные канавой и валом. Для изучения влияния средней лесной полосы на впитывающую способность почвы были отобраны монолиты выше и ниже по склону от лесной полосы на удалении 10, 50 и 108 м. Расстояния 50 и 108 м соответствовали двум и четырём высотам деревьев. Площадь участка, прилегающего с обеих сторон к лесной полосе на расстоянии от 10 до 108 м, составляет 3,8 га. Она представляет интерес с позиции обеспечения растений влагой, а также формирования поверхностного дождевого стока и его последствий. Отбор монолитов проведён в паровом поле 19 апреля, за 3 недели до этого его обработали дискатором на глубину 10...12 см. Объект исследования – чернозём типичный пахотный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Количествен-

Работа выполнена в рамках государственного задания ФБГНУ Курский федеральный аграрный научный центр по теме № 0632-2019-0017.

ный показатель, характеризующий впитывающую способность почвы – максимальная скорость впитывания (инфильтрации), которая уменьшается во время выпадения дождя и зависит от водно-физических свойств почвы, наличия растительности и стадии её развития, а также от дождевых осадков. Если интенсивность дождя превышает впитывающую способность почвы, на склоне формируется поверхностный дождевой сток.

Данные о впитывающей способности почвы перед закладкой опыта отсутствуют. Поэтому оценить ее изменение за 38 лет невозможно. Однако можно оценить изменение впитывающей способности почвы на площади, прилегающей к лесной полосе.

Методика дождевания основана на физическом моделировании дождевых осадков [12], основанном на критериях подобия для искусственных и естественных дождей [14], а также уравнении впитывающей способности почвы. Для искусственного дождя впитывающую способность почвы определяет следующее уравнение [15]:

$$K(t) = K_{cr} + (K_{cr} - K_{\infty}) \times \exp\left[-\alpha\left(\frac{A(t)}{A_{cr}} - 1\right)\right], \quad (1)$$

где $K(t)$ – впитывающая способность в момент времени t после начала дождя, мм/мин; K_{cr} – критическая скорость впитывания, при которой начинается сток, мм/мин; K_{∞} – минимальная стабильная (установившаяся) скорость впитывания, мм/мин; exp – экспоненциальная функция; α – калибровочный параметр; A – эрозионная характеристика дождя (критерий подобия для искусственных дождей), Дж/м^2; A_{cr} – критическое значение A, при достижении которого начинается сток, Дж/м^2. Значение K_{cr} соответствует значению A_{cr}.

Для дождя с постоянной интенсивностью, одинаковым размером капель, падающих с одинаковой скоростью, величину A определяет уравнение [12]

$$A = \frac{1}{2}\rho V I^2 t, \quad (2)$$

где ρ – плотность воды, кг/м^3; V – скорость падения капель дождя, м/с; I – интенсивность дождя, м/с; t – время от начала дождя, с.

Из формулы (2) следует, что от интенсивности дождя сильно зависит его эрозионная характеристика. Справедливо равенство [12]:

$$AI = 2{,}3 \times 10^4 A, \quad (3)$$

где AI – эрозионный индекс естественных дождей (критерий подобия для естественных дождей), т·м/га. Запись «т·м» определяет размерность энергии как произведение тонны на метр, принятое для эрозионного индекса естественных дождей [16].

После замены в уравнении (1) A на AI его можно использовать для естественных дождей. При проверке этого утверждения, выполненной на основе данных наблюдений за 28 лет дождевого стока с водосбора площадью 5 га, измеренный слой стока составил 1,2 мм/год, рассчитанный – 1,0 мм/год (на 17 % меньше) [15]. Это означает, что экспериментальные данные, полученные для искусственного дождя на малой стоковой площадке, можно использовать для естественных дождей, выпадающих на большую площадь сельскохозяйственных угодий.

Для оценки разницы впитывающих способностей почвы использовали величину $K_{cp}(AI_{max})$. Она определяет среднее значение впитывающей способности в уравнении (1) для естественного дождя в интервале 0…AI_{max}. Слой поверхностного дождевого стока определяется превышением интенсивности дождя над впитывающей способностью почвы.

$$h = \int_0^T \left(I(t) - K(t)\right) dt, \quad (4)$$

где T – продолжительность дождя.

В (4) при интегрировании учитываются только значения $I(t) > K(t)$. Для оценки погрешности уравнения (1) принята величина:

$$\delta = 100 \sum_{i=1}^{n} \mathrm{abs}(K_{i,c} - K_{i,m}) \left(\sum_{i=1}^{n} K_{i,m}\right)^{-1}, \quad (5)$$

где δ – средневзвешенное относительное отклонение, %; n – количество измерений; abs – функция абсолютных значений; $K_{i,c}$ и $K_{i,m}$ – рассчитанное и измеренное значение K_i. Калибровочный параметр α в (1) определён из условия минимального значения δ. Источники погрешности прямых и косвенных измерений и их оценка описаны ранее [17].

Установлено [18], что для определения впитывающей способности почвы можно использовать стоковую площадку в форме круга диаметром 0,25 м, а для отбора монолитов почвы – металлические цилиндры высотой 0,20 м с боковым водосливом для стока дождевой воды. В экспериментах использовали цилиндры высотой 0,203±0,002 м и площадью поверхности почвы, с которой стекала вода, 0,049±0,001 м^2. Влажность почвы определяли в 5-кратной повторности термостатно-весовым методом, плотность – по ее массе в цилиндре и объёму цилиндра с пересчётом на воздушно-сухое состояние. Для создания искусственного дождя использовали портативную дождевальную установку [17]. Параметры дождя: диаметр капель 4,0±0,3 мм, скорость их падения 4,1±0,2 м/с. Дождевание проводили в лабораторных условиях, в которых отсутствовали порывы ветра, искажающие интенсивность дождевых осадков, падающих на поверхность почвы, что обеспечивало высокую точность измерений.

Для определения интенсивности дождя I (почва закрыта экраном) каждые 30 с измеряли объём воды, стекающей с известной площади экрана, в 10-кратной повторности и рассчитывали среднюю. После удаления экрана продолжали дождевание, фиксируя время начала стока t_{cr} (этому моменту соответствует $K_{cr} = I$ и A_{cr}, рассчитанное по формуле (2)) и через интервалы времени $\Delta t_i = 1$ мин измеряли объём стекающей воды. Результаты этих измерений в дальнейшем использовали для определения скорости стока R_i (мм/мин) и максимальной скорости инфильтрации

$$K_i = I - R_i. \quad (6)$$

При достижении максимальных значений R_i по уравнению (6) рассчитывали значение K_{∞}. Процедура проведения эксперимента более подробно описана в [18, 19]. Такой метод дождевания включён в Глобальную базу данных измерения инфильтрации почвы [20].

1. Плотность и влажность почвы монолитов в зависимости от удаления от лесной полосы и интенсивности дождей

Расстояние от лесной полосы, м	Плотность почвы, г/см^3	Влажность почвы, %	Интенсивность дождя, мм/мин
Выше по склону от лесной полосы			
108	1,15±0,02	23,6±0,3	1,87±0,02
50	1,12±0,01	24,0±0,4	1,84±0,02
10	1,22±0,03	26,0±1,1	1,86±0,02
Среднее	1,16±0,05	24,5±1,3	1,86±0,02
Коэффициент вариации, %	4	5	1
Ниже по склону от лесной полосы			
10	1,23±0,02	23,7±0,5	1,80±0,02
50	1,24±0,02	24,3±0,5	1,86±0,03
108	1,22±0,02	24,5±0,1	1,86±0,03
Среднее	1,23±0,01	24,2±0,4	1,84±0,03
Коэффициент вариации, %	1	2	2
Среднее по опыту			
Среднее	1,20±0,05	24,4±0,9	1,84±0,03
Коэффициент вариации, %	4	4	2

Фото: прорастающее зерно пшеницы, сканирующая электронная микрофотография

NEW*

Когда другим не под силу!

Протего Макс, МЭ

+ 75 г/л протиоконазола
+ 25 г/л пираклостробина
+ 25 г/л тебуконазола

Инновационный фунгицидный протравитель семян зерновых культур

- НАНОзащита «премиум-класса» для семян зерновых культур
- Высочайший уровень контроля болезней от семени до флаг листа
- Исключает риски снежной плесени при перезимовке культур
- Контролирует гибеллиноз

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

** новый российский продукт*

Реклама

Фото: конидии фитопатогена рода Colletotrichum - возбудителя антракноза и корневых гнилей различных культур, 3D иллюстрация

NEW*

Эмергентность – новый суперэффект в защите семян

Гераклион, КС

+ 400 г/л тирама
+ 25 г/л тебуконазола
+ 15 г/л азоксистробина

Уникальный фунгицидный протравитель семян зерновых культур, сои, гороха, подсолнечника

- Самый эффективный протравитель в своем классе за счет эмергенции 3-х компонентов – появление антибактериального эффекта в сочетании с фунгицидной защитой
- Высокая эффективность против широкого спектра фитопатогенов
- Мощное стимулирующее действие – работа на качество урожая
- Экономичность и высокий результат защиты

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

*новый российский продукт

Реклама

Фото:
возбудитель альтернариоза *(Alternaria alternata)*,
3D иллюстрация

NEW*

Прорыв в фунгицидной защите сельскохозяйственных культур

Титул Трио, ККР

+ 160 г/л тебуконазола
+ 80 г/л пропиконазола
80 г/л ципроконазола

- Фунгицид с совершенно новым сочетанием и выраженным синергизмом 3-х триазолов в НАНОформуляции
- Тройная защита в одной обработке
- Высочайший уровень контроля до 40 дней всего спектра болезней
- Идеальный компонент для технологии высоких урожаев озимых культур

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

** новый российский продукт*

Реклама

СЕМЕНА ВЫСОКИХ РЕПРОДУКЦИЙ

Мы размножаем и предлагаем лучшие сорта пшеницы, сои и других бобовых, гибриды подсолнечника

- с высокими показателями продуктивности
- устойчивые к заболеваниям
- адаптированные к различным почвенно-климатическим условиям
- в комплекте с полной системой защиты

www.betaren.ru

- по желанию заказчика семена обрабатываются высокоэффективными протравителями
- для всех культур разработана CVS технология защиты и питания, максимально раскрывающая потенциал сорта/гибрида

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

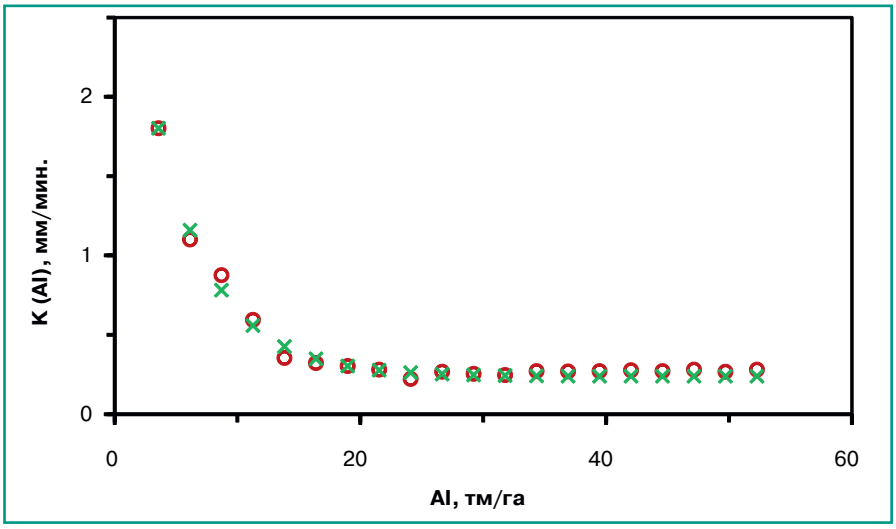


Рис. 1. Зависимость впитывающей способности почвы (○ – фактическая; × – расчётная) от эрозионного индекса дождя для монолита, отобранного на 10 м ниже лесной полосы.

Интенсивность искусственного дождя для всех почвенных монолитов была достаточно стабильной и в среднем составляла 1,84 мм/мин с погрешностью 2 %.

Средняя плотность почвы ниже по склону от лесной полосы была достоверно больше, чем на участке выше от лесной полосы (табл. 1). При этом в монолитах, отобранных на удалении по 10 м от лесной полосы, а также в 50 и 108 м ниже по склону величина этого показателя была практически одинаковой и варьировала от 1,22 до 1,24 г/см³, а на расстоянии 50 и 108 м от лесной полосы вверх по склону уменьшалась до 1,12...1,15 г/см³.

Максимальная в опыте влажность почвы (26,0 %) зафиксирована в монолите, отобранном в 10 м вверх по склону от лесной полосы. При удалении выше по склону на 50 и 108 м она достоверно снижалась до 24,0 и 23,6 %, а ниже по склону по мере увеличения расстояния от точек отбора монолитов до лесной полосы на 10, 50 и 108 м – заметно возрастала с 23,7 до 24,3 и 24,5 %.

Измеренные и рассчитанные значения впитывающей способности почвы были очень близкими. Для монолита, отобранного на удалении 10 м ниже лесной полосы, погрешность уравнения (1) составляла δ = 7 % (рис. 1). При анализе образцов, отобранных в других точках, зависимости были аналогичными.

Сравнение впитывающей способности почвы разных монолитов осуществляли с использованием интегрального показателя – среднее значение $K_{ср}$ величины K в уравнении (1) для интервала 0... AI_{max}. Принято AI_{max} = 40 т·м/га, поскольку из рис. 1 следует, что в этом диапазоне происходит уменьшение и стабилизация впитывающей способности почвы.

Результаты оценки величин K_{∞} и AI_{cr}, входящих в уравнение (1), погрешности этого уравнения (δ), а также средней впитывающей способности почвы ($K_{ср}$) свидетельствуют, что все они достоверны, так как абсолютная погрешность меньше их значений (табл. 2). Например, с погрешностью 18 % для средней впитывающей способности почвы можно принять значение 0,71 мм/мин для всех шести расстояний. То есть в пределах этой погрешности можно считать, что влияние лесной полосы отсутствует. Коэффициент вариации значений перечисленных величин был больше, чем у плотности и влажности почвы (см. табл. 1).

При изучении дождевой эрозии почвы и принятия необходимых мер (например, размещения лесных полос на склоне) большой интерес пред-

2. Исходные данные для уравнения впитывающей способности почвы монолитов, отобранных на различном удалении от лесной полосы

Расстояние от лесной полосы, м	Установившаяся скорость впитывания, мм/мин	Калибровочный параметр в уравнении (1)	Критическое значение эрозионного индекса дождя, т·м/га	Погрешность уравнения (1), %	Среднее значение впитывающей способности почвы, мм/мин
Выше по склону от лесной полосы					
108	0,266±0,005	0,76	5,5±0,8	7	0,89±0,06
50	0,240±0,010	0,72	2,7±0,6	9	0,55±0,05
10	0,241±0,004	0,38	2,7±0,7	10	0,67±0,07
Среднее	0,250±0,014	0,62±0,21	3,6±1,6	9±2	0,70±0,17
Коэффициент вариации, %	6	34	44	22	24
Ниже по склону от лесной полосы					
10	0,240±0,010	0,74	3,6±0,7	7	0,64±0,05
50	0,297±0,003	0,25	2,7±0,7	6	0,84±0,05
108	0,341±0,004	0,44	2,5±0,7	10	0,67±0,07
Среднее	0,292±0,052	0,48±0,25	2,9±0,6	8±2	0,72±0,10
Коэффициент вариации, %	18	52	21	25	14
Сверху и снизу от лесной полосы					
Среднее	0,271±0,041	0,55±0,22	3,3±1,2	8±2	0,71±0,13
Коэффициент вариации, %	15	40	36	21	18

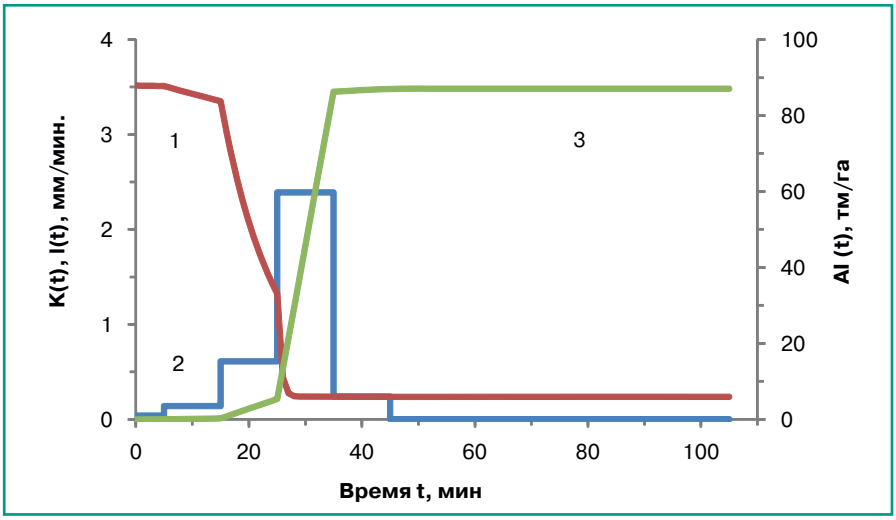


Рис. 2. Впитывающая способность почвы (1), интенсивность естественного дождя (2) и эрозионный индекс почвы монолита, отобранного на удалении 10 м ниже лесной полосы (3), в зависимости от времени.

ставляют экстремальные дожди, которые служат причиной образования поверхностного стока воды и эрозионных потерь почвы. Такой дождь был зарегистрирован на Нижнедевицкой воднобалансовой станции (Воронежская область) 14.08.1976 г. [12]. Его продолжительность была равна 105 мин, слой осадков – 34,1 мм, *AI* – 87 т·м/га. Результаты расчета эрозионного индекса по формуле, описанной в [12], и впитывающей способности почвы по уравнению (1) для этого дождя и почвенного монолита, взятого на удалении 10 м ниже лесной полосы (рис. 2), свидетельствуют, что с резким увеличением интенсивности дождя резко повышается его эрозионный индекс. Как следствие, уменьшается впитывающая способность почвы.

Слой стока, рассчитанный по формуле (4), был равен 21,3 мм. Он был сформирован за 10 минут (25…35 мин), когда интенсивность дождя превышала впитывающую способность почвы. Коэффициент стока составил 0,62.

Таким образом, анализ результатов измерения влажности, плотности и впитывающей способности почвы на удалении 10, 50, 108 м выше и ниже по склону от лесной полосы свидетельствует о слабом ее влиянии на величины показателей, измеренных на указанных расстояниях. Влажность почвы отличалась от средней для всех расстояний (24,4 %) в пределах погрешности 4 %. С такой же погрешностью отличались от средней (1,20 г/см^3) величины плотности почвы. Впитывающая способность почвы отличалась от средней (0,71 мм/мин) в пределах погрешности 18 %. Для получения достоверных количественных зависимостей необходимы более точные методы исследований.

Литература.

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642. URL: https://reestr.extech.ru/docs/sntr.pdf (дата обращения: 30.11.2020).

2. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, 2015. 650 p. URL: http://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf (дата обращения: 30.11.2020).

3. Zingg A. W. Degree and length of land slopes as it affect soil loss in runoff // Applied Energineering in Agriculture. 1940. Vol. 21(2). P. 59–64.

4. Norton L. D., Savabi. R. Evolution of a linear variable intensity rainfall simulator for surface hydrology and erosion studies // Applied Engineering in Agriculture. 2010. Vol. 26. No. 2. P. 239–245.

5. Mahmoodabadi M., Sajjadi S. A. Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain–induced erosion // Geomorphology. 2016. Vol. 253. No. 1. P. 159–167. doi: 10.1016/j.geomorph.2015.10.010.

6. Соболь Н. В., Габбасова И. М., Комиссаров М. А. Влияние различной интенсивности дождей и крутизны склонов на развитие эрозии почв в Южном Предуралье (модельный опыт) // Почвоведение. 2017. № 9. С. 1134–1140. doi: 10.7868/S0032180X17090064.

7. Hawke R. M., Price A. G., Bryan R. B. The effect of initial soil water content and rainfall intensity on near surface soil hydrologic conductivity: A laboratory investigation // Catena. 2006. Vol. 65. No. 3. P. 237–246. doi: 10.1016/j.catena.2005.11.013.

8. Передвижение влаги в серой лесной почве в условиях напорного и не напорного впитывания / А. Б. Умарова, Е. В. Шеин, Н. Н. Медко и др. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 12. С. 91–94.

9. Smith D. R., Warnemuende-Pappas E. A. Vertical tillage impacts on water quality derived from rainfall simulations // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 153. P. 155–160. doi: 10.1016/j.still.2015.04.004.

10. Minea G., Ioana-Toroimac G. Land use impact on overland and flow: micro-scale field experimental analysis // Journal of Water and Land Development. 2016. No. 29. P. 67–74. doi: 10.1515/jwld-2016-0013.

11. Rainfall-runoff simulation of radioactive cesium transport by using a small-scale portable rainfall simulator / A. N. Saber, P. Somjunyakul, J. Ok, et al. // Water Air Soil Pollution. 2019. Vol. 226. P. 230–245. doi: 10.1007/s11270-019-4268-9.

12. Сухановский Ю. П. Модификация методики дождевания стоковых площадок для исследования эрозии почв // Почвоведение. 2007. № 2. С.215–222.

13. Rainfall Variability under Present and Future Climate Scenarios Using the Rossby Center Bias-Corrected Regional Climate Model / J. Mugo, F. Opijah, J. Ngaina, et al. // American Journal of Climate Change. 2020. Vol. 9. P. 243–265. doi: 10.4236/ajcc.2020.93016.

14. A new index for rainfall erosivity on a physical basis / Y. P. Sukhanovski, G. Ollesh, K. Y. Khan, et al. // Plant nutrition and soil science. 2002. No. 165. P. 51–57.

15. Сухановский Ю. П. Зависимость инфильтрации от эрозионной характеристики дождя // Почвоведение. 2003. № 10. С. 1248–1257.

16. Wischmeier W. H., Smith D. D. Predicting rainfall erosion losses // Agricultural handbook. Washington. 1978. No. 537. 65 p.

17. Изучение влияния содержания в дожде биогенных веществ на их потери из почвы с использованием метода дождевания / Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, В. А. Вытовтов и др. // Агрохимический вестник. 2019. № 6. С. 59–63. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10092.

18. Assessment of soil infiltration capacity by using portable rainfall simulator / Y. P. Sukhanovskij, V. A. Vitovtov, A. V. Prushchik, et al. // Dokuchaev Soil Bulletin. 2015. Vol. 78. P. 26–35.

19. Методика определения потерь из почвы биогенных веществ с использованием портативной дождевальной установки / Ю. П. Сухановский, В. А. Вытовтов, Ю. А. Соловьёва и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 68–71.

20. Development and analysis of the Soil Water Infiltration Global database / M. Rahmati, L. Weihermuller, J. Vanderborght, et al. // Earth System Science Data. 2018. Vol. 10. P. 1237–1263. doi: 10.5194/essd-10-1237-2018.

The effect of a water-regulating forest belt on the soil absorption capacity

Yu. P. Sukhanovskii, A. V. Prushchik, V. A. Vytovtov, A. G. Titov
Federal Agricultural Kursk Research Center, ul. K. Marx, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *The work examined the influence of a water-regulating forest belt on the absorption capacity of the soil. The research was carried out on the slope of the western exposition in a field experiment on contour-reclamation agriculture, laid down on an area of 146 hectares in 1982 in the Kursk region. The soil of the test plot is typical medium-thick heavy loamy chernozem. A sprinkling method using a portable sprinkler was used to determine soil absorption capacity. Monoliths for sprinkling were selected at the end of the second decade of April using metal cylinders 0.203 ± 0.002 m high and 0.049 ± 0.001 m2 in the area at a distance of 10, 50, and 108 m above and below the slope from the forest belt, which had a length of 194 m. Sprinkling was carried out under laboratory conditions. We determined soil density, moisture content, rain intensity and the amount of water flowing from the surface. The results of statistical analysis of data for all distances from the forest belt indicate that the values of soil density (1.20 ± 0.05 g/cm3) and its moisture content (24.4 ± 0.9%) vary within an error of 4%, the absorbency of the soil (0.71 ± 0.13 mm/min) vary within an error of 18%. The forest belt does not affect these factors. To establish quantitative dependences of the values of these indicators on the distance to the forest belt, more accurate measurement methods are needed. As an example of the application of the research results for natural rains, the calculation of the surface runoff layer when extreme rain falls on the soil was carried out.*

Keywords: *typical chernozem; soil absorption capacity; sprinkling method; sprinkler; water-regulating forest belt; long-term field experiment; Kursk region.*

Author Details: *Yu. P. Sukhanovskii, D. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: soil-er@kursknet.ru); A. V. Prushchik, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; V. A. Vytovtov, senior research fellow; A.G. Titov, research fellow.*

For citation: *Sukhanovskii YuP, Prushchik AV, Vytovtov VA, et al. [The effect of a water-regulating forest belt on the soil absorption capacity]. Zemledelie. 2021;(1):23-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10106.*

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10107
УДК 633.11+631.87

Эффективность применения биопрепаратов в посеве озимой пшеницы на светло-серой лесной почве

А. А. ЗАВАЛИН, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией (e-mail: zavalin.52@mail.ru)
А. М. НАКАРЯКОВ, соискатель
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, ул. Прянишникова, 31 а, Москва, 127550, Российская Федерация

Исследования проводили с целью агрономической оценки применения различных биологических препаратов (Альбит, Бисолбисан, Экстрасол и V 417) для обоснования приемов их использования в органических агротехнологиях возделывания озимой пшеницы. Работу осуществляли в 2017–2019 гг. в Калужской области на светло-серой лесной почве. Посевы озимой пшеницы Московская 39 обрабатывали биопрепаратами в начале трубкования (контроль – без обработки). При размещении культуры по пласту многолетних бобово-злаковых трав сбор зерна по годам исследований варьировал от 2,1 до 2,6 т/га и в среднем за три сезона составил 2,34 т/га. При использовании препаратов урожайность возросла до 2,80…3,15 т/га, превысив контроль в 1,2…1,3 раза. Самая высокая прибавка (0,81 т/га) отмечена при использовании Бисолбисана, который по эффективности превосходил Экстрасол, Альбит и V 417 на 0,28…0,35 т/га. Препараты не влияли на долю зерна в общебиологическом урожае, оцениваемому по хозяйственному коэффициенту, который был равен 0,43…0,45. Масса 1000 зерен в среднем за годы исследований изменялась от 44,6 до 46,5 г, с наименьшей величиной этого показателя (44,6…45,0 г) в варианте с Экстрасолом и V 417, наибольшей (46,5 г) – с Альбитом. Использование биопрепаратов значительно повышало содержание белка в зерне, по сравнению с контролем, на 0,7…1,2 %. Одновременно накопление азота, фосфора и калия в урожае увеличилось в 1,25…1,46 раз, более высокие их концентрации зафиксированы при использовании Бисолбисана. В этом варианте отмечена максимальная в опыте прибавка урожая зерна на 1 кг потребленных растениями NPK. Вынос азота 1 т зерна с соответствующим количеством соломы при использовании препаратов, по сравнению с нормативами, не изменился, P_2O_5 увеличился в 1,5 раза, K_2O – снизился в 1,3 раза.

Ключевые слова: *озимая пшеница (Triticum aestivum L.), биологические препараты, урожайность, качество зерна.*

Для цитирования*: Завалин А. А., Накаряков А. М. Эффективность применения биопрепаратов в посеве озимой пшеницы на светло-серой лесной почве // Земледелие. 2021. № 1. С. 27–30. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10107.*

В Российской Федерации в 2020 г. вступил в действие федеральный закон об органическом сельском хозяйстве № 280-ФЗ. В ряде стран органическое сельское хозяйство, наряду с агролесоводством и точным земледелием, входит в число обязательных эко-практик; значительное количество учреждений проводят научно-производственные исследования по проблематике органического сельского хозяйства. В некоторых странах, включая РФ, наблюдают дефицит органической продукции [1]. В технологиях органического земледелия ограничивают или вообще не используют химические пестициды и расширяют применение биологических средств [2, 3]. Для поддержания оптимального фитосанитарного состояния посевов и оптимизации гигиенических требований к здоровой почве [4, 5] защита посевов от сорняков основывается на использовании механической обработки и высева сидерально-покровных культур, что сдерживает развитие сорной растительности ниже экономического порога вредоносности. Защита растений от болезней базируется на развитии почвенного биоценоза, увеличения ферментного пула и повышения фитоиммунитета возделываемых сельскохозяйственных растений [4]. Для активизации почвенной микрофлоры используют различные микробные препараты на основе активных штаммов бактерий, которые положительно влияют на ферментативный статус растений, контролируют развитие патогенной микрофлоры [4, 6]. Использование в агротехнологиях выращивания сельскохозяйственных культур микробных препаратов, созданных на основе консорциума азотфиксирующих и фосфатмобилизующих бактерий, снижает отрицательное действие пестицидов на полезные виды микроорганизмов [7], подавляет развитие их патогенных форм, что открывает возможности для расширения использования ресурсосберегающего экологически чистого растениеводства с целью получения продукции высокого качества [8]. При внесении под озимую пшеницу новых форм препаратов с комплексом аминокислот и физиологически активных веществ повышается устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды, увеличивается урожайность зерна, масса 1000 зерен, содержание белка и сырой клейковины в зерне [9].

Цель исследования – провести агрономическую оценку применения различных биологических препаратов для обоснования приемов их использования в органических агротехнологиях возделывания озимой пшеницы на светло-серой лесной почве.

Эксперименты выполняли в 2017–2019 гг. в ООО «Савинская Нива» в Калужской области. Перед закладкой опыта пахотный слой (0…20 см) светло-серой лесной среднесуглинистой почвы характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,70…1,90 %; кислотность солевой вытяжки – 5,7…5,9 ед. pH; подвижных форм P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 60…69 и 59…69 мг/кг соответственно; гидролитическая кислотность (Нг, по Каппену) – 1,56…1,64 мг-экв./100 г. Согласно группировке некарбонатных почв по степени агрохимической окультуренности [10], по содержанию подвижного фосфора и минерального азота она относится к среднеокультуренной, подвижного калия – к низкоокультуренной, реакции почвенной среды – к повышенной. Озимую пшеницу сорта Московская 39 возделывали по принятой в хозяйстве технологии, предшественник – многолетние бобово-злаковые травы.

Во все годы исследования в период зимовки озимой пшеницы отмечена повышенная температура воздуха, количество атмосферных осадков практически соответствовало многолетней норме (по данным Мосальской метеостанции Калужской области). Температура воздуха в марте в 2017 и 2019 гг. была на 3…5 °С выше, в 2018 г., наоборот, холоднее нормы, при количестве осадков меньше среднемноголетнего количества на 4…10 мм. В начале вегетации озимой пшеницы в середине апреля, температура воздуха соответствовала многолетнему значению (2017 г.) или превышала его

на 2,1…2,6 °С (2018 и 2019 гг.). Количество осадков в этот период, кроме 2017 г. (49 мм), было меньше нормы (34 мм) в 2018 г. на 14 мм, 2019 г. – на 19 мм. В период активного нарастания фитомассы и формирования генеративных органов озимой пшеницы (май–июнь) среднесуточная температура воздуха превышала многолетние значения на 2,5…3,0 °С при количестве осадков близким к норме в 2017 и 2019 гг., а в 2018 г. в 1,5 раза выше. Во время формирования и налива зерна в июле температура воздуха соответствовала многолетней норме (18,3 °С), количество осадков превышало её (69 мм) во все годы. В период созревания зерна и уборки среднесуточная температура воздуха соответствовала климатической норме (16,9 °С), при сумме осадков в 2017 г. и 2018 г. близкой среднемноголетнему количеству (72 мм), а в 2019 г. – больше на 25 мм. Таким образом, погодные условия во все годы проведения опыта соответствовали климатической норме, а отдельные колебания среднесуточной температуры воздуха и количества атмосферных осадков в целом не оказали значительного воздействия на растения озимой пшеницы.

В опыте оценивали эффективность использования четырех различных препаратов – Альбит, Бисолбисан, Экстрасол и V 417, которыми обрабатывали посевы озимой пшеницы в фазе начало трубкования растений при норме расхода препарата 1 л/га с объемом воды 200 л/га.

Альбит включает полибетагидроксимасляную кислоту, бактерии *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens* – антагонистов многих грибковых болезней. Микроорганизмы положительно влияют на иммунную систему растений, улучшают их устойчивость к неблагоприятным внешним условиям. В составе препарата содержатся сернокислый магний, карбамид, калий (фосфорнокислый двухзамещенный и азотнокислый). Биопрепарат стабилизирует рост и развитие культур, усиливает воздействие фунгицидов, удобрений и инсектицидов. При опрыскивании в начале трубкования предотвращает развитие у растений корневых гнилей, бурой ржавчины и мучнистой росы [11].

Микробный препарат Бисолбисан – фунгицид и бактерицид контактного действия. Действующее вещество *Bacillus subtilis штамм Ч-13* и метаболиты, полученные в процессе культивирования штамма, жидкая форма препарата. Он подавляет прорастание спор и рост мицелия, из-за многостороннего воздействия бактериальных метаболитов – литических ферментов, антибиотиков. Помимо защиты, оказывает стимуляцию ростовых процессов и индуцирует системную устойчивость к широкому кругу патогенных микроорганизмов [12].

Препарат Экстрасол создан на основе штамма *Bacillus subtilis Ч-13* (без метаболитов) обладает комплексом полезных свойств: способен синтезировать вещества, подавляющие развитие фитопатогенных грибов и бактерий, продуцирует стимулирующие соединения, положительно влияющие на растения. Благодаря активной колонизации корней растений бактерии улучшают развитие корневых волосков и увеличивают их поглотительную способность фосфора, а также улучшают поглощение растениями элементов питания из почвы и удобрений. Они также повышают иммунитет растений и устойчивость к пониженным температурам и засухе [12, 13].

Препарат V 417 создан на основе эндофитной бактерией штамма *Bacillus subtilis штамм V 417*, обладает выраженной фунгицидной активностью против спектра фитопатогенных грибов р. *Fusarium, Alternaria, Phytium*; бактерицидной активностью против фитопатогенных бактерий *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus, Erwinia carotovora subsp. atroseptica, Pseudomonas syringae* и ростстимулирующим эффектом по отношению к различным сельскохозяйственным культурам [6].

Все изучаемые препараты обладают способностью фиксировать атмосферный азот, который после минерализации становится доступным для растений [3, 6, 13].

Полевой опыт закладывали в четырехкратной повторности, общая площадь делянки – 100 м^2, учетная – 36 м^2, размещение делянок рендомезированное.

Учет урожая осуществляли сплошным методом с пересчетом на 14 %-ую влажность зерна и 100 %-ую чистоту. Образцы почвы и растений в фазы цветения и в полную спелость отбирали с двух несмежных повторений, анализы проводили в воздушно-сухом состоянии. В растении содержание общего азота определяли по методу Къельдаля (ГОСТ 13496.4-93), фосфора (P_2O_5) – колориметрическим методом (ГОСТ 26657-97), калия (K_2O) – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504-97); в почве: N-N0$_3$ –ионометрическим методом, N-NH$_4$ – фотоколориметрическим методом. Содержание в зерне белка – умножая содержание общего азота на коэффициент 5,7, массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89. Хозяйственный коэффициент ($K_{хоз}$) рассчитывали как отношение массы зерна к массе зерна+солома.

Оценивали вынос элементов питания 1 т зерна с соответствующим количеством соломы, по сравнению с действующими нормами (*Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами / отв. за выпуск Р.И. Попова. М.: ЦИНАО, 1991. 66 с.*)

Статистический анализ экспериментальных данных проводили дисперсионным методом с использованием программы STATVIUA, достоверность различий оценивали по F-критерию Фишера.

При выращивании озимой пшеницы по пласту многолетних бобово-злаковых трав 2 года пользования (клевер + фестулолиум) сформировалась урожайность зерна на уровне от 2,10 до 2,65 т/га (табл. 1). Колебания урожайности зерна озимой пшеницы в годы проведения опыта связаны с различным накоплением в почве биологического азота, служащего резервом питания растений. В 2017 г. при минимальном накоплении в почве биологического азота (53,0 кг/га) урожайность зерна от использования всех изучаемых биопрепаратов возросла, по сравнению с контролем, на 0,36…0,49 т/га. В 2018 г. при таком же накоплении в почве биологического азота (54,7 кг/га) сбор зерна был выше, по сравнению с предыдущим годом, и благодаря применению биопрепаратов возрос, по сравнению с контролем, на 0,40…0,58 т/га. В 2019 г. при максимальном накоплении многолетними бобовыми травами биологического азота в почве (78,8 кг/га) в контроле зафиксировали самый высокий сбор зерна – 2,65 т/га. Обработка растений всеми изучаемыми биопрепаратами повысила урожайность зерна озимой пшеницы в этом году на 0,48…1,34 т/га.

В среднем за три года по бобово-злаковому предшественнику урожайность зерна составила 2,34 т/га, при использовании биопрепаратов она достоверно возросла, по сравнению с контролем, в 1,2…1,3 раза. Самая высокая прибавка продуктивности (0,81 т/га) зафиксирована в варианте с обработкой посевов препаратом Бисолбисан, который по своей эффективности превосходил другие изучаемые препараты (Экстрасол, Альбит и V 417) на 0,28..0,35 т/га. От применения этих препаратов сбор зерна, по сравнению

1. Влияние биопрепаратов на урожайность зерна озимой пшеницы и показатели его качества

Вариант	Зерно			В среднем за 3 года				
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	зерно	солома	$K_{хоз}$	масса 1000 зерен, г	белок в зерне, %
	т/га							
Контроль	2,10	2,28	2,65	2,34	3,07	0,45	45,6	11,5
Экстрасол	2,47	2,81	31,3	2,80	3,65	0,45	44,6	12,7
Бисолбисан	2,59	2,86	3,99	3,15	3,87	0,45	45,3	12,4
Альбит	2,47	2,72	3,32	2,84	3,89	0,43	46,5	12,4
V 417	2,46	2,68	3,47	2,87	3,65	0,46	45,0	12,2
$НСР_{05}$	0,18	0,39	0,45	0,27	0,44	0,04	1,3	0,6

2. Накопление элементов питания в урожае озимой пшеницы (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Зерно			Солома			Зерно+солома			Локализация в зерне		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O			
	% на сухое вещество						кг/га			N	P_2O_5	K_2O
Контроль	2,02	0,94	0,48	0,46	0,19	0,67	60,7	26,7	28,2	0,76	0,81	0,40
Экстрасол	2,22	0,96	0,47	0,49	0,20	0,71	79,0	33,5	35,0	0,78	0,79	0,37
Бисолбисан	2,17	1,00	0,48	0,50	0,25	0,75	88,7	39,0	40,8	0,77	0,77	0,38
Альбит	2,17	0,95	0,49	0,44	0,23	0,69	82,5	35,2	37,5	0,78	0,75	0,38
V 417	2,14	0,95	0,48	0,45	0,23	0,68	81,2	33,8	35,3	0,79	0,78	0,40
$НСР_{05}$	0,11	0,22	–	0,06	0,02	0,04	6,4	2,4	4,8	0,03	0,04	0,05

необработанным вариантом, увеличился на 0,46...0,50 т/га. Рост продуктивности озимой пшеницы при использовании препаратов обусловлен положительным влиянием бактерий, которые подавляют развитие патогенных микроорганизмов и продуцируют физиологически активные вещества, что усиливает поглощение озимой пшеницей элементов минерального питания из почвы и вовлекает в агросистему биологический азот, фиксированный бактериями [3, 6].

Одновременно с ростом урожайности зерна при обработке посевов биопрепаратами, по сравнению с контролем, возрастал сбор соломы (на 0,58…0,82 т/га). Действие всех изучаемых препаратов на массу соломы было равноценным и не влияло на значение (0,43…0,46) хозяйственного коэффициента ($K_{хоз}$), характеризующего долю зерна в общебиологическом урожае.

Более выполненное зерно сформировалось в первый год опыта – масса 1000 зерен составила 47…48 г. В последующие годы величина этого показателя была меньше, что связано с погодными условиями. В среднем за три года исследований масса 1000 зерен озимой пшеницы при использовании препаратов изменялась от 44,6 до 46,5 г (см. табл. 1). Наименьшей (44,6…45,0 г) она была в варианте с применением препаратов Экстрасол и V 417, самой высокой (46,5 г) – Алибита.

При обработке посевов в фазе начало трубкования всеми изучаемыми в опыте препаратами в зерне возрастало содержание белка на 0,7…1,2 % по отношению к контролю, при этом самым высоким (12,7 %) оно было в варианте с применением Экстрасола. Вместе с тем при использовании всех изучаемых препаратов содержание белка в зерне находилось на одном уровне. Повышение урожайности и содержания белка в зерне озимой пшеницы связано, преимущественно, с улучшением азотного питания растений, а так же стимулирующим действием микроорганизмов на растения, снижением развития патогенны микроорганизмов [3, 12].

Улучшение азотного питания растений подтверждается увеличением концентрации азота в зерне, по сравнению с контролем, на 0,12…0,20 %. Это положительно отразилось на накопление азота в урожае (зерно+солома) при использовании препаратов – на 18…28 кг/га больше контроля, самым эффективным из них был Бисолбисан (табл. 2). Препараты не влияли на содержание других важнейших элементов питания (фосфора и калия) в зерне озимой пшеницы, увеличивали, за исключением Экстрасола, концентрацию в соломе фосфора, а Экстрасол и Бисолбисан – повышали концентрацию калия в соломе.

Увеличение массы зерна и соломы и изменения содержания фосфора и калия при использовании препаратов увеличило накопление в урожае фосфора и калия в 1,25…1,46 раз, по сравнению с контролем. Препараты не изменяли локализацию (распределение между зерном и соломой) потребленного азота и калия в зерне и слабо повышали локализацию в соломе фосфора, что может косвенно свидетельствовать об улучшении питания растений [14].

При использовании препаратов на озимой пшенице из-за увеличения урожая зерна и массы соломы из почвы отчуждается около 80 кг/га азота, 34…39 кг/га фосфора и 35…40 кг/га калия. Отчуждение азота компенсируется благодаря симбиотическому азоту пожнивно-корневых остатков клевера, с которыми поступает в почву 62 кг/га, а также ассоциативной азотфиксации – около 8…10 кг/га и свободно живущих азотфиксирующих микроорганизмов – около 5…6 кг/га [13, 15]. В итоге суммарное поступление азота составляет около 75…80 кг/га, что, примерно, соответствует его отчуждению из почвы с массой зерна и соломы. Иная ситуация складывается с отчуждением урожаем из почвы фосфора и калия, вынос которых должен компенсироваться путем внесения соответствующих элементов с органическими или минеральными удобрениями, чтобы предотвратить снижение плодородия почвы [2, 10].

При использовании в фазе трубкования озимой пшеницы препаратов Экстрасол и Бисолбисан снижается на 2,3 кг количество выращенного зерна 1 кг потребленного азота, а в вариантах с использованием Альбита и V 417 величина этого показателя была на одном уровне с контролем. От применения препаратов Бисолбисан и Альбита сформировано меньше на 7 кг зерна на 1 кг потребленного фосфора, а от Экстрасола и V 417 – величина этого показателя не изменялась. Все препараты не изменяли эффективность использования калия на формирование урожая зерна. Максимальной эффективностью использования растениями потребленных элементов питания, оцениваемой по прибавке урожая зерна на 1 кг потребленных растениями NPK, характеризовался Бисолбисан (табл. 3).

3. Эффективность использования озимой пшеницей потребленных элементов питания (среднее за 2017–2019 гг.), кг

Вариант	Создано зерна на 1 кг потребленного			Прибавка зерна на 1 кг потребленного			Вынос 1 т зерна с учетом соломы		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Контроль	38,1	87,6	83,7	–	–	–	26,3	11,4	12,1
Экстрасол	35,9	85,0	81,6	6,4	15,1	14,8	28,0	11,8	12,4
Бисолбисан	35,9	80,6	77,7	9,2	20,6	20,1	27,9	12,4	13,0
Альбит	36,2	80,5	75,8	6,1	13,8	13,3	27,7	12,5	13,4
V 417	36,6	84,9	82,6	6,7	15,6	15,1	27,3	11,8	12,3
$НСР_{05}$	2,2	6,5	13,1	3,4	8,2	8,6	1,6	0,9	2,0

Вынос азота 1 т зерна при использовании всех изучаемых в опыте препаратов составлял 27,3…28,0 кг/т, что согласуется с действующим нормативом (27,7 кг/т). Вынос P_2O_5 1 т зерна с соответствующим количеством соломы увеличился примерно в 1,5 раза, по сравнению с нормативом (8,2 кг/т) и составил 11,5…12,5 кг/т, а вынос K_2O – снизился, по сравнению с нормативом (17,2 кг/т) до 12,5…13,0 кг/т по всем препаратам (см. табл. 3). Использование изучаемых препаратов не влияло на изменение выноса обоих элементов, по сравнению с фоном без обработки растений. Изменение выноса фосфора и калия 1 т зерна с соответствующим количеством соломы, по сравнению с действующими нормативами, связано с возделыванием нового сорта, характеризующимся более высокой долей в урожае зерна и преимущественной локализацией в нем фосфора, а калия – в соломе (см. табл. 2).

В фазе цветения в слое почвы 0…40 см содержание минерального азота ($N_{мин}$) при применении препаратов превышало контроль преимущественно благодаря увеличению $N\text{-}NO_3$ (табл. 4). Связано это с положительным влиянием

4. Содержание минерального азота в почве и элементов питания в растениях озимой пшеницы (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Содержание в слое 0…40 см минерального азота, мг/кг						Концентрация элементов питания в растениях в фазу цветения, % на сухое вещество		
	в фазе цветения			в фазе созревания					
	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	$N_{мин}$	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	$N_{мин}$	N	P_2O_5	K_2O
Контроль	5,6	10,2	15,8	4,8	8,3	13,1	1,16	0,37	0,50
Экстрасол	4,9	11,4	16,3	4,3	7,7	13,0	1,21	0,44	0,54
Бисолбисан	5,3	14,2	19,5	5,2	9,0	14,2	1,22	0,46	0,63
Альбит	4,9	12,5	17,4	4,3	8,6	12,9	1,21	0,45	0,61
V 417	4,3	13,5	17,8	4,4	8,5	12,9	1,18	0,45	0,60
$НСР_{05}$	0,6	1,9	1,9	0,3	2,6	1,4	0,09	0,07	0,08

на растения входящих в состав препаратов микроорганизмов, увеличивающих корневые выделения, которые осуществляют минерализацию продуктов азотфиксации и почвенного азота [14]. В фазе созревания озимой пшеницы, по сравнению с цветением, в слое почвы 0…40 см содержание аммонийного азота снижалось примерно в 0,93 раза, нитратного азота – в 0,69 раза из-за потребления растениями, преимущественно последнего.

Таким образом, в результате трехлетних исследований оценена эффективность применения на озимой пшенице биологических препаратов, которые по агрономической эффективности (прибавка к контролю) размещаются в следующем убывающем ряду: Бисолбисан (0,81 т/га), V 417 (0,53), Альбит, (0,50) и Экстрасол (0,46). Применение препаратов в органических агротехнологиях выращивания озимой пшеницы обеспечивает получение урожая зерна около 3,0 т/га с содержанием белка 12,2…12,7 %. При выращивании озимой пшеницы по пласту бобово-злаковых трав и обработке посевов изучаемыми препаратами отчуждение азота из почвы с массой зерна и соломы компенсируется благодаря биологическому азоту, компенсация выноса фосфора и калия должна производиться путем внесения удобрений, в системе органического земледелия таким источником могут быть различные органические удобрения.

Литература.

1. Авилова А. В. Каковы перспективы органического земледелия в России? // Вестник Российской академии наук. 2016. Т. 86. № 3. С. 237–243. doi: 10.7868/S0869587316030038.

2. Кудеяров В. Н. Эмиссия закиси азота из почв в условиях применения удобрений (аналитический обзор) // Почвоведение. 2020. № 10. С. 1192–1205. doi: 10.31857/S0032180X20100X.

3. Тихонович И. А., Завалин А. А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в Российской Федерации // Плодородие. 2016. № 5 (92). С. 28–32.

4. Здоровая почва – условие устойчивости и развития арго- и социосфер (проблемно-аналитический обзор) / М. С. Соколов, В. М. Семенов, Ю. Я. Спиридонов и др. // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 1. С. 12–21. doi: 10.31857/S0002332920010142.

5. Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по no-till технологии в севооборотах / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 6. С. 5–9. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10601.

6. Эндофитные бактерии древесных растений как основа комплексных микробных препаратов для сельского и лесного хозяйства / В. К. Чеботарь А. В. Щербаков, Н. Н. Щербакова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 648–654.

7. Оценка консорциума микроорганизмов с высокой биологической активностью и устойчивостью к пестицидному стрессу / Т. Ю. Мотина, И. А. Дектярева, А. Я. Давлетшина и др. // Агрохимический вестник. 2019. № 1. С. 46–54. DOI 10.24411/0235-2516-2018-10076.

8. Савченко И. В. Ресурсосберегающее экологически чистое растениеводство для получения продукции высокого качества // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 527–531. doi: 10.31857/S0869-5873895527-531.

9. Разработка новых регуляторов роста озимой пшеницы / Л. Г. Дядюченко, В. В. Тараненко, В. Д. Стрелков и др. // Агрохимия. 2019. № 6. С. 14–17. doi: 10.1134/S0002188119060036.

10. Сычев В. Г., Шафран С. А., Виноградова С. Б. Плодородие почв России и пути его регулирования // Агрохимия. 2020. № 6. С. 3–13. doi: 10.31857/S0002188120060125.

11. Алехин В.Т., Злотников А.К. Биопрепарат Альбит: результаты и особенности применения // Земледелие. 2006. № 3. С. 38–40.

12. Микробные препараты на основе эндофитных и ризобактерий, которые перспективны для повышения продуктивности и эффективности использования минеральных удобрений у ярового ячменя (Hordeum vulgare L.) и овощных культур / В. К. Чеботарь, А. Н. Заплаткин, А. В. Щербаков и др. // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 3. С. 335–342. doi: 10.15389/agrobiology.2016.3.335rus.

13. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия / А. П. Кожемяков, Ю. В. Лактионов, Т. А. Попова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 3. С. 369–376. doi: 10.15389/agrobiology.2015.3.369rus.

14. Завалин А. А., Соколов О. А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. М.: ВНИИА, 2016. 595 с.

15. Завалин А. А., Благовещенская Г. Г. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России // Агрохимия. 2012. № 6. С. 32–37.

Drugs efficiency in winter wheat crops on light grey forest soil

A. A. Zavalin, A. M. Nakaryakov
Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry,
ul. Pryanishnikova, 31 a, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. *The study assessed various biological preparations (Albite, Bisolbisan, Extrasol and V 417) to substantiate the methods of their use in organic agricultural technologies for the winter wheat cultivation. The experiment was carried out in 2017–2019 in the Kaluga region on light grey forest soil. The crops of winter wheat Moskovskaya 39 were treated with biological preparations at the beginning of stem extension, the control was without treatment. When growing winter wheat after perennial leguminous-cereal grasses grain yield varied from 2.1 to 2.6 t/ha and averaged 2.34 t/ha over three years. When using the preparations, the grain yield increased to 2.80–3.15 t/ha, exceeding the control 1.2–1.3 times. The highest increase (0.81 t/ha) was observed when using Bisolbisan, which was superior in efficiency to Extrasol, Albite and V 417 by 0.28–0.35 t/ha. The preparations did not change the share of grain in the general biological yield, estimated by the economic coefficient equal to 0.43–0.45. The mass of 1000 grains varied from 44.6 g to 46.5 g, with the lowest value of this indicator (44.6–45.0 g) in the variant with Extrasol and V 417, and the highest value (46.5 g) for Albite. The preparations, in comparison with the control, significantly increased the protein content in the grain by 0.7–1.2%. The accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in the crop increased 1.25–1.46 times, their higher concentrations were obtained when using Bisolbisan. This preparation achieved the maximum increase in grain yield per 1 kg of NPK consumed by plants. The nitrogen removal with 1 ton of grain with the corresponding amount of straw when using the preparations did not change in comparison with the standards, however, the removal of P2O5 increased 1.5 times and the removal of K2O decreased 1.3 times.*

Keywords: *winter wheat (Triticum aestivum L.); biological preparations; grain yield; grain quality.*

Author Details: *A. A. Zavalin, D. Sc. (Agr.), head of laboratory (e-mail: zavalin.52@mail.ru); A. M. Nakoryakov, applicant.*

For citation: *Zavalin AA, Nakoryakov AM. [Drugs efficiency in winter wheat crops on light grey forest soil]. Zemledelie. 2021;(1):27-30. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10107.*

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10108
УДК 631.83:631.46

Возделывание проса в смеси с рапсом на корм в южной лесостепи Западной Сибири

В. С. БОЙКО, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора
А. Ю. ТИМОХИН, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом (e-mail: timokhin@anc55.ru)
Омский аграрный научный центр, просп. Королева, 26, Омск, 644012, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния оптимизации условий минерального питания на урожайность смеси проса посевного с рапсом яровым, водный и питательный режимы лугово-черноземной почвы южной лесостепи Западной Сибири. Работу выполняли в Омской области в 2011–2013 гг. в стационарном полевом опыте в восьмипольном севообороте с выводными полями многолетних трав и чередованием зернобобовых культур с однолетними травами и зерновыми. Схема опыта включала следующие варианты: обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А) – средняя, 50...100 мг/кг по Чирикову (I); повышенная, 100...120 мг/кг (II) и 140...150 мг/кг (III); высокая, 150...200 мг/кг (IV); фосфорное удобрение (фактор В) – P_0, P_{60}; азотное удобрение (фактор С) – N_0, N_{30}, N_{60}. Эксперимент реализован методом наложения удобрений на фоны различной обеспеченности почвы фосфором. Почва – лугово-черноземная среднемощная среднегумусная тяжелосуглинистая. Реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная. Сорт рапса ярового – Юбилейный, проса посевного – Омское 16. Сочетание изучаемых факторов в опыте обеспечивало снижение коэффициента водопотребления с 44,2 до 29,6 мм/т сухого вещества для первого полуметра и с 49,5 до 31,5 мм/т для метрового слоя, или на 33 и 36 % соответственно. Содержание нитратного азота в почве после уборки культуры уменьшается в несколько раз и стабилизируется на низком уровне – 2,1...3,8 мг/кг. Применение фосфорсодержащих удобрений компенсирует вынос элемента с урожаем культуры, не уменьшая почвенного плодородия. Значительная доля в смеси высокобелковой культуры (50...70 %) и наличие богатой углеводами мятликовой культуры (19...27 %) обеспечивает необходимое сахаро-протеиновое соотношение в производимом корме. При этом возделывание проса в смеси с рапсом малозатратно и позволяет сформировать более 30 т/га зеленой массы, в том числе 6,0...6,5 т/га сухого вещества.

Ключевые слова: *однолетние травы, просо посевное (Panicum miliaceum L.), рапс яровой (Brassica napus L.), кормопроизводство, минеральные удобрения.*

Для цитирования*: Бойко В. С., Тимохин А. Ю. Возделывание проса в смеси с рапсом на корм в южной лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2021. № 1. С. 31–36. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10108.*

Рациональная организация кормовой базы основывается на правильном подборе мятликовых культур в смеси с бобовыми и капустными. Такие смеси высокопродуктивны, обладают высокой биологической пластичностью и адаптивностью, рационально используют агроклиматические условия зоны возделывания, обеспечивают получение сенажа и зеленого корма с биохимическим составом, близким к физиологическим потребностям животных [1].

Качество корма определяется его химическим составом, который подвержен сильным изменениям в зависимости от видов и сортов растений, плодородия почвы, удобрений, сроков уборки, технологии заготовки и др. Необходимо учитывать все факторы в комплексе для стабильного производства качественных кормов [2, 3].

В поливидовых фитоценозах реализуются четыре типа дифференциации экологических ниш: морфологический, сезонный, функциональный и флуктуационный [4]. Наиболее четким проявлением морфологического типа выступает ярусное размещение компонентов. При совместном произрастании у растений развивается основной фотосинтетический аппарат в разных ярусах при разноглубинном размещении корневых систем. Принцип сезонной дифференциации реализуется путем подбора видов и сортов, у которых существенно смещены критические фазы роста. Примером использования функционального типа дифференциации ниш служат бобово-мятликовые смеси, в которых бобовый компонент выполняет функцию улучшения качества кормовой массы, а мятликовый – предотвращения полегания бобового. Флуктуационный тип проявляется при соединении в посеве холодостойких и теплолюбивых растений, влаголюбивых и засухоустойчивых, например, бобовых и просовидных. При разных погодных условиях участие компонентов в формировании урожая меняется, а продуктивность остается стабильной.

Просо посевное (*Panicum miliaceum* L.) отличается очень высокой жаро- и засухоустойчивостью (в том числе к суховеям и запалам). Характерная особенность этой культуры – способность растений выдерживать длительное завядание и глубокое обезвоживание тканей. Возделывание его целесообразно в зоне рискованного земледелия, характеризующейся недостатком атмосферных осадков, неравномерностью их выпадения в течение вегетации, а также большой амплитудой колебания температуры воздуха. При этом просо хорошо реагирует на улучшение увлажнения – начинается быстрый рост корневой системы и надземных органов, урожайность значительно возрастает, в сравнении с богарой. Многолетний опыт орошения этой культуры доказал высокую его эффективность [5, 6]. Зеленая масса этой культуры может использоваться в скошенном виде, а также в качестве однолетнего пастбища. Биохимический состав ее имеет следующие показатели (%): сухое вещество – 24,4; сырой протеин – 3,4; жир – 0,7; клетчатка – 6,6; БЭВ – 11,3; зола – 2,1.

Рапс яровой (*Brassica napus* L.) представляет большой интерес как многофункциональная культура, продукция которой используется на пищевые и кормовые цели. В качестве кормовой культуры рапс выращивается на зеленый корм, силос, сенаж, травяную муку в основных, промежуточных и поукосных посевах, как в чистом виде, так и в смесях с другими культурами. В зеленой массе содержится 9...15 % сухого вещества, 3...5 % сырого протеина, 5...6 % БЭВ, 2...4 % клетчатки и 19...42 мг/кг каротина.

Продуктивность сельскохозяйственных культур обусловлена комплексом природных и агротехнических факторов, в том числе обеспеченностью растений водой и элементами питания [7, 8].

Растения потребляют влагу на протяжении всей жизни, особенно важна обеспеченность их водой в критические периоды развития, когда потребность в ней наибольшая. Повышенная чувствительность к недостатку влаги возникает в период интенсивного морфогенеза, дифференциации и максимального роста репродуктивных органов растений, когда высокий уровень физиолого-биохимических процессов в меристемных клетках, их бурное деление и сильное растяжение требуют

оптимального количества воды, а всякое отклонение от оптимума значительно нарушает синтетические и формообразовательные процессы. Оптимальное содержание влаги в почве – интервал от влажности разрыва капилляров (ВРК) до наименьшей влагоемкости (НВ), в котором влага наиболее доступна растениям.

Наиболее лабильная форма почвенного азота, служащая также основным источником азотного питания растений – нитратная [9]. Эффективность применения азотсодержащих удобрений зависит от многих факторов, в том числе от обеспеченности почвы доступными формами фосфора, недостаток которого ограничивает положительное действие внесенного минерального азота. Наиболее существенное влияние на фосфатный режим черноземных почв Западной Сибири оказывают минеральные и органические удобрения, применение которых приводит к значительному накоплению остаточных фосфатов, доступных для питания растений [10]. Главная роль в обеспеченности растений калием принадлежит водорастворимой и обменной его формам [11]. Исследованиями установлено [12], что длительное интенсивное сельскохозяйственное использование лугово-черноземной почвы с исходно очень высокой калийной обеспеченностью приводит к снижению содержания обменного калия с 60 до 30 мг/100 г.

Совместное возделывание рапса с мятликовыми культурами (овсом, просом, суданкой) перспективно в Западной Сибири, поскольку позволяет в некоторой мере решить проблему белка в кормопроизводстве [13]. Однако подобные посевы, несмотря на свою малозатратность, не получили широкого распространения при формировании кормовой базы животноводства, в том числе по причине неполной изученности особенностей технологий их возделывания.

Цель работы – изучить влияние оптимизации условий минерального питания на урожайность смеси проса посевного с рапсом яровым, водный и питательный режимы лугово-черноземной почвы южной лесостепи Западной Сибири.

Исследования проводили в 2011–2013 гг. в стационарном полевом опыте лаборатории полевого кормопроизводства ФГБНУ «Омский АНЦ» в южной лесостепи Западной Сибири (Омская область, Омский район) в восьмипольном севообороте со следующим чередованием культур: козлятник 16...17 гг. ж. (выводное поле) – свербига восточная + кострец + козлятник 3...5 гг. ж. (выводное поле) – горох посевной – просо + рапс – бобы кормовые – ячмень яровой – козлятник + кострец 12...14 гг. ж. (выводное поле) – люцерна + кострец 1...3 гг. ж. (выводное поле).

Объект исследований – смешанные посевы проса посевного с рапсом яровым.

Схема опыта включала следующие варианты: обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А) – средняя, 50...100 мг/кг по Чирикову (I); повышенная, 100...120 мг/кг (II) и 140...150 мг/кг (III); высокая, 150...200 мг/кг (фон IV); фосфорное удобрение (фактор В) – P_0, P_{60}; азотное удобрение (фактор С) – N_0, N_{30}, N_{60}.

Эксперимент реализован методом наложения удобрений на фоны обеспеченности почвы фосфором. Разная обеспеченность фосфором сложилась к периоду проведения эксперимента вследствие различного его баланса в соответствующих вариантах. Общая площадь опытных делянок – 360 м^2, учетная – 36 м^2. Повторность – трехкратная.

В основу исследований с кормовыми культурами положена методика ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, определение нитратного азота и подвижного фосфора осуществляли по общепринятым в агрохимии методикам. Суммарное водопотребление смеси определяли по уравнению водного баланса деятельного слоя почвы.

Фосфорсодержащие (аммофос) и азотные (аммиачная селитра) удобрения вносили локально сеялкой СЗ-3,6 в соответствующих вариантах под однолетние культуры весной, до предпосевной культивации. Основная обработка почвы – отвальная на 0,20...0,22 м. Норма высева проса – 20 кг/га (3 млн шт./га), рапса – 8 кг/га (2 млн шт./га). Посев – III декада мая.

Сорт проса посевного – Омское 16. Среднепозднеспелый, вегетационный период 85...95 дней. Характеризуется замедленными темпами роста и развития в период кущения-выметывания, что способствует повышенной засухоустойчивости.

Сорт рапса ярового – Юбилейный. Тип «00». Среднеспелый, созревает за 82...96 дней, хорошо адаптирован к почвенно-климатическим условиям Сибири, среднеустойчив к засухе. Пригоден для выращивания семян с целью получения растительного масла, жмыха (шрота), зеленого корма, сенажа и силоса.

Почва – лугово-черноземная, среднемощная, среднегумусная, тяжелосуглинистая с содержанием гумуса в слое 0...0,4 м – 5,9...6,4 %, мощность гумусового горизонта – 0,45 м. Реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная, pH водной вытяжки – 7,0...7,2. Исходная обеспеченность нитратным азотом – низкая, подвижным фосфором (по Чирикову) – средняя, подвижным калием (по Чирикову) – очень высокая. Структура пахотного слоя – комковато-пылеватая.

По данным метеостанции ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» (г. Омск), гидротермические условия вегетационного периода 2011 г. были относительно сбалансированы и близки к среднемноголетним показателям, ГТК за май–август составил 0,99. Май характеризовался теплой погодой с недобором осадков. Среднемесячная температура составила 11,9 °С, что на 0,3 °С выше средней многолетней. За первые 2 декады выпало всего 8 мм осадков, но в третьей декаде добавилось еще 15 мм, что положительно сказалось на запасах почвенной влаги. В июне средняя температура (19,3 °С) превышала среднемноголетнее значение на 1,7 °С, при сумме осадков 73 % от нормы в 51 мм. Июль отличался избыточным (118 % от нормы) увлажнением при средней температуре воздуха 17,9 °С (-1,5 °С от нормы).

Вегетационный период 2012 г. был недостаточно увлажненным – ГТК за весенне-летний период составил 0,69. В мае преобладала умеренно теплая погода (+ 0,7 °С от климатической нормы) с постепенным повышением температуры, что в сочетании с выпавшими в основном в первой декаде осадками обеспечило сбалансированное соотношение тепла и влаги. Июнь характеризовался близкой к норме суммой осадков (92 %) и высокой температурой воздуха (20,5 °С), превышавшей норму на 2,9 °С. Июль отличался практически полным отсутствием осадков (8 мм или 12 % от нормы) на фоне высокой температуры воздуха 22,8 °С (+ 3,5 °С от средней) и ГТК 0,11, что привело к воздушной засухе, отрицательно отразившейся на росте и развитии однолетних трав.

Вегетационный период 2013 г. был увлажненным и теплым с типичным для зоны распределением осадков. В мае преобладала умеренно теплая погода, выпало 45 мм осадков или 173 % от нормы, что позволило культурам начать вегетацию в оптимальных по увлажнению условиях. Аномально сухим выдался июнь – осадков выпало 13 мм или 25 % от нормы (ГТК за этот месяц составил 0,26). При отсутствии эффективных осадков водопотребление однолетних трав в опыте обеспечивалось только запасами почвенной влаги. В июле ситуацию поправили атмосферные осадки, их выпало 99 мм (148 % от

1. Запасы общей влаги в почве перед посевом в зависимости от фона по обеспеченности фосфором

Год	Слой почвы, м	Фон по обеспеченности подвижным фосфором							
		I		II		III		IV	
		мм	%НВ*	мм	%НВ	мм	%НВ	мм	%НВ
2011	0...0,6	177	96	177	96	169	92	194	105
	0...1,0	271	91	271	91	258	87	303	102
2012	0...0,6	211	115	174	95	188	102	169	92
	0...1,0	306	103	272	92	290	98	277	93
2013	0...0,6	202	110	201	109	195	106	185	101
	0...1,0	304	102	301	101	296	100	282	95
Среднее	0...0,6	197	107	184	100	184	100	183	99
	0...1,0	294	99	281	95	281	95	287	97

**НВ – наименьшая влагоемкость почвы для слоя 0...0,6 м – 184 мм, для слоя 0...1,0 м – 297 мм.*

нормы), что благоприятно сказалось на развитии изучаемых культур, сгладив негативные последствия июньской засухи. В целом период май–август был сбалансированным по соотношению тепла и влаги, ГТК составил 1,12.

В таких условиях урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется запасами влаги в почве перед посевом. Зависят они от осенне-зимних осадков, из которых 35...45 % аккумулируется почвой, остальное теряется вследствие различных факторов. Исходный запас влаги в почве в годы исследований слабо зависел от фона обеспеченности подвижным фосфором, был близок к средним многолетним значениям и составлял 183...197 мм или 99...110 % НВ в первом полуметре, 281...294 мм или 95...99 % НВ в метровом слое (табл. 1). То есть на начальных этапах развития обеспечение растений влагой в большей степени происходило благодаря весенним запасам, которые были оптимальными.

Атмосферные осадки – основной источник пополнения почвенной влаги в неорошаемом земледелии. Неравномерность их поступления зачастую приводит к острому дефициту на определенных этапах онтогенеза. Динамика влажности в период вегетации смеси проса с рапсом характеризует соотношение осадков и теплообеспеченности в конкретный вегетационный период. В годы исследований отмечено снижение запасов легкодоступной влаги (выше ВРК) к концу июля (рис. 1), то есть в период уборки смеси на корм (зеленая масса, сенаж).

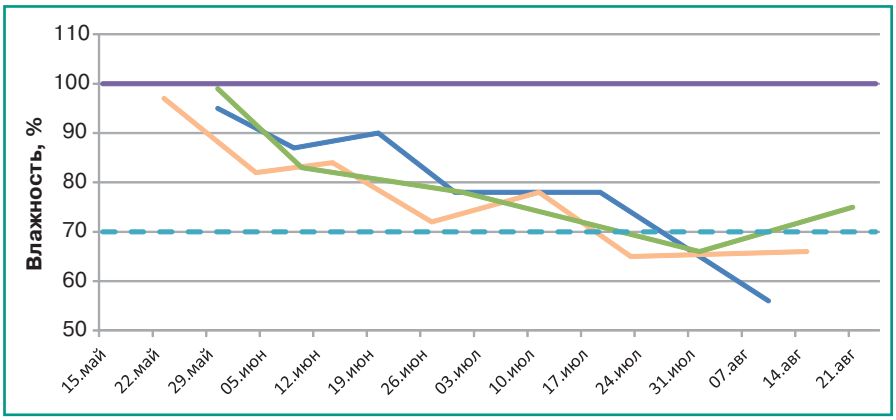


***Рис. 1.** Изменение содержания общей влаги в слое почвы 0...1,0 м в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода: — 2011; — 2012; — 2013; — НВ; — ВРК.*

Метод водного баланса, основанный на учете приходных и расходных статей, дает надежные и объективные данные для расчета суммарного водопотребления. Наблюдения за водным режимом лугово-черноземной почвы показали слабое влияние условий минерального питания на водопотребление смеси проса с рапсом. В среднем по фонам величина этого показателя составляла в слое 0...0,6 м – 188,1...201,7 мм, в слое 0...1,0 м – 207,4...226,8 мм. То есть, в основном растения потребляли влагу из первого полуметра (табл. 2).

Эффективность использования влаги в практическом земледелии наглядно характеризуется коэффициентом водопотребления, находящимся, как правило, в обратной связи с урожайностью культур. То есть приемы, способствующие росту урожайности при неизменном режиме влажности почвы, обуславливают одновременно и более продуктивный расход воды на единицу урожая. Коэффициент водопотребления смеси зависел от условий минерального питания. Высокая обеспеченностью почвы подвижным фосфором в среднем способствовала снижению коэффициента в слое 0...0,6 м с 42,0 до 34,3 мм/т, в слое 0...1,0 м – с 46,4 до 38,7 мм/т. При допосевном внесении минеральных удобрений отмечали снижение величины этого показателя для слоя 0...0,6 м с 41,5 до 34,2 мм/т, для слоя 0...1,0 м – с 47,0 до 37,8 мм/т или на 18 и 20 % соответственно.

Сочетание изучаемых факторов в опыте обеспечивало снижение коэффициента водопотребления с 44,2 до 29,6 мм/т для первого полуметра и с 49,5 до 31,5 мм/т для метрового слоя или на 33 и 36 % соответственно. Таким образом, применение минеральных удобрений обеспечивает более эффективное использование влаги на единицу

2. Водопотребление растениями смеси проса с рапсом в зависимости от условий минерального питания (среднее за 2011–2013 гг.)

Вариант	Слой почвы, м	Фон по обеспеченности подвижным фосфором				Среднее
		I	II	III	IV	
Суммарное водопотребление, мм						
0	0...0,6	181,5	201,9	190,1	211,4	196,2
	0...1,0	203,4	227,3	209,3	249,2	222,3
$N_{60}P_{60}$	0...0,6	194,8	197,8	189,1	191,9	193,4
	0...1,0	211,5	224,2	214,1	204,4	213,6
среднее	0...0,6	188,1	199,9	189,6	201,7	
	0...1,0	207,4	225,8	211,7	226,8	
Коэффициент водопотребления, мм/т						
0	0...0,6	44,2	45,5	37,5	39,0	41,5
	0...1,0	49,5	51,2	41,3	46,0	47,0
$N_{60}P_{60}$	0...0,6	39,9	36,7	30,8	29,6	34,2
	0...1,0	43,3	41,6	34,8	31,5	37,8
среднее	0...0,6	42,0	41,1	34,1	34,3	
	0...1,0	46,4	46,4	38,0	38,7	

3. Содержание элементов минерального питания в почве в зависимости от степени ее удобренности (2011–2013 гг.), мг/кг

Слой почвы, м	Перед посевом				После уборки							
	без удобрений				без удобрений				$N_{60}P_{60}$			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Нитратный азот												
0...0,2	14,5	15,1	17,0	15,3	5,0	2,4	2,2	3,5	14,4	5,2	7,0	10,2
0,2...0,4	8,0	9,2	8,5	8,1	2,6	2,0	2,0	1,2	11,4	5,0	5,6	4,6
0...0,4	11,3	12,2	12,8	11,7	3,8	2,2	2,1	2,4	12,9	5,1	6,3	7,4
Подвижный фосфор												
0...0,2	95,0	150,8	142,5	169,2	92,5	115,0	110,8	130,8	163,3	187,5	197,5	215,8
0,2...0,4	82,5	119,2	124,2	106,7	72,5	92,5	95,0	120,0	110,8	140,0	161,7	157,5
0...0,4	88,8	135,0	133,4	138,0	82,5	103,8	102,9	125,4	137,0	163,8	179,6	188,2

полученной продукции, что соответствует классическим положениям физиологии растений.

Содержание нитратного азота в почве перед посевом смеси проса с рапсом слабо зависело от ее обеспеченности фосфором и соответствовало среднему уровню – 11,3...12,8 мг/кг (табл. 3). В период уборки в аналогичных вариантах содержание его снижается в несколько раз и стабилизируется на очень низком уровне, особенно на фонах с повышенной и высокой обеспеченностью подвижным фосфором, что объясняется более высоким выносом с урожаем культуры. В удобренных вариантах эта тенденция сохраняется, содержание нитратного азота на фонах II...IV практически в два раза ниже, чем на фоне I со средней обеспеченностью.

Наблюдения за содержанием подвижного фосфора в почве в период посева и уборки смеси показали, что в среднем за 3 года содержание его в слое 0...0,2 м на фоне I было на уровне 95,0 мг/кг, а на фонах II...IV повышалось до 150,8, 142,5 и 169,2 мг/кг (см. табл. 3).

В уборку в этих вариантах заметна тенденция к снижению от весны к осени. Совершенно другая ситуация отмечена в вариантах с применением фосфорных удобрений (P_{60}). На фоне I вследствие положительного баланса фосфора обеспеченность этим элементом изменилась от средней до высокой (163,3 мг/кг) На фонах II и III с повышенным содержанием фосфора установилось высокое его содержание – 187,5...197,5 мг/кг, а на фоне IV восстановился достигнутый ранее очень высокий уровень его содержания – 215,8 мг/кг. То есть компенсация удобрениями выноса фосфора из лугово-черноземной почвы надежно поддерживает созданный оптимальный уровень его содержания в почве.

Значительный резерв повышения урожайности смешанных посевов кормовых культур – конструирование агрофитоценозов, высокая продуктивность и экологическая устойчивость которых определяются сбалансированностью ботанического состава. В оценке урожая и эффективности таких посевов одним из важнейших критериев считается доля высокобелкового компонента. В ходе проведенных исследований установлено изменение ботанического состава в зависимости от изучаемых факторов (табл. 4).

4. Ботанический состав смеси проса с рапсом в зависимости от условий минерального питания (среднее за 2011–2013 гг.), %

Фосфорное удобрение (фактор В)	Азотное удобрение (фактор С)	Обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А)				Среднее
		I	II	III	IV	
Просо ($НСР_{05}$ для факторов: А – 2,2; В – 1,5; С – 1,8; частных различий – 5,2. Доля влияния факторов, %: А – 49,0; В – 19,3; С – 6,8; АВ – 2,4; АС – 13,5; ВС – 4,1; АВС – 4,8)						
0	0	15,1	25,7	23,7	25,6	22,5
	N_{30}	19,3	27,0	23,7	25,9	24,0
	N_{60}	16,5	23,3	15,7	24,2	19,9
	среднее	17,0	25,3	21,0	25,2	22,1
P_{60}	0	18,2	22,5	28,6	28,6	24,5
	N_{30}	21,9	29,0	26,4	32,2	27,4
	N_{60}	24,5	29,3	23,8	27,1	26,2
	среднее	21,5	26,9	26,3	29,3	26,0
Среднее	0	16,7	24,1	26,2	27,1	23,5
	N_{30}	20,6	28,0	25,1	29,1	25,7
	N_{60}	20,5	26,3	19,8	25,7	23,1
	среднее	19,3	26,1	23,7	27,3	24,1
Рапс ($НСР_{05}$ для факторов: А – 5,9; В – 4,2; С – 5,1; частных различий – 14,5. Доля влияния факторов, %: А – 44,4; В – 0,2; С – 15,2; АВ – 0,1; АС – 34,7; ВС – 0,5; АВС – 4,8)						
0	0	76,5	53,8	64,9	63,7	64,7
	N_{30}	76,1	65,6	69,9	65,8	69,4
	N_{60}	71,0	71,0	70,8	72,0	71,2
	среднее	74,5	63,5	68,5	67,2	68,4
P_{60}	0	77,4	51,1	66,8	65,2	65,1
	N_{30}	70,9	69,9	69,3	65,3	68,9
	N_{60}	73,4	68,0	69,5	67,4	69,6
	среднее	73,9	63,0	68,5	66,0	67,9
Среднее	0	77,0	52,5	65,9	64,5	64,9
	N_{30}	73,5	67,8	69,6	65,6	69,1
	N_{60}	72,2	69,5	70,2	69,7	70,4
	среднее	74,2	63,2	68,5	66,6	68,1
Сорные растения ($НСР_{05}$ для факторов: А – 0,8; В – 0,6; С – 0,7; частных различий – 2,0. Доля влияния факторов, %: А – 9,3; В – 8,3; С – 22,8; АВ – 1,7; АС – 44,6; ВС – 0,7; АВС – 12,6)						
0	0	8,3	20,5	11,4	10,8	12,8
	N_{30}	4,6	7,5	6,4	8,3	6,7
	N_{60}	12,5	5,6	13,5	3,8	8,9
	среднее	8,5	11,2	10,4	7,6	9,4
P_{60}	0	4,5	26,4	4,6	6,2	10,4
	N_{30}	7,1	1,1	4,2	2,4	3,7
	N_{60}	2,1	2,7	6,7	5,5	4,3
	среднее	4,6	10,1	5,2	4,7	6,1
Среднее	0	6,4	23,5	8,0	8,5	11,6
	N_{30}	5,9	4,3	5,3	5,4	5,2
	N_{60}	7,3	4,2	10,1	4,7	6,6
	среднее	6,5	10,6	7,8	6,2	7,8

В целом, в смеси преобладал рапс яровой во всех вариантах удобренности. Доля проса по фонам обеспеченности P_2O_5 изменялась от 19 до 27 %. В наших опытах в повышении ценотической активности мятликового компонента роль фосфора была более значимой, чем азота, что обеспечило высокую отзывчивость капустной культуры на уровень азотного питания.

В сложившихся условиях смесь проса с рапсом положительно реагировала на улучшение обеспеченности элементами минерального питания – предпосевное внесение фосфорных удобрений достоверно увеличивало сбор сухого вещества с 4,97 т/га на неудобренном фоне до 5,57 т/га при внесении P_{60}, или на 12 %, зеленой массы – соответственно с 23,56 до 26,95 т/га, или на 14 %. Влияние фо-

5. Урожайность смеси проса кормового с рапсом яровым в зависимости от условий минерального питания (2011–2013 гг.), т/га

Фосфорное удобрение (фактор В)	Азотное удобрение (фактор С)	Обеспеченность почвы подвижным фосфором (фактор А)				Среднее
		I	II	III	IV	
Сухое вещество ($НСР_{05}$ для факторов, т/га: А – 0,49; В – 0,35; С – 0,42; частных различий – 1,20. Доля влияния факторов, %: А – 67,0; В – 16,5; С – 8,3; АВ – 0,0; АС – 4,0; ВС – 1,9; АВС – 2,3)						
0	0	4,11	4,44	5,07	5,42	4,76
	N_{30}	4,14	4,62	4,74	5,61	4,78
	N_{60}	4,36	4,76	6,23	6,17	5,38
	среднее	4,20	4,61	5,35	5,73	4,97
P_{60}	0	4,70	4,99	5,89	5,80	5,35
	N_{30}	4,80	5,24	5,91	6,55	5,63
	N_{60}	4,88	5,39	6,15	6,49	5,73
	среднее	4,79	5,21	5,98	6,28	5,57
Среднее	0	4,41	4,72	5,48	5,61	5,05
	N_{30}	4,47	4,93	5,33	6,08	5,20
	N_{60}	4,62	5,08	6,19	6,33	5,56
	среднее	4,50	4,91	5,67	6,01	5,27
Зеленая масса ($НСР_{05}$ для факторов, т/га: А – 2,57; В – 1,82; В – 2,23; частных различий – 6,30. Доля влияния факторов, %: А – 38,8; В – 33,6; С – 21,9; АВ – 0,2; АС – 2,9; ВС – 1,3; АВС – 1,2)						
0	0	19,04	22,23	22,34	23,38	21,75
	N_{30}	20,31	23,78	22,77	26,29	23,29
	N_{60}	22,36	24,93	27,08	28,15	25,63
	среднее	20,57	23,65	24,06	25,94	23,56
P_{60}	0	22,83	25,89	26,08	26,39	25,30
	N_{30}	24,36	27,14	27,22	30,99	27,43
	N_{60}	25,78	28,46	28,14	30,12	28,13
	среднее	24,32	27,16	27,15	29,17	26,95
Среднее	0	20,94	24,06	24,21	24,89	23,52
	N_{30}	22,34	25,46	25,00	28,64	25,36
	N_{60}	24,07	26,70	27,61	29,14	26,88
	среднее	22,45	25,41	25,61	27,55	25,25

нов с повышенным и высоким содержанием фосфора в почве выразилось в увеличении урожайности с 4,50 до 4,91...6,01 т/га сухого вещества, или на 9...34 %, зеленой массы – с 22,45 до 25,40...27,56 т/га, или на 13...23 %, по отношению к фону со средней обеспеченностью (табл. 5).

В среднем по фонам обеспеченности фосфором внесение N_{60} перед посевом обеспечивало достоверное увеличение сбора сухой массы растений с 5,05 т/га без азота до 5,56 т/га или на 10 %, зеленой массы – с 23,52 до 26,88 т/га или на 14 %. Сочетание изучаемых в опыте факторов обеспечивало рост продуктивности с 4,11 до 6,55 т/га сухой массы, и с 19,04 до 30,99 т/га зеленой массы, или на 59 и 63 % соответственно по отношению к абсолютному контролю.

Исследования показали, что применение фосфорных удобрений перед посевом эффективно при любом уровне обеспеченности почвы подвижным фосфором, и повышает урожайность смеси на 0,55...0,63 т/га сухого вещества (рис. 2).

Таким образом, выращивание в кормовых севооборотах лесостепи Западной Сибири поливидовых травосмесей однолетних культур целесообразно и эффективно. Применение минеральных удобрений обеспечивает более эффективное использование влаги, снижая коэффициент водопотребления на 33 и 36 % для слоя почвы 0...0,6 и 0...1,0 м соответственно.

Содержание нитратного азота в почве после уборки культуры снижается в несколько раз и стабилизируется на низком уровне – 2,1...3,8 мг/кг. Применение фосфорсодержащих удобрений компенсирует вынос элемента с урожаем культуры, обеспечивая воспроизводство почвенного плодородия.

Значительная доля в смеси высокобелковой культуры, – 50...70 %, и наличие 19...27 % богатой углеводами мятликовой культуры обеспечивает необходимое сахаро-протеиновое соотношение в полученном корме. При этом возделывание проса в смеси с рапсом малозатратно и позволяет формировать урожай зеленой массы более 30 т/га, в том числе 6,0...6,5 т/га сухого вещества.

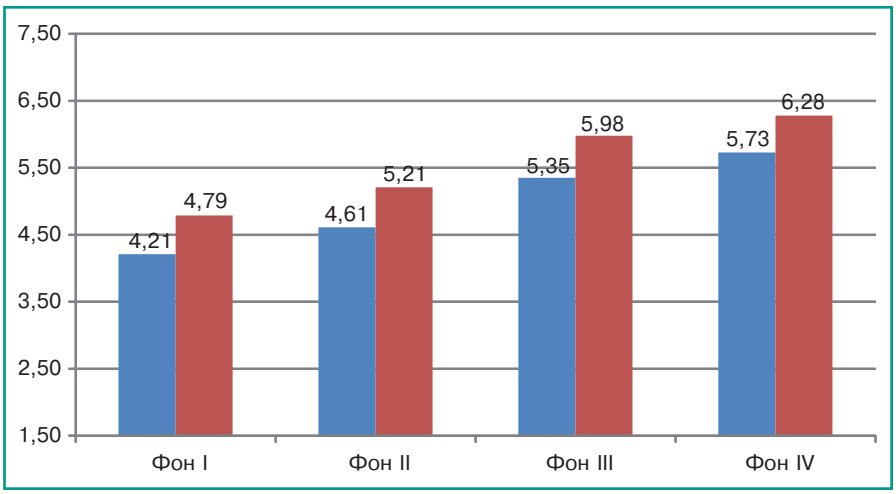


Рис. 2. Урожайность смеси проса с рапсом на фонах с различной обеспеченностью подвижным фосфором (2011–2013 гг.), т/га сухого вещества: ■ – P_0; ■ – P_{60}.

Литература.

1. Агафонов В. А., Бояркин Е. В., Матаис Л. Н. Эффективность возделывания проса кормового в смешанных посевах с высокобелковыми культурами в условиях Предбайкалья // Вестник ИрГСХА. 2018. № 84. С. 7–13.

2. Кашеваров Н. И., Полищук А. А., Кашеварова Н. Н. Продуктивность и качество сырья совместных посевов рапса ярового с однолетними злаковыми культурами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 6 (210). С. 26–31.

3. Бойко В. С. Полевое кормопроизводство на орошаемых черноземах в лесостепи Западной Сибири. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е. А., 2019. 312 с.

4. Бенц В. А. Поливидовые посевы в кормопроизводстве: теория и практика. Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние, СибНИИ кормов, 1996. 228 с.

5. Желязко В. И., Лукашевич В. М. Влияние минеральных удобрений и орошения дождеванием на урожайность японского проса в северо-восточной части республики Беларусь / Агрохимический вестник. 2015. № 4. С. 20–23.

6. Результаты интродукции новых однолетних кормовых культур в степной зоне Северного Казахстана / В. И. Зотиков, Н. А. Серекпаев, Г. Ж. Стыбаев и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4 (28). С. 60–67.

7. Кудеяров В. Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. 2019. № 1. С. 109–121.

8. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139.

9. Гамзиков Г. П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотных удобрений в севооборотах // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 8–14.

10. Пилипенко Н. Г., Андреева О. Т. Влияние длительного систематического

применения удобрений на основные показатели плодородия почвы и продуктивность кормового севооборота на глубокопромерзающей лугово-черноземной почве Забайкалья // Почвоведение. 2019. № 5. С. 578–585.

11. Якименко В. Н., Малюга А. А. Зависимость агроэкологического состояния почвы от баланса калия в агроценозе // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 1 (25). С. 26–41.

12. Бойко В. С., Якименко В. Н., Тимохин А. Ю. Изменение калийного состояния почв лесостепи Западной Сибири при длительном сельскохозяйственном использовании // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 11. С. 66–71.

13. Создание новых сортов ярового рапса, разработка технологий их возделывания и использования на корм в Сибири / Н. И. Кашеваров, В. П. Данилов, Г. М. Осипова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 6. С. 41–42.

Cultivation of millet mixed with rapeseed for forage in the southern forest-steppe of Western Siberia

V. S. Boiko, A. Yu.Timokhin
Omsk Agrarian Scientific Center, prosp. Koroleva, 26, Omsk, 644012, Russian Federation

Abstract. *The studies aimed to determine the effect of optimization of mineral nutrition conditions on the yield of a mixture of millet with spring rape, water and nutritional regimes of meadow chernozem soil in the southern forest-steppe of Western Siberia. The work was carried out in the Omsk region in 2011–2013 in a stationary field experiment in an eight-field crop rotation with emergency fields of perennial grasses and alternating leguminous crops with annual grasses and cereals. The experimental design included the following treatments: soil supply with mobile phosphorus (factor A), phosphorus fertilizer (factor B), and nitrogen fertilizer (factor C). Soil supply with mobile phosphorus was average, 50–100 mg/kg according to Chirikov (I); increased, 100–120 mg/kg (II) and 140–150 mg/kg (III); and high, 150–200 mg/kg (IV). We used two levels of application of phosphorus fertilizer (P0, P60) and three doses of nitrogen fertilizer (N0, N30, N60). The experiment was carried out by applying fertilizers to backgrounds of different phosphorus levels in the soil. The soil was meadow-chernozem medium-thick medium-humus heavy loamy. The reaction of the soil medium in the arable layer was neutral. We grew spring rape 'Yubileiny', and millet 'Omskoe 16'. The combination of the studied factors in the experiment provided a decrease in the water consumption coefficient from 44.2 to 29.6 mm per ton of dry matter for the first half-meter and from 49.5 to 31.5 mm per ton for meter layer, or by 33 and 36%, respectively. The content of nitrate nitrogen in the soil after harvesting the crop decreased several times and stabilizes at a low level of 2.1–3.8 mg/kg. The use of phosphorus-containing fertilizers compensated for the carry-over of the element with the crop yield, without reducing soil fertility. A significant proportion of a high-protein culture in the mixture (50–70%) and the presence of a cereal culture rich in carbohydrates (19–27%) provides the required sugar-protein ratio in the produced feed. At the same time, the cultivation of millet in the mixture with rape is low-cost and allows the formation of more than 30 t/ha of green mass, including 6.0–6.5 t/ha of dry matter.*

Keywords: *annual grasses; millet (Panicum miliaceum L.); spring rape (Brassica napus L.); forage production; mineral fertilizers.*

Author Details: *V. S. Boyko, D. Sc. (Agr.), deputy director; A. Yu. Timokhin, Cand. Sc. (Agr.), head of division (e-mail: timokhin@anc55.ru).*

For citation: *Boyko VS, Timokhin AYu [Cultivation of millet mixed with rapeseed for forage in the southern forest-steppe of Western Siberia]. Zemledelie. 2021; (1):31-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10108.*

Профессору С. А. Курбанову – 70 лет

26 сентября 2020 г. исполнилось 70 лет Серажутдину Аминовичу Курбанову – заведующему кафедрой земледелия, почвоведения и мелиорации Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джамбулатова, доктору сельскохозяйственных наук, профессору.

Свою педагогическую деятельность он начал в 1974 г., после окончания Дагестанского сельскохозяйственного института и прошел все ступени от ассистента до заведующего кафедрой, которую Серажутдин Аминович возглавляет с 1987 г.

Профессор С. А. Курбанов – известный специалист в области повышения продуктивности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в условиях сухих степей и полупустынь. Он занимается проблемами восстановления природно-ресурсного потенциала и повышения продуктивности засоленных земель путем фитомелиорации, а также принципиально новыми системами орошаемого земледелия на основе капельного и комбинированного орошения. За научные и методические разработки Серажутдин Аминович награжден 5 золотыми медалями Всероссийской выставки «Золотая осень». Под его руководством защищены 3 докторские и 5 кандидатских диссертаций.

Ученым опубликовано более 400 научных работ, в том числе 7 монографий, более 10 учебников и учебных пособий, среди которых «Земледелие» для прикладного бакалавриата (М.: Юрайт, 2016), «Земледелие» для профессионального образования (М.: Юрайт, 2019), «Почвоведение с основами геологии» (СПб.: Лань, 2012).

С. А. Курбанову присвоено почетное звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации», «Заслуженный деятель науки Республики Дагестан», «Заслуженный работник сельского хозяйства Республики Дагестан», «Почетный работник агропромышленного комплекса России», он награжден Золотой медалью Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «За вклад в развитие

агропромышленного комплекса России», Почетными грамотами Министерства образования и науки РФ, Республики Дагестан.

Ученые Дагестана, коллеги, друзья и ученики искренне поздравляют юбиляра, желают ему крепкого здоровья и творческого долголетия.

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10109
УДК 632.954:633.16

Применение гербицидов на основе спектральных измерений

А. М. ШПАНЕВ,
зав. лабораторией[1],
зав. сектором[2] (e-mail: ashpanev@mail.ru)
В. В. СМУК, научный сотрудник[1],
младший научный сотрудник[2]
(e-mail: vvsmuk@mail.ru)
[1]Агрофизический научно-исследовательский институт, Гражданский просп., 14, Санкт-Петербург, 195220, Российская Федерация
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, ш. Подбельского, 3, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Российская Федерация

Решение актуальной на сегодняшний день задачи, связанной со снижением объемов применения гербицидов, может быть успешно реализовано путем дифференцированного их использования, когда норма расхода препарата или рабочей жидкости изменяется в период обработки в зависимости от уровня засоренности. Цель исследований – оценка эффективности дифференцированного проведения гербицидной обработки, основанного на спектральных измерениях состояния посева. Работу проводили на посевах ярового ячменя сорта Ленинградский в Ленинградской области в 2015, 2017–2018 гг. Схемой опыта была предусмотрена сильная, средняя и слабая засоренность делянок, а также равномерное (полная норма расхода гербицида независимо от степени засоренности делянок) и дифференцированное (норму расхода гербицида варьировали в зависимости от степени засоренности по данным наземного определения индекса NDVI) применение гербицидов, контролем служил вариант без обработки гербицидом. Более предпочтительной по влиянию на засоренность (на 13,7...18,5 % по численности, на 9,8...18,4 % по фитомассе) и формирование урожая (на 1...13 %) была равномерная обработка. При этом дифференцированная на основе измерений вегетационного индекса NDVI норма расхода гербицида обеспечивала примерно такое же снижение численности и фитомассы сорных растений, как и полная норма (по численности 58,6 и 64,1% соответственно, по фитомассе – 70,3 и 75,7%). Однако более высокая рентабельность гербицидной обработки дважды из трех лет исследований достигалась в варианте с дифференцированным проведением защитных мероприятий вследствие значительного (на 39...41 %) снижения объемов применения препарата.

Ключевые слова: *яровой ячмень (Hordeum vulgare L.), сорные растения, гербицидная обработка, вегетационный индекс NDVI, биологическая эффективность, экономическая эффективность.*

Для цитирования: *Шпанев А. М., Смук В. В. Применение гербицидов на основе спектральных измерений // Земледелие. 2021. №1. С. 37–40. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10109.*

Для решения актуальной на сегодняшний день задачи, связанной со снижением пестицидной нагрузки на агроценозы и охраной окружающей среды, особое значение имеет сокращение объемов применения гербицидов. Опыт европейских стран показал, что поставленная задача может быть успешно решена путем дифференцированного их применения в системе точного земледелия, когда норма расхода препарата или рабочей жидкости изменяется в период обработки в зависимости от уровня засоренности [1, 2]. Этот подход основан на фактах пространственной неоднородности размещения сорных растений в агроценозах, которые хорошо известны из отечественной [3] и зарубежной [4, 5] литературы. В нашей стране исследования, в которых бы при гербицидных обработках учитывали пространственную неоднородность засоренности посевов, единичны [6, 7]. При этом установлено, что вегетационный индекс NDVI служит вполне надежным диагностическим критерием при определении засоренности агроценозов [8]. Несомненно, что дальнейшее развитие идей точного земледелия в защите сельскохозяйственных культур от сорной растительности имеет большие перспективы и практическую значимость.

Цель работы – оценка эффективности дифференцированного проведения гербицидной обработки, основанного на спектральных измерениях состояния посева.

Исследования проводили на посевах ярового ячменя сорта Ленинградский в Меньковском филиале Агрофизического научно-исследовательского института в период 2015, 2017–2018 гг. В 2016 г. опыт не удалось заложить по причине слабой засоренности посевов ячменя, обусловленной длительным засушливым периодом, который продолжался от начала высева и до фазы кущения культуры.

Изучение эффективности дифференцированного применения гербицидов проводили в условиях микроделяночного полевого опыта, в котором в равной степени были представлены слабо, средне и сильнозасоренные делянки. Для закладки опыта подбирали поля с высокой засоренностью (более 25% проективного покрытия) малолетними двудольными видами сорных растений, что позволяло иметь соответствующий вариант, и не создавать его искусственным образом. Варианты со средней (10...25 % проективного покрытия) и слабой (менее 10% проективного покрытия) степенью засоренности формировали вручную за несколько дней до проведения гербицидной обработки. Для этого в первом случае удаляли все сорные растения в междурядье, во втором – примерно половину из них. Используемая шкала засоренности изначально была предложена И. И. Либерштейном (*Картирование засоренности // Защита растений. 1979. № 5. С. 38–41.*), позднее была рекомендована к широкому применению Всероссийским НИИ защиты растений (*Методические рекомендации по совершенствованию интегрированной защиты зерновых культур от вредных организмов / В. И. Танский, М. М. Левитин, В. А. Павлюшин и др. СПб.: ВИЗР, 2000. 56 с.*). Выбор в пользу этой шкалы основан на использовании в качестве оценочного показателя проективного покрытия сорных растений, которое характеризует не только количественную, но и качественную сторону засоренности. К тому же, как известно, оценка засоренности по степени покрытия площади сорняками – единственно возможная при фотографировании или других дистанционных измере-

ниях, осуществляемых с использованием самолетов, вертолетов, беспилотных и космических летательных аппаратов [9].

В опыте было предусмотрено равномерное (полная норма расхода гербицида независимо от степени засоренности делянок) и дифференцированное (норму расхода гербицида определяли в зависимости от степени засоренности по данным наземного определения индекса NDVI) применение гербицидов, а также необрабатываемый гербицидом вариант (контроль). Расчет дифференцированной нормы расхода осуществляли соотношением показателей NDVI, соответствующих делянкам средней и сильной засоренности. При этом исходили из того, что при сильной засоренности применяется полная норма расхода гербицида, которая для препарата Секатор, ВДГ на посевах ярового ячменя составляет 0,150 кг/га.

Обработку гербицидом проводили ранцевым опрыскивателем «Solo 473P» путем локального внесения рабочего раствора с определенной для каждой делянки опыта нормой расхода препарата. Делянки контрольного варианта, а также слабозасоренные делянки в варианте дифференцированного применения гербицида, не обрабатывали.

Размер делянки в опыте – 2 м^2, повторность – 9-кратная, общее количество делянок – 81, площадь под опытом – 0,02 га.

Наземное определение индекса NDVI проводили с использованием портативного ручного датчика GreenSeeker фирмы Trimble в фазе кущения ярового ячменя на постоянных учетных площадках 0,1 м^2, расположенных внутри делянки [10]. Количество постоянных площадок соответствовало числу делянок в опыте. В фазе кущения культуры на постоянных учетных площадках определяли численность сорных растений в отдельности по видам, их общее проективное покрытие поверхности почвы, а при уборке урожая – общую фитомассу сорняков. Учет урожая состоял из уборки всех растений с каждой постоянной площадки в фазе полной спелости ярового ячменя.

Биологическую эффективность гербицидной обработки определяли путем сравнения численности сорных растений на постоянных учетных площадках до обработки и через 30 дней после ее проведения [11]. При уборке урожая сравнивали фитомассу сорных растений в изучаемых вариантах опыта.

Оценку экономической эффективности применения гербицидов проводили в соответствии с методикой

1. Значения вегетационного индекса NDVI в зависимости от засоренности посевов ярового ячменя

Год	Степень засоренности			$НСР_{05}$
	слабая	средняя	сильная	
2015	0,37±0,05	0,43±0,04	0,53±0,05	0,02
2017	0,50±0,03	0,51±0,05	0,64±0,04	0,02
2018	0,51±0,11	0,53±0,11	0,57±0,10	0,05
Среднее	0,46±0,09	0,49±0,08	0,58±0,08	0,02

[12]. При расчете экономических показателей исходили из стоимости гербицида Секатор, ВДГ (5435 руб./кг) и средней рыночной цены реализации фуражного зерна ярового ячменя за 2018 г. (9000 руб./т) в Северо-Западном регионе.

Визуальный учет сорных растений, проводимый в фазе кущения ярового ячменя, показал, что в опыте оказались успешно сформированы три разных уровня засоренности. Так, в варианте со слабой засоренностью в разные годы насчитывали 175...338, со средней – 233...646, с сильной – 340...823 экз./м^2, проективное покрытие поверхности почвы сорными растениями составило 5...7, 16...25 и 37...46 %.

Комплекс видов сорных растений, встречающихся на опытных делянках, был представлен традиционными для ценоза ярового ячменя на Северо-Западе России видами. Широкое распространение имели фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), торица полевая (*Spergula arvensis* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), незабудка полевая (*Myosotis arvensis* L.), ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), из многолетников – осот полевой (*Sonchus arvensis* L.). В 2015 и 2017 г. на долю многолетних видов в общей численности сорных растений приходилось менее 1 %, в 2018 г., когда фактическая их плотность составила 23 экз./м^2 – 10 %.

Статистическая обработка полученных данных показала устойчивую положительную корреляционную связь индекса NDVI с проективным покрытием (r= 0,90...0,80, $p \leq 0,05$) и численностью сорных растений (r= 0,68...0,60, $p \leq 0,05$). Фактические значения индекса NDVI, усредненные по годам исследований, оказались равными 0,46, 0,49 и 0,58 соответственно для слабой, средней и сильной засоренности посева. При этом между вариантами со слабой и средней засоренностью статистически значимых различий по вегетационному индексу в два года из трех не выявлено (табл. 1). Это означает, что с использованием индекса NDVI достоверно определить слабую или среднюю засоренность посевов ярового ячменя удается не во всех случаях. Важно отметить и сильное варьирование индекса по годам, обусловленное не только степенью засоренности посева, но и также густотой стеблестоя культурных растений. На это указывает соответствующий коэффициент корреляции, равный 0,30...0,47 ($p \leq 0,05$). Отсюда следует, что эталонные значения индекса NDVI малопригодны при проведении гербицидных обработок или же они должны быть максимально детализированы и учитывать все основные факторы, влияющие на оптические свойства посевов, чего добиться крайне трудно. Это в очередной раз подтверждает те ограничения, которые известны для этого индекса при применении в защите культур сплошного посева от сорной растительности [13].

По итогам полученных для каждой делянки в опыте значений индекса NDVI составляли карту-задание на проведение гербицидной обработки. В варианте с дифференцированным применением гербицида для делянок, засоренных в средней степени, норму расхода препарата определяли по вегетационному индексу NDVI. Уменьшение норм расхода гербицида при дифференцированном проведении обработки составляло по годам 6...26, 12...33 и 10...39 % при средних значениях соответственно 15, 23 и 23 % (табл. 2).

Важно определить эффективность дифференцированной нормы расхода гербицида, рассчитанной по вегетационному индексу NDVI. Согласно полученным данным, уменьшенная норма расхода гербицида Секатор, ВДГ показывала примерно такой же эффект по влиянию на численность и фитомассу сорных растений, как и полная норма. При снижении этих показателей на

2. Нормы расхода гербицида, рассчитанные по индексу NDVI, для делянок со средней степенью засоренности

Год	Средняя засоренность		Сильная засоренность		Снижение нормы расхода гербицида	
	индекс NDVI	норма расхода, кг/га	индекс NDVI	норма расхода, кг/га	кг/га	%
2015	0,37...0,50	0,111...0,141	0,55...0,80	0,150	0,009...0,039	6...26
2017	0,46...0,56	0,101...0,132	0,56...0,72	0,150	0,018...0,049	12...33
2018	0,25...0,28	0,092...0,135	0,30...0,46	0,150	0,015...0,058	10...39

3. Биологическая эффективность разных норм расхода гербицида по отношению к двудольным сорным растениям в посеве ярового ячменя

Норма расхода гербицида	Снижение численности сорняков в сравнении с контролем, %				Снижение фитомассы сорняков в сравнении с контролем, %			
	2015 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	2015 г.	2017 г.	2018 г.	среднее
Без гербицида (контроль)*	230	563	342	378	564,4	400,5	1458,2	807,7
Полная	77,4	59,7	55,2	64,1	76,3	84,4	66,5	75,7
Дифференцированная	80,0	55,8	39,9	58,6	79,5	79,4	52,1	70,3

**фактические численность и масса сорных растений.*

уровне 58,6 и 64,1 % (численность), 70,3 и 75,7 % (фитомасса), различия в эффективности дифференцированной и полной норм применения гербицида по усредненным данным составили 5,5 и 5,4 %. При засоренности исключительно малолетними двудольными видами (2015 г.) они практически отсутствовали, а при наличии в посеве многолетников (2018 г.) – возрастали (табл. 3). Это может служить основанием в пользу дифференцированного подхода при выборе норм расхода гербицидов, которая должна определяться фактической засоренностью каждого участка посева.

4. Биологическая эффективность разных способов проведения гербицидной обработки в посеве ярового ячменя

Способ обработки гербицидом	Снижение численности сорняков в сравнении с контролем, %				Снижение фитомассы сорняков в сравнении с контролем, %			
	2015 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	2015 г.	2017 г.	2018 г.	среднее
Без гербицида (контроль)*	660	465	354	493	602,0	285,0	1386,7	757,9
Равномерно	76,6	59,6	44,3	60,2	79,5	73,7	49,4	67,5
Дифференцированно	58,1	42,3	30,6	43,7	61,9	63,9	31,0	52,3

**фактические численность и масса сорных растений.*

Дифференцированное применение гербицида, учитывающее пространственную неоднородность распространения сорных растений в посеве, оказалось менее эффективным мероприятием с хозяйственной точки зрения, чем сплошное проведение обработки. Преимущество варианта с равномерным внесением гербицида по величине сохраненного урожая составило от 1,1 % в 2015 г. до 13,4 % в 2018 г. Однако статистически значимыми эти различия не были (табл. 5).

5. Хозяйственная эффективность разных способов проведения гербицидной обработки в посеве ярового ячменя

Способ обработки гербицидом	Величина сохраненного урожая							
	2015 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	г/м²	%	г/м²	%	г/м²	%	г/м²	%
Без гербицида (контроль)*	184,6		378,1		106,0		222,9	
Равномерно	16,2	8,8	60,9	16,1	45,1	42,5	40,7	22,5
Дифференцированно	14,2	7,7	21,5	5,7	30,8	29,1	22,2	14,2
$НСР_{05}$	65,3		58,4		30,3		51,3	

**фактическая урожайность ярового ячменя.*

Однако в целом равномерное применение гербицида, осуществляемое в полной норме расхода независимо от степени засоренности делянок, оказалось более эффективным, чем дифференцированное. Снижение численности сорняков составило 60,2 и 43,7 %, фитомассы – 67,5 и 52,3 % (табл. 4). Это объясняется тем, что в этом варианте уничтожались сорные растения, в том числе и на делянках со слабой засоренностью, которые в варианте с дифференцированным применением гербицида не обрабатывались. Различия в эффективности двух способов проведения гербицидной обработки составили 16,5 и 15,2 % соответственно по снижению численности и фитомассы сорных растений в пользу равномерного применения гербицидов.

В расчетах экономической эффективности использовали усредненную норму расхода гербицида, которая в варианте с дифференцированным его применением, не предусматривающем обработки делянок со слабой засоренностью, составляла 0,092, 0,089 и 0,089 кг/га или на 38,7, 40,7 и 40,7 % меньше, чем в варианте со сплошной обработкой независимо от степени засоренности. Именно вследствие снижения объемов применения препарата в 1,6...1,7 раза уменьшились затраты на проведение обработки и повысилась рентабельность защитных мероприятий против сорной растительности. В 2015 и 2018 гг. преимущество варианта с дифференцированным применением гербицида над вариантом со сплошным проведением обработки в полной норме расхода препарата составило 2,1 и 1,2 раза (табл. 6). В 2017 г. отмечена обратная ситуация, обусловленная большой разницей в величине сохраненного урожая и полученной от его реализации прибыли в пользу варианта с равномерным проведением гербицидной обработки.

Таким образом, результаты исследований продемонстрировали преимущество равномерного способа применения гербицида в посевах ярового ячменя над дифференцированным по влиянию на засоренность и формирование урожая. Это объясняется тем фактом, что в этом варианте уничтожали сорные растения, в том числе и на делянках со слабой засоренностью, которые в варианте с дифференцированным применением гербицида не обрабатывали. При этом дифференцированная на основе измерений вегетационного индекса NDVI норма расхода гербицида обеспечивала примерно такое же снижение численности и фитомассы сорных растений, как и полная норма. Это может служить основанием в пользу дифференцированного подхода при выборе нормы расхода гербицидов, которая должна определяться фактической засоренностью каждого участка посева. Более высокая рентабельность гербицидной обработки дважды из трех лет исследований достигалась вследствие

6. Экономическая эффективность разных способов проведения гербицидной обработки на посевах ярового ячменя

Способ обработки гербицидом	Норма расхода, кг/га	Затраты на обработку, руб./га	Сохраненный урожай		Прибыль, руб./га посева	Рентабельность, %
			ц/га	руб./га		
2015 г.						
Равномерно	0,150	815	1,6	1440	625	76,7
Дифференцированно	0,092	500	1,4	1260	760	152,0
2017 г.						
Равномерно	0,150	815	6,1	5490	4675	573,6
Дифференцированно	0,089	484	2,2	1890	1980	409,1
2018 г.						
Равномерно	0,150	815	4,5	4050	3235	396,9
Дифференцированно	0,089	484	3,1	2790	2306	476,4

существенного снижения объемов применения препарата в варианте с дифференцированным проведением защитного мероприятия.

Литература.

1. Timmermann C., Gerhards R., Kuhbauch W. The economic impact of site-specific weed control // Precision Agriculture. 2003. Vol. 4. P. 249–260.

2. Development of an image processing system and a fuzzy algorithm for site-specific herbicide applications / C.-C. Yang, S. O. Prasher, J.-A. Landry, et al. // Precision Agriculture. 2003. Vol. 4. P. 5–18.

3. Самсонова В. П., Мешалкина Ю. Л. Учет пространственной неоднородности засоренности полей // Земледелие. 1998. № 2. С. 28.

4. Precision weed control – more than just saving herbicides / R. Gerhards, M. Sökefeld, C. Timmermann, et al. // Zeitschr. Pflanzenkrankh Pflanzenschutz, Sonderheft. 2000. XVII. P. 179–186.

5. Lettner J., Hank K., Wagner P. Okonomische potenziale der teilflachen-spezifischen Unkrautbekampfung // Ber. Landwirtsch. 2001. Vol. 79. No. 1. P. 107–139.

6. Полин В. Д., Березовский Е. В., Ларина Н. В. Использование оптических датчиков «GREENSEEKER» при применении гербицида // Доклады ТСХА. 2010. Вып. 282. Ч. 1. С. 310–313.

7. Полин В. Д., Березовский Е. В. Совершенствование методов борьбы с сорняками в системе точного земледелия в новых экологических условиях // Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям». М.: РГАУ, 2011. С. 131–136.

8. Смук В. В., Шпанев А. М. Дистанционный мониторинг засоренности посадок картофеля в периоды до и после появления всходов картофеля // Агрофизика. 2019. № 4. С. 46–53. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.04.07

9. Шпанев А.М., Петрушин А.Ф. Методологические основы изучения оптических характеристик фитосанитарного состояния посевов // Агрофизика. 2017. № 4. С. 48–57.

10. Методика фитосанитарного мониторинга агроландшафтов с использованием физико-технической базы точного земледелия / А. М. Шпанев, П. В. Лекомцев, А. Ф. Петрушин и др. СПб.: АФИ, 2017. 31 с.

11. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / А.А. Петунова, Т. А. Маханькова, Е. И. Кириленко и др. СПб.: ВИЗР, 2013. 280 с.

12. Гончаров Н. Р. Методика экономической оценки эффективности мероприятий по защите растений в условиях производственного эксперимента. СПб.: ВИЗР, 2017. 26 с.

13. Шпанев А. М. Экспериментальная база для дистанционного зондирования фитосанитарного состояния агроэкосистем на Северо-Западе РФ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 61–68. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-61-68

Application of herbicides based on spectral measurements

A. M. Shpanev[1,2], V. V. Smuk[1,2]
[1]Agrophysical Research Institute, Grazhdanskiy prosp., 14, Sankt-Peterburg, 195220, Russian Federation
[2]All-Russian Institute of Plant Protection, sh. Podbel`skogo, 3, Pushkin, Sankt-Peterburg, 196608, Russian Federation

Abstract. *The solution of the currently relevant task, connected to the decrease of herbicide usage, can be successfully realized through the differential application, i.e. the expenditure of the chemical or working liquid is changing during the treatment depending on the weediness level. This study aimed to assess the efficacy of the differential herbicide treatment, based on the spectral measures of the plantation conditions. The studies were carried out in the plantations of the spring barley 'Leningradskiy' in 2015, 2017 and 2018. The experimental design included strong, medium and week infestation of the plots, and uniform and differential herbicide application; the control was not treated with the herbicide. With the uniform application of the herbicide, we used the full dose regardless of the degree of plot infestation; with the differentiated application, the rate of varied depending on the degree of weediness according to the ground-based NDVI index. The uniform treatment was more preferable in terms of influence on weediness (by 13.7–18.5% in terms of number, by 9.8–18.4% in phytomass) and yield formation (by 1–13%). At the same time, the herbicide rate differentiated on the basis of measurements of the vegetation NDVI index ensured approximately the same decrease in the number and phytomass of weeds as the full rate (in terms of numbers the decrease was 58.6 and 64.1%, respectively, in terms of phytomass – 70.3 and 75.7%). However, higher profitability of herbicidal treatment for two years out of three years of the research was achieved in the variant with the differentiated implementation of protective measures due to a significant (39–41%) reduction in the volume of the preparation use.*

Keywords: *spring barley (Hordeum vulgare L.); weeds; herbicide treatment; vegetation NDVI index; biological efficiency; economic efficiency.*

Author Details: *A. M. Shpanev, head of laboratory, head of division (e-mail: ashpanev@mail.ru); V. V. Smuk, research fellow, junior research fellow (e-mail: vvsmuk@mail.ru).*

For citation: *Shpanev AM, Smuk VV [Application of herbicides based on spectral measurements]. Zemledelie. 2021;(1): 37-40. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10109.*

doi: 10.24411/0044-3913-2021-10110
УДК 632.4:632.7:633.1:631.526.32

Влияние фитосанитарных средств на урожайность новых сортов яровой пшеницы сибирской селекции*

А. А. СЛОБОДЧИКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: a.bat2015@yandex.ru)
Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН», ул. С-100, зд. 21, а/я 375, пос. Краснообск, Новосибирский р-н, Новосибирская обл., 630501, Российская Федерация

Исследования проводили в 2018–2019 гг. в типичных для лесостепной зоны Западной Сибири почвенно-климатических условиях. В эксперименте изучали отзывчивость трех новых сортов мягкой яровой пшеницы (Новосибирская 16, Новосибирская 41 и Сибирская 21) на разные уровни химической защиты посевов от вредных организмов: без применения инсектицидов и фунгицидов – контроль; протравливание семян; протравливание семян + инсектициды; фунгициды (протравливание семян и обработка растений в фазе колошения) + инсектициды. Обработку инсектицидами проводили в фазах всходы и колошение. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Предшественник – чистый пар. Условия 2018 г. оказались наиболее благоприятными для размножения вредителей, значимых различий в развитии листостебельных болезней в зависимости от года исследований не выявлено. Сорт Сибирская 21 показал относительную устойчивость к мучнистой росе и пшеничному трипсу. Хлебная полосатая блошка менее интенсивно заселяла посевы сорта Новосибирская 16, внутристеблевые вредители практически не повреждали растения Новосибирской 41. На фунгицидную обработку семян лучше всего отзывался сорт Новосибирская 41 – при-

** Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № 0259-2021-0018*

бавка урожая составила 0,39 т/га, наименее отзывчивым был сорт Сибирская 21 (прибавка 0,09 т/га). Самую высокую величину дополнительного урожая от применения инсектицидов обеспечил сорт Новосибирская 41 (0,60 т/га), самую низкую – Новосибирская 16 (0,24 т/га). При умеренном развитии листостебельных болезней отзывчивость сортов на использование фунгицидов в период вегетации различалась слабо, дополнительный сбор зерна варьировал от 0,24 до 0,33 т/га. Наибольшей урожайностью как при использовании комплекса фитосанитарных средств, так и без их применения характеризовался сорт Сибирская 21 (4,35...5,11 т/га), значительно меньше она была у сорта Новосибирская 41 (3,45...4,68 т/га), самой низкой – у сорта Новосибирская 16 (2,55...3,40 т/га).

Ключевые слова: *яровая пшеница (Triticum aestivum L.), сорт, фунгицид, инсектицид, продуктивность.*

Для цитирования: *Слободчиков А. А. Влияние фитосанитарных средств на урожайность новых сортов яровой пшеницы сибирской селекции // Земледелие. 2021. № 1. С. 40–44. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10110.*

Получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур – главная задача сельскохозяйственного производства. Реализовать эту задачу и добиться эффективности производства зерна можно на основе использования новых сортов [1, 2]. В общем росте урожайности на долю сорта и кондиционных семян приходится 40...60 % [3, 4]. Однако на практике потенциал новых сортов часто не реализуется, в том числе из-за недостаточной изученности их индивидуальной реакции на различные элементы технологии возделывания и отсутствия всесторонней информации об их устойчивости к комплексу болезней и вредителей. Такие сведения позволили бы уменьшить потери урожая зерна от вредных организмов, которые в отдельные годы достигают 15...50 %, а также исключить не рациональное применение фитосанитарных средств [5, 6, 7]. Внедрение одинаковых систем защиты при выращивании разных сортов пшеницы в постоянно меняющихся рыночных условиях может быть экономически не целесообразным [8]. Только полная информация об особенностях фитосанитарной ситуации складывающейся в посевах новых сортов, дает возможность разрабатывать сортовую агротехнику, рационально применять пестициды и формирует базу для адаптации агрохимического обеспечения в конкретных природно-климатических условиях [9].

Цель исследования – оценка особенностей формирования фитосанитарной ситуации в посевах новых сортов яровой пшеницы сибирской селекции и определении влияния средств защиты на урожайность и основные элементы ее структуры с тем, чтобы оптимизировать системы защиты этих сортов.

Эксперименты проводили в 2018–2019 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиале Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН», расположенном в Новосибирской области, почвенно-климатические условия которого типичны для лесостепной зоны Западной Сибири. Почва – выщелоченный среднесуглинистый чернозем. Содержание гумуса в слое 0...30 см – 4,4 %, общего азота – 0,34 %, валового фосфора – 0,30 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г почвы соответственно, pH водной вытяжки 6,7...6,8 ед. Основные элементы технологии возделывания соответствовали общепринятым для зоны (*Ресурсоэнергосберегающие технологии возделывания яровой пшеницы в Новосибирской области: метод. пособие. Новосибирск: Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим, 2000. 48 с.*).

По метеорологическим условиям 2018 г. характеризовался повышенной влагообеспеченностью с небольшим недостатком тепла. Среднедекадная температура мая (7,0 °С) была ниже среднемноголетних значений на 3,9 °С, а количество осадков (80,5 мм) превышало их в 2,2 раза. Июнь был теплым (среднедекадная температура составила 19,0 °С, норма – 16,9 °С) и влажным – осадков выпало в 1,3 раза больше нормы (55 мм). В июле отмечали небольшой недобор тепла (18,5 °С, норма – 19,4 °С) и не значительный избыток атмосферной влаги (64,6 мм, норма – 61,0 мм). Август оказался теплым (16,6 °С, норма – 16,2 °С) и засушливым (осадков выпало 33,3 мм, норма – 67,0 мм). Вегетационный период 2019 г. характеризовался умеренной теплообеспеченностью и дефицитом осадков. Май был теплым (среднедекадная температура соответствовала норме 10,9 °С) и немного дождливым (осадков выпало 43,2 мм, норма – 37 мм). Июнь и июль были на 0,5 °С прохладнее, чем обычно (норма – 16,9 и 19,4 °С соответственно). В июне осадков выпало в 2,2 раза меньше нормы (55 мм), в июле, напротив, их количество превышало среднемноголетние значения (61,0 мм) в 1,6 раза. В августе отмечали обилие тепла и ощутимый недостаток влаги, среднедекадная температура превышала норму на 2,1 °С, осадков в сравнении с ней, выпало в 3 раза меньше (норма – 16,2 °С и 67 мм соответственно).

В опыте изучали 3 сорта мягкой яровой пшеницы:

Новосибирская 16. Родословная: Памяти Вавенкова × Новосибирская 15. Раннеспелый, продолжительность вегетационного периода – 67...88 дней. Восприимчив к твёрдой головне. Сильновосприимчив к корневым гнилям, бурой ржавчине, септориозу и мучнистой росе. В полевых условиях стеблевой ржавчиной поражается слабо, пыльной головнёй – сильно.

Новосибирская 41. Родословная: Тюменская 80 × [(Целинная 20 × АНК 102) × АНК 102]. Среднеранний, продолжительность вегетационного периода – 63...82 дня. Умеренно восприимчив к пыльной головне, бурой ржавчине и мучнистой росе.

Сибирская 21. Родословная: (Новосибирская 67 × Удача) × Сибирская 17. Среднеранний, продолжительность вегетационного периода – 75...89 дней. Умеренно устойчив к мучнистой росе. Восприимчив к корневым гнилям. В полевых условиях пыльной головнёй поражается сильно (*Характеристики сортов растений, впервые включённых в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М.: ФГБУ «Госсорткомиссия», 2020. URL: http://reestr.gossortrf.ru/reestr/culture/2.html (дата обращения: 23.05.2020)*).

Повторность опыта 4-х кратная, площадь учетной делянки 29,7 м^2. Посев осуществляли 21 мая сеялкой СН-16, норма высева семян – 6 млн всхожих семян/га. Предшественник – чистый пар.

На схему опыта методом расщепленных делянок накладывали четыре варианта защиты растений: контроль (без использования фунгицидов и инсектицидов); фунгицид (протравливание семян); фунгицид (протравливание семян) + инсектициды (обработка по всходам + обработка по генеративным органам); инсектициды (обработка по всходам + обработка по генеративным органам) + фунгициды (протравливание + обработка растений по вегетации).

Семена яровой пшеницы обрабатывали системным фунгицидом Иншур Перформ, КС (0,6 л/т) против почвенно-семенных инфекций; вегетирующие посевы опрыскивали в фазе 2...3 листьев инсектицидом Эсперо, КС (0,1 л/га) против вредителей всходов и в фазе начало колошения баковой смесью инсектицида Эсперо, КС (0,1 л/га) и фунгицида Абакус Ультра, СЭ (1,5 л/га) против вредителей генеративных органов и листостебельных инфекций. В фазе кущения пшеницы все варианты опыта обрабатывали баковой смесью противодвудольного гербицида и

граминицида против сорных растений. Опрыскивание посевов пестицидами выполняли вручную ранцевым опрыскивателем.

Оценку фитосанитарного состояния посевов в отношении болезней и вредителей проводили согласно общепринятым методикам (*Зональные системы защиты яровой пшеницы от сорняков, болезней и вредителей в Западной Сибири / подгот. В. И. Долженко, Н. Г. Власенко, А. Н. Власенко и др. Новосибирск: СибНИИЗиХ, 2014. 122 с.*).

Уборку урожая осуществляли методом сплошного обмолота комбайном Сампо-130. Математическую обработку данных проводили с помощью пакета прикладных программ СНЕДЕКОР (*Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.*).

Оценка растений сортов пшеницы на пораженность обыкновенной корневой гнилью (возбудитель – *Bipolaris sorokiniana* Shoem. syn. *Helminthosporium sativum* Pam., King et Bakke) в 2018–2019 гг. показала, что в фазе кущения культуры индекс развития болезни (ИРБ) был низким (3,9...4,0 %) и не превышал экономического порога вредоносности (> 10 %). Однако отмечена тенденция более сильного нарастания этой болезни на посевах сорта Новосибирская 16 (5,8 %). В сравнении с ним, пораженность растений сортов Сибирская 21 (3,4 %) и Новосибирская 41 (2,8 %) была в 1,7...2,1 раза меньше.

К фазе молочно-восковой спелости зерна развитие обыкновенной корневой гнили в среднем по опыту усилилось в 2,9 и 4,7 раза в 2018 и 2019 гг. соответственно. Пораженность посевов Новосибирской 16 в этой фазе развития была также немного выше (16,9 %), чем у сортов Сибирская 21 (13,7 %) и Новосибирская 41 (14,6 %).

В период вегетации на растениях пшеницы также встречались мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC) Speer), септориоз (*Septoria nodorum* Berk., *Septoria tritici* Rob. et Desm.) и бурая листовая ржавчина (*Puccunia recondita* Rob. et Desm.). Интенсивность развития этих болезней в большей степени различалась в зависимости от сорта, в меньшей – от условий года возделывания.

Пораженность агроценозов пшеницы мучнистой росой в 2018 и 2019 гг. в целом по сортам была практически на одном уровне, индекс развития болезни на флаговых и подфлаговых листьях в среднем составил 6,9 и 6,5 % соответственно. Похожая ситуация складывалась и в отношении септориоза, его развитие не превышало 3,1 и 4,1 % соответственно. Проявления симптомов бурой листовой ржавчины были самыми слабыми и наблюдали только в 2018 г., пораженность листьев болезнью в среднем составила 2,1 %.

Наибольшей устойчивостью к мучнистой росе обладал сорт Сибирская 21, встречаемость болезни в его посевах была очень редкой, а развитие не значительным (ИРБ = 0,4 %). Меньшую устойчивость к мучнистой росе проявили сорта Новосибирская 16 и Новосибирская 41, индекс развития болезни в их посевах достигал 8,6 и 11,2 % соответственно.

Септориозом и бурой листовой ржавчиной сильнее поражались растения сорта Новосибирская 16 (ИРБ = 5,6 и 3,5 % соответственно), немного меньше – сорта Новосибирская 41 (ИРБ = 3,0 и 2,5 %) и слабее других – сорта Сибирская 21 (ИРБ = 2,0 и 0,4 %).

Погодные условия 2018 и 2019 гг. способствовали активному заселению посевов пшеницы хлебной полосатой блошкой (*Phyllotreta vittula* Redt.), количество взрослых жуков в агроценозах сортов превышало экономический порог вредоносности (ЭПВ) в 4...6 раз. Условия 2018 г. оказались наиболее благоприятными для формирования популяции вредителя, его численность в этот период в среднем по сортам достигала 212 шт./м^2, в 1,6 раза меньше она была в 2019 г. (131 шт./м^2) (НСР$_{05}$ = 41 шт./м^2). Посевы сорта Новосибирская 41 были самыми привлекательными для хлебной полосатой блошки, здесь количество жуков было в 1,3...1,5 раза выше, в сравнении с агроценозами сортов Сибирская 21 (160 шт./м^2) и Новосибирская 16 (142 шт./м^2) (НСР$_{05}$ = 51 шт./м^2).

Внутристеблевые вредители яровая (*Phorbia genitalis* Schnabl.) и шведская (*Oscinella pusilla* Mg.) мухи, стеблевые хлебные блошки (*Chaetocnema aridula* Gyll., *Chaetocnema hortensis* Geoffr.), в целом по опыту, повреждали растения пшеницы не значительно. Количество поврежденных главных и боковых стеблей в 2018 г. в среднем по сортам составило 3 и 4 %, в 2019 г. – 7 и 5 % соответственно. В первый год испытаний внутристеблевые вредители заметнее повреждали главные и боковые стебли пшеницы Новосибирская 16 (6 и 8 %), во второй год – Сибирской 21 (14 и 10 %). Посевы сорта Новосибирская 41 заселялись этими вредителями меньше других, поврежденность стеблей растений была на уровне 0...2 %.

Пшеничный трипс (*Haplothrips tritici* Kurd.) в большей степени заселял растения пшеницы в 2018 г., численность его личинок в среднем по сортам была в 1,6 раза выше (44 экз./колос), чем в 2019 г. (27 экз. колос) (НСР$_{05}$ = 8 экз./колос). Больше всего пшеничный трипс предпочитал колосья сортов Новосибирская 41 (45 экз./колос) и Новосибирская 16 (48 экз./колос), менее привлекательными для него оказались колосья сорта Сибирская 21 (13 экз./колос) (НСР$_{05}$ = 10 экз./колос).

Оценивая роль условий года, сортовых особенностей и защитных мероприятий в формировании продуктивности пшеницы, мы выявили некоторые различия в доле влияния (V) этих факторов на урожай и основные элементы его структуры. Так, густота всходов пшеницы в большей степени определялась защитными мероприятиями (V = 34 %), в меньшей – сортовыми особенностями (V = 6 %) и условиями вегетационного периода (V = 3 %). Количество всходов в 2018–2019 гг. значимо не различалось и в среднем по опыту было в пределах 502...517 шт./м^2 (НСР$_{05}$ = 20 шт./м^2). В зависимости от сорта пшеницы величина этого показателя варьировала от 497...509 (у Сибирской 21 и Новосибирской 16) до 524 шт./м^2 (у Новосибирской 41) (НСР$_{05}$ = 25 шт./м^2). Предпосевная обработка семян фунгицидом достоверно увеличивала полевую всхожесть в среднем по сортам в 1,1 раза (до 537 шт./м^2), в сравнении с контрольным вариантом (483 шт./м^2) (НСР$_{05}$ = 20 шт./м^2).

Перед уборкой пшеницы тенденция влияния факторов сохранялась. Наибольшее воздействие на количество растений культуры оказывали средства защиты растений (V = 36 %). При использовании протравителя семян величина этого показателя увеличивалась на 15 %, при его сочетании с инсектицидами по вегетации – на 20 %, от внесения комплекса инсектицидов и фунгицидов – на 22 % (табл. 1). Среднее влияние (V = 17 %) на густоту стояния растений оказывали сортовые особенности пшеницы. Наименьшую плотность посева отмечали у сорта Сибирская 21 (412 шт./м^2), немного выше она была у сорта Новосибирская 16 (432 шт./м^2) и наибольшая – у сорта Новосибирская 41 (468 шт./м^2). Условия вегетационного периода практически не оказывали влияния на количество растений перед уборкой, в зависимости от года исследований показатель изменялся от 432 до 443 шт./м^2.

На плотность продуктивного стеблестоя влияние фитосанитарных средств было также сильнее (V = 38 %), в сравнении с сортовыми особенностями пшеницы (V = 21 %) и условиями вегетационного периода (V = 10 %). Самый высокий прирост (18...19 %) продуктивных стеблей в

1. Влияние фунгицидных и инсектицидных обработок на густоту стояния растений сортов яровой пшеницы в фазе восковая спелость (среднее за 2018–2019 гг.), шт./м²

Сорт (фактор В)	Вариант защиты (фактор С)				Среднее по В
	контроль (без обработки)	протравитель	протравитель + инсектициды	инсектициды + фунгициды	
Новосибирская 16	389	432	448	462	432
Новосибирская 41	402	475	495	500	468
Сибирская 21	358	412	440	440	412
Среднее по С	383	439	461	467	
Среднее по фактору А*: 2018 = 432, 2019 = 443					
$НСР_{05}$ по фактору: А = 13, В = 16, С = 19, для частных средних = 47					

**фактор А – год.*

среднем по опыту отмечали на фоне совместного применения инсектицидов и фунгицидов, самый низкий (5 %) – при использовании только протравителя семян (табл. 2). В посевах сортов Сибирская 21 и Новосибирская 16 число продуктивных стеблей было примерно на одном уровне (453...464 шт./м²) и в 1,1 раза меньше, чем в агроценозах сорта Новосибиркая 41 (506 шт./м²). Больше продуктивных стеблей насчитывали в условиях 2018 г., на 36 шт./м² меньше их было в 2019 г. (456 шт./м²).

Заметно выше масса зерен главных колосьев был у сорта Сибирская 21 (1,33 г), существенно ниже – у сортов Новосибирская 41 (1,11 г) и Новосибирская 16 (0,90 г) ($НСР_{05}$ = 0,07 г). Достоверный прирост массы зерна (на 0,11 г) от средств защиты растений отмечали только на фоне внесения комплекса инсектицидов и фунгицидов (1,18 г). В сравнении с контролем (1,07 г), в вариантах с предпосевной обработкой семян, как отдельно, так и вместе с инсектицидом по вегетации показатель ($НСР_{05}$ = 0,5 г). Наиболее значимое влияние на массу 1000 зерен оказывало совместное использование инсектицидов и фунгицидов. Прирост показателя от их воздействия по отношению к контролю (36,4 г) в среднем по опыту варьировал от 1,2 до 2,8 г. При протравливании семян фунгицидом прирост массы 1000 зерен был не существенным – 0,5 г ($НСР_{05}$ = 0,6 г).

Влияние сортовых особенностей (V = 38 %) и условий года (V = 40 %) на продуктивность пшеницы было

2. Влияние фунгицидных и инсектицидных обработок на продуктивный стеблестой сортов яровой пшеницы (2018–2019 гг.), шт./м²

Сорт (фактор В)	Вариант защиты (фактор С)				Среднее по В
	контроль (без обработки)	протравитель	протравитель + инсектициды	инсектициды + фунгициды	
Новосибирская 16	420	444	495	498	464
Новосибирская 41	438	510	535	543	506
Сибирская 21	395	452	480	484	453
Среднее по С	417	468	503	508	
Среднее по фактору А*: 2018 = 492, 2019 = 456					
$НСР_{05}$ по факторам: А = 14, В = 17, С = 20, для частных средних = 49					

**фактор А – год.*

Формирование числа зерен в главном колосе практически в равной степени зависело от влияния сортовых особенностей пшеницы и условий года (V = 43 и 44 %). В среднем по опыту наибольшей озерненностью главного колоса характеризовался сорт Сибирская 21 (33 шт.), немного меньше она была у сорта Новосибирская 41 (29 шт.) и наименьшей – у сорта Новосибирская 16 (22 шт.) ($НСР_{05}$ = 1 шт.). Самым благоприятными для образования зерновок оказались условия 2018 г., здесь их количество (32 шт./колос) было на 9 шт. больше, чем в 2019 г. (23 шт./колос) ($НСР_{05}$ = 1 шт.). Средства защиты растений влияния на величину этого показателя не оказывали. Не зависимо от уровня защиты посевов число зерен в главных колосьях сортов пшеницы составило 28 шт. ($НСР_{05}$ = 2 шт.).

На массу зерна главного колоса сильное влияние оказывали условия года (V = 55 %), среднее – сортовые особенности пшеницы (V = 28 %), слабое – фитосанитарные средства (V = 2 %). В зависимости от года исследований величина этого показателя варьировала от 0,87 г (2019 г.) до 1,36 г (2018 г.) ($НСР_{05}$ = 0,06). увеличивался не значительно – на 0,01 и 0,05 г соответственно ($НСР_{05}$ = 0,08 г).

Погодные условия оказывали превалирующее воздействие (V = 38 %) и на формирование массы 1000 зерен. В сравнении с 2019 г. (36,0 г), наиболее интенсивно масса 1000 зерен накапливалась в более благоприятных условиях 2018 г. (39,2 г) ($НСР_{05}$ = 0,4 г). Влияние сортовых особенностей (V = 24 %) и защитных мероприятий (V = 16 %) на величину этого показателя было меньше. Самой высокой она была у сорта Сибирская 21 (39,0 г), немного ниже у сорта Новосибирская 16 (37,8 г), самой низкой – у сорта Новосибирская 41 (35,9 г) определяющим (табл. 3). В среднем по опыту самый высокий сбор зерна отмечен в 2018 г. (4,64 т/га), в 2019 г. он был в 1,5 раза меньше (3,18 т/га). Самую высокую продуктивность без применения инсектицидов и фунгицидов показал сорт Сибирская 21 (4,35 т/га), в 1,3 раза ниже она была у сорта Новосибирская 41, самую низкую – у сорта Новосибирская 16 (2,55 т/га). Влияние фитосанитарных средств на урожай было меньше (V = 10 %) и различалось в зависимости от сорта пшеницы. Наиболее отзывчивыми на предпосевную обработку семян фунгицидом оказались сорта Новосибирская 16 и Новосибирская 41, дополнительный урожай зерна

3. Влияние средств защиты растений на урожайность сортов пшеницы (среднее за 2018–2019 гг.), т/га

Сорт (фактор В)	Вариант защиты (фактор С)				Среднее по В
	контроль (без обработки)	протравитель	протравитель + инсектициды	инсектициды + фунгициды	
Новосибирская 16	2,55	2,83	3,07	3,40	2,96
Новосибирская 41	3,45	3,84	4,44	4,68	4,10
Сибирская 21	4,35	4,44	4,83	5,11	4,68
Средние по С	3,45	3,70	4,11	4,40	
Средние по фактору А*: 2018 = 4,64, 2019 = 3,18;					
$НСР_{05}$ по факторам: А = 0,14, В = 0,17, С = 0,19; для частных средних = 0,47					

** фактор А – год.*

от этого приема составил 0,28 и 0,39 т/га соответственно. Меньшую отзывчивость на протравливание семян проявил сорт Сибирская 21 (прибавка урожая составила 0,09 т/га), что вероятно можно объяснить его относительно слабой чувствительностью к возбудителям обыкновенной корневой гнили в сравнении с другими сортами.

Наибольший дополнительный сбор зерна от инсектицидных обработок (в сравнении с вариантом с предпосевной обработкой семян) зафиксирован у сортов Сибирская 21 (0,39 т/га) и Новосибирская 41 (0,60 т/га), посевы которых интенсивнее заселялись хлебной полосатой блошкой. В менее привлекательных для этого вредителя агроценозах Новосибирской 16 прибавка урожая, напротив, была заметно меньше (0,24 т/га). Так как развитие аэрогенных инфекций в посевах пшеницы было относительно не высоким, значительных различий в повышении урожая от применения фунгицидов по вегетации у изучаемых сортов не наблюдали. Рост продуктивности пшеницы варьировал от 0,24 (у Новосибирской 41) до 0,29...0,33 т/га (у Сибирской 21 и Новосибирской 16). В целом на применение комплекса средств защиты растений отзывчивость сорта Новосибирская 41 была самой высокой, прибавка урожая достигала 1,23 т/га, что в 1,5...1,6 раза выше, чем у сортов Новосибирская 16 и Сибирская 21.

Таким образом были выявлены различия в формировании фитосанитарной ситуации в посевах изучаемых сортов пшеницы. Сорт Сибирская 21 оказался относительно устойчивым к листостебельным болезням (бурая листовая ржавчина – 0,4 %, мучнистая роса – 0,8 %, септориоз – 2,9 %) и менее привлекательным для пшеничного трипса (13 личинок/колос), однако его посевы сильнее других повреждались внутристеблевыми вредителями (поврежденных главных стеблей – 8 %, боковых – 7 %). Пшеница Новосибирская 16 в меньшей степени заселялась хлебной полосатой блошкой (142 шт./м^2), в большей – пшеничным трипсом (49 личинок/колос). Сорт Новосибирская 41 практически не повреждался внутристеблевыми вредителями (главных стеблей – 2 %, боковых – 1 %), но сильнее заселялся хлебной полосатой блошкой (212 шт./м^2) и поражался мучнистой росой (11,2 %).

Установлено, что фитосанитарные средства оказывают сильное влияние на густоту стояния растений и плотность продуктивного стеблестоя (V = 34...38 %), условия года – на основные элементы структуры колоса (V = 44...55 %), массу 1000 зерен (V = 38 %) и урожай пшеницы (V = 40 %). Влияние сортовых особенностей на показатели продуктивности культуры было средним, однако в формировании числа зерен в главном колосе (V = 43 %) и урожая пшеницы (V = 38 %) оно было сопоставимо с воздействием погодных условий. Наибольшей урожайностью обладал сорт Сибирская 21 (4,35 т/га), наименьшую показал сорт Новосибирская 16 (2,55 т/га). Применение инсектицидов и фунгицидов в посевах сортов пшеницы увеличивало их продуктивность от 2...18 % (у Сибирской 21) до 11...33 % (у Новосибирской 16) и 11...35 % (у Новосибирской 41). В целом по опыту прибавка урожая от использования комплекса инсектицидов и фунгицидов составила 0,95 т/га.

Литература.

1. Фирсова Т. И., Раева С. А. Использование сортовых ресурсов озимой пшеницы в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 6 (54). С. 43–48.
2. Левакова О. В., Барковская Т. А., Банникова М. И. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Фелиция // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 3. С. 43–46. doi: 10.30850/vrsn/2020/3/43-46.
3. Улич А. Л. Реакция сортов пшеницы мягкой озимой на почвенно-климатические условия // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 8–13.
4. Влияние сорта и технологии на эффективность возделывания яровой пшеницы в лесостепи Приобья / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, О. В. Кулагин и др. // Земледелие. 2018. № 4. С. 15–19. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10404
5. Видовой состав возбудителей корневой гнили на яровых зерновых в Республике Мордовия / М. И. Киселева, Н. С. Жемчужина, В. П. Дубовой и др. // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 1. С. 119–127. doi: 10.15389/agrobiology.2016.1.119rus.
6. Леонова И. Н., Будашкина Е. Б. Изучение признаков продуктивности у интрогрессивных линий Triticum aestivum / Triticum timopheevii, устойчивых к грибным болезням // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 3. С. 311–319. doi: 10.18699/VJ16.120.
7. Смирнова О. Г., Кочетов А. В. База данных генов, повышающих устойчивость пшеницы и родственных ей злаков к патогенным грибам // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 6. С. 904–908. doi: 10.18699/VJ16.203.
8. Слободчиков А. А. Эффективность защиты сортов яровой пшеницы от вредных организмов // Земледелие. 2019. № 2. С. 45–47. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10213.
9. Власенко Н. Г., Слободчиков А. А., Теплякова О. И. Особенности формирования фитосанитарной ситуации в посевах сортов яровой пшеницы сибирской селекции. Новосибирск: ГНУ СибНИИЗиХ, 2010. 92 с.

Influence of phytosanitary preparations on the yield of new varieties of spring wheat bred in Siberia

A. A. Slobodchikov
Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding, branch of the "Federal Research Center the Institution of Cytology and Genetics", Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, ul. S-100, zd. 21, a/ya 375, pos. Krasnoobsk, Novosibirskii r-n, Novosibirskaya obl., 630501, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out in 2018–2019 under typical soil and climatic conditions for the forest-steppe zone of Western Siberia. The experiment studied the responsiveness of three new varieties of common spring wheat (Novosibirskaya 16, Novosibirskaya 41 and Sibirskaya 21) to different levels of chemical protection of crops from harmful organisms: without the use of insecticides and fungicides – the control; seed dressing; seed dressing + insecticides; fungicides (seed treatment and treatment of plants in the heading phase) + insecticides. Insecticide treatment was carried out in the germination and heading phases. The soil was leached medium loamy chernozem. The forecrop is bare fallow. The conditions of 2018 turned out to be the most favourable for the reproduction of pests; no significant differences in the development of leaf-stem diseases depending on the year of the research were revealed. Sibirskaya 21 variety showed relative resistance to powdery mildew and wheat thrips. The striped bread flea was less intensively inhabiting the crops of Novosibirskaya 16 variety; intra-stem pests practically did not damage Novosibirskaya 41 plants. Variety Novosibirskaya 41 responded best to the fungicidal treatment of seeds: the yield increase was 0.39 t/ha; the least responsive was Sibirskaya 21 variety (0.09 t/ha increase). The highest yield increase from the use of insecticides was provided by Novosibirskaya 41 variety (0.60 t/ha), the lowest one – by Novosibirskaya 16 variety (0.24 t/ha). With a moderate development of leaf-stem diseases, the responsiveness of varieties to the use of fungicides during the growing season varied slightly, the additional grain harvest varied from 0.24 t/ha to 0.33 t/ha. Sibirskaya 21 variety (4.35–5.11 t/ha) was characterized by the highest yield, both with the use of a complex of phytosanitary products and without their use; it was much lower in Novosibirskaya 41 variety (3.45–4.68 t/ha). The lowest yield was obtained for Novosibirskaya 16 variety (2.55–3.40 t/ha).*

Keywords: *common wheat (Triticum aestivum L.); variety; spring wheat; fungicide; insecticide; productivity.*

Author Details: *A. A. Slobodchikov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: a.bat2015@yandex.ru).*

For citation: *Slobodchikov AA. [Influence of phytosanitary preparations on the yield of new varieties of spring wheat bred in Siberia]. Zemledelie. 2021;(1):40-4. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10110.*

Круйзер® Макс
Технология

СТАБИЛЬНЫЙ РОСТ СОИ ДАЖЕ В ХОЛОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Технология защиты сои от комплекса корневых гнилей, вредителей и септориоза с активным ростом культуры даже в холодных условиях

Seedcare®

syngenta®

Агрономическая поддержка компании «Сингента» **8 800 200-82-82**
www.syngenta.ru

ЗАГРУЗИТЕ В App Store

ЗАГРУЗИТЕ В Google Play

Мобильное приложение «Сингента Россия»

®

КРУЙЗЕР® МАКС-технология позволяет увеличить рентабельность производства сои в России

СОЯ

Главная цель любого агрария, который приобретает качественные семена, — получение максимальной дополнительной прибыли с каждого гектара.

Впервые за двадцатилетнюю историю производства сои на территории России ее площадь сократилась более чем на 5 %. По данным Росстата, в 2020 году площадь производства составила 2,83 млн га, что на 425 тыс. га, или 8 %, меньше данных за 2019 год. Основными причинами сокращения посевных площадей оказались сложные погодные условия на Дальнем Востоке и нестабильная маржинальность культуры. В то же время стоит отметить Центрально-Черноземный регион, который с 38,3 % всех площадей сои в России собирает практически 2 млн тонн, или 50 % урожая страны.

В 2021 году на территории Курской области ожидается запуск завода по переработке сои мощностью миллион тонн в год. Это позволит обеспечить уверенный спрос на продукцию в Центрально-Черноземном регионе.

Достичь подобных показателей, с учетом роста площадей, удалось за счет грамотного внедрения современных технологий выращивания сои в коротком севообороте, при котором риск влияния патогенов возрастает в два раза.

Основой такой технологии выращивания является эффективная и безопасная защита семян сои при различных стрессовых условиях, которая должна обеспечить получение ровных и здоровых всходов, без угнетения, даже при использовании инфицированного семенного материала.

В среднем при проявлении хотя бы одного заболевания культура теряет от 8 до 25 % урожая.

Обеспечить защиту семян и всходов сои от комплекса корневых гнилей, вредителей и септориоза с активным ростом культуры даже при низких температурах или раннем севе поможет новая **КРУЙЗЕР® МАКС-технология** от подразделения SEEDCARE® компании «Сингента».

КРУЙЗЕР® МАКС-технология — это комбинированная упаковка, состоящая из двух пятилитровых канистр фунгицидного препарата МАКСИМ® АДВАНС и одной пятилитровой канистры инсектицида КРУЙЗЕР® 600. Этот комбипак содержит четыре самых эффективных действующих вещества для защиты сои, которые обеспечивают следующие преимущества.

Стабильный рост сои даже при низких температурах или раннем севе

При набухании семян действующие вещества КРУЙЗЕР® МАКС-технологии начинают действовать на молодые клетки растения, что вызывает реакцию в виде усиленной выработки энзимов. Высокая концентрация энзимов приводит к активной выработке гормонов роста (ауксинов, цитокининов). Контроль гормонов роста позволяет получать быстрые и равномерные всходы сои даже при низких температурах или раннем севе.

Увеличение конкурентоспособности сои с сорняками

Увеличение энергии прорастания позволяет избежать длительного и неравномерного появления всходов, при котором растения, взошедшие раньше, будут иметь преимущество перед растениями, которые взошли позже. При этом более слабые растения не получат достаточное количество света и воды, что приведет к недобору урожая с гектара.

Растения с КРУЙЗЕР® МАКС-технологией за счет более быстрого развития обгоняют сорняки до наступления у последних устойчивой к гербицидам фазы. Сорные растения не перерастают, в итоге увеличивается эффективность повсходовой гербицидной обработки. Применение максимальных дозировок и жестких баковых смесей становится неактуальным, что приводит к снижению гербицидного стресса для культуры.

Усиленный контроль почвенной и семенной инфекции + контроль вредителей всходов

За счет трех фунгицидных действующих веществ с различным механизмом действия технология КРУЙЗЕР® МАКС усиленно пода-

Сравнительная эффективность препаратов для защиты семян сои

Семенная и почвенная инфекция (до фазы тройчатого листа)	МАКСИМ® ГОЛД	КРУЙЗЕР® МАКС-технология	Флудиоксонил + имазалил + металаксил	Пираклостробин	Пираклостробин + тиофанат-метил
Церкоспороз	◐	●	◐	◐	◐
Фомопсис	◕	●	◕	◔	◕
Склеротиния	◐	●	◐	◕	◕
Фузариоз *F. moniliforme, F. proliferatum, F. verticillioides*	◐	●	◐	◐	◐
Фузариоз *F. graminearum, F. culmorum, F. avenaceum*	●	●	●	◐	◕
Антракноз	◐	◕	◐	◐	◐
Септориоз	◐	●	◐	◐	◐
Аскохитоз	●	●	●	◐	◕
Ризоктония	◔	◕	◔	◔	◔
Питиум	●	●	●	○	○

КАКИЕ ФАКТОРЫ ПРИВОДЯТ К ЭТОМУ?

- **Расширение посевов сои и, как следствие, увеличение кормовой базы для вредителей.**
- **Изменение климата: мягкие, малоснежные зимы благоприятствуют хорошей перезимовке насекомых.**
- **Крупные животноводческие предприятия нуждаются в сое и увеличивают долю этой ценной кормовой культуры в севооборотах, при этом вносят большое количество органических удобрений на поля, что приводит к росту числа вредителей.**

вляет виды грибов рода Фузариум и аскохитоз, а также, благодаря системности продукта, обеспечивается длительная защита от септориоза до фазы первого тройчатого листа.

Также обработка позволяет защитить корневую систему растения от почвенной инфекции во время прорастания и на ранних этапах после появления всходов. Патогены инфекции способны, проникая внутрь растения, забивать своим мицелием проводящие сосуды корневой системы, что снижает поступление питания в надземные органы и, как следствие, влечет снижение урожая. Например, грибы рода Питиум (Pythium spp.) активно развиваются при наличии почвенной влаги. В местах повреждения питиумом корневой системы образуются «ворота» для дальнейшего инфицирования другими патогенами, например фузариозом, ризоктонией, склеротинией.

Прошедшие два сезона показали, что такие распространенные в нашей стране вредители, как ростковая муха и проволочник, могут отнимать до 70 % урожая, полностью уничтожая растения на этапе всходов.

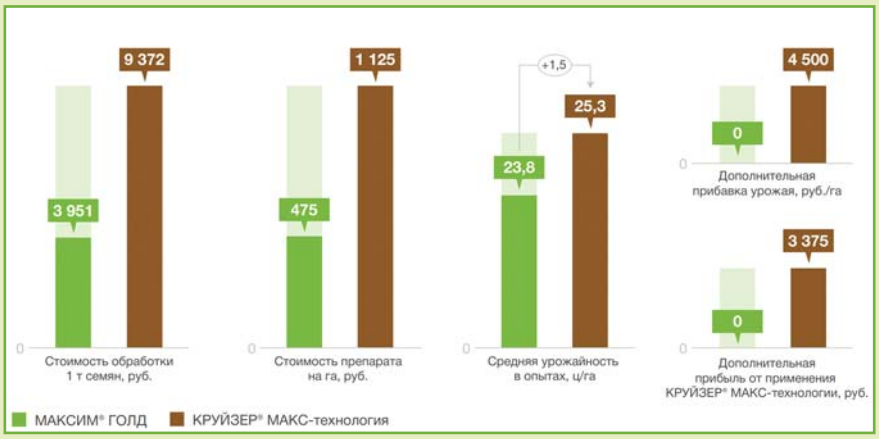
В этом году теплая и малоснежная зима создала благоприятные условия для вредителей, поэтому применение инсектицидного компонента при обработке семян в сезоне 2020 года для многих хозяйств стало необходимостью.

Увеличить рентабельность производства сои в России — возможно!

Специалисты «Сингенты» уверены, что за счет контроля почвенной, семенной инфекции и вредителей всходов, а также снижения стрессов во время вегетации можно добиться сохранения большего количества продуктивных растений на гектаре при выращивании сои. Это, как следствие, приведет к росту урожайности культуры на всей территории страны.

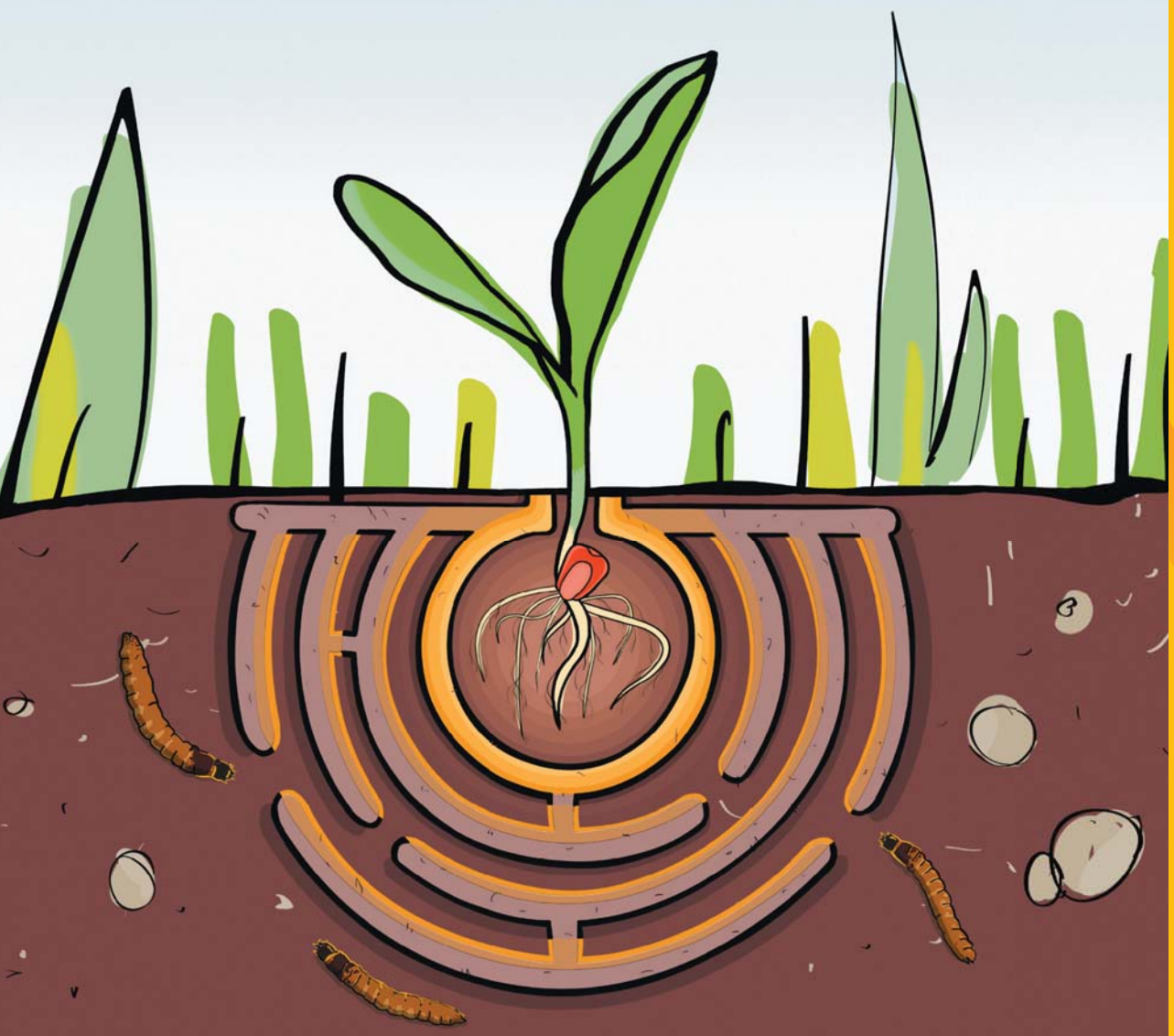
За последние четыре года объем протравленных семян сои вырос на четверть! Каждая вторая тонна семян сои в России обрабатывается препаратом МАКСИМ® ГОЛД

По среднемноголетним данным, КРУЙЗЕР® МАКС увеличивает урожайность на 1,5 ц/га по сравнению с МАКСИМ® ГОЛД. Таким образом, использование КРУЙЗЕР® МАКС-технологии для защиты семян обеспечивает получение дополнительной прибыли 1 250 руб. с гектара при цене на урожай сои 30 000 руб./т с НДС.



НЕПРЕОДОЛИМАЯ ПРЕГРАДА ДЛЯ ПРОВОЛОЧНИКА

Инсектицидный протравитель семян кукурузы с защитной газовой фазой



Заказывайте семена кукурузы в обработке ФОРС® ЗЕА

Форс® Зеа

syngenta®

Агрономическая поддержка компании «Сингента» **8 800 200-82-82**
www.syngenta.ru

ЗАГРУЗИТЕ В App Store

ЗАГРУЗИТЕ В Google Play

Мобильное приложение «Сингента Россия»

Серия **F-RING** | 185 / 240 / 320 Вт

верхний свет

Серия **UNIVERSALED** | 80 / 130 / 185 / 235 Вт

верхний свет

Серия **F-MATRIX** | 100 / 150 / 195 / 300 Вт

оранжереи и «зеленые стены»

Серия **F-OPTIMA** | 30 / 50 / 60 / 100 Вт

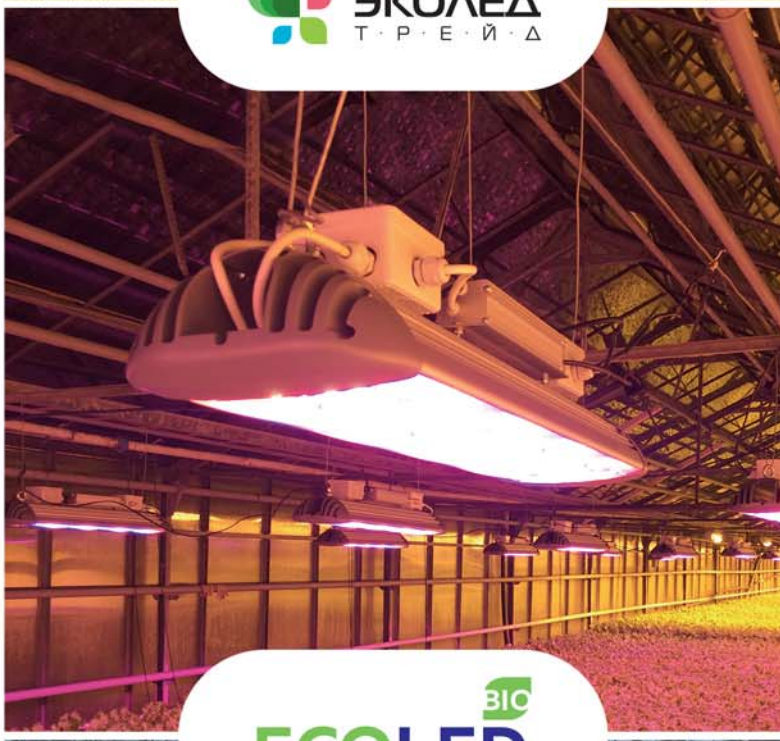
светильники межрядной досветки

Серия **F-SFERA** | 25 / 50 / 75 Вт

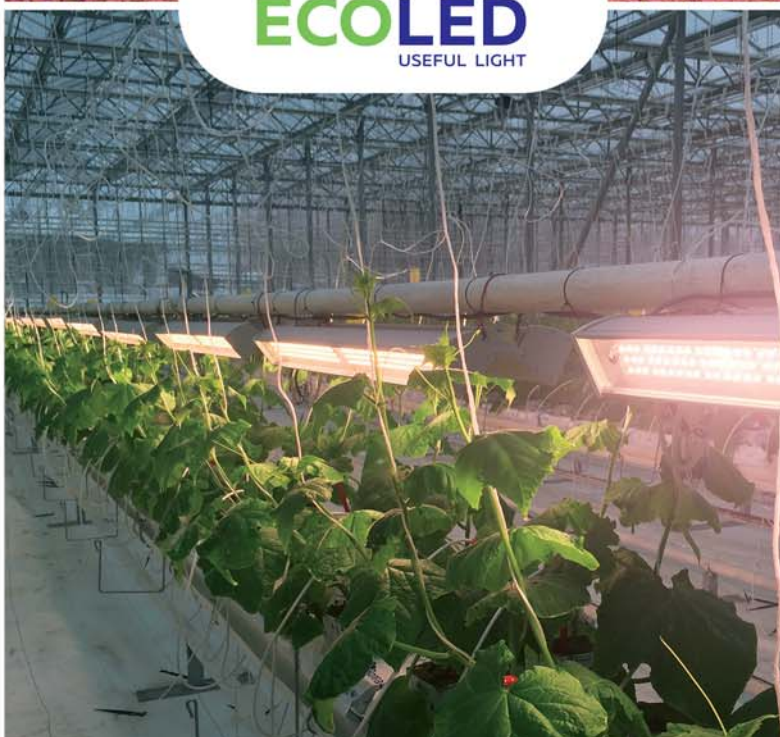
многоярусные сити-фермы

ООО «ЭКОЛЕД-ТРЕЙД»
тел.: 8 495 134 52 02
www.ecoledbio.ru
Москва, ул. Кольская, 1, оф. 210

ЭКОЛЕД
Т·Р·Е·Й·Д



BIO
ECOLED
USEFUL LIGHT



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

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2021. № 1.1 - 48. Индекс 70329.