5.2021

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

avgust
crop protection

С нами расти легче

ОПЕРЕЖАЙТЕ

В ИННОВАЦИЯХ
ВМЕСТЕ С «АВГУСТОМ»

Трехкомпонентный стробилуринсодержащий системный протравитель с ростостимулирующим эффектом

expectrum
инновационные продукты

Оплот® Трио

дифеноконазол, 90 г/л
+ тебуконазол, 45 г/л
+ азоксистробин, 40 г/л

avgust.com

Центр Программ Систем
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ

«AG-DATA INTEGRATOR»

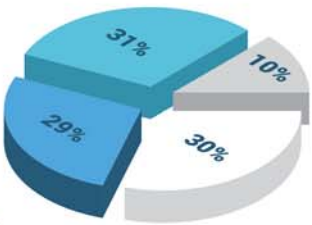
ИНТЕГРАЦИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ БОРТОВЫХ СИСТЕМ JOHN DEERE И ПРОГРАММ 1С

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

5.2021 ИЮЛЬ

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**

М. М. Сабитов. Влияние предшественников на продуктивность озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья 3

M. M. Sabitov. Influence of forecrops on the productivity of winter wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region

М. В. Рублюк, Д. А. Иванов, Н. А. Хархардинов. Влияние ландшафтных условий и сельскохозяйственных культур на элементы плодородия дерново-подзолистых почв 8

M. V. Rublyuk, D. A. Ivanov, N. A. Kharkhardinov. Influence of landscape conditions and crops on fertility elements of sod-podzolic soil

ПЛОДОРОДИЕ / **FERTILITY**

М. Н. Масютенко, Н. П. Масютенко, Е. В. Дубовик, М. А. Припутнева. Влияние обработки биопрепаратами побочной продукции сельскохозяйственных культур на структурное состояние чернозема типичного слабоэродированного 14

M. N. Masyutenko, N. P. Masyutenko, E. V. Dubovik, M. A. Priputneva. Effect of treating by-product of crops with biopreparations on the structural state of slightly eroded typical chernozem

А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Т. Н. Бондарева, Х. Д. Хурум, В.П. Дегтярева, П. Н. Хачмамук, С. В. Есипенко. Эффективность применения навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации на рисовых полях Кубани 20

A. Kh. Sheudzhen, O. A. Gutorova, T. N. Bondareva, H. D. Hurum, V. P. Degtyareva, P. N. Khachmamuk, S. V. Esipenko. Efficiency of slurry modified with a nitrification inhibitor in rice fields in the Kuban

О. И. Наими, О. С. Безуглова, В. А. Лыхман, М. Н. Дубинина, Е. А. Полиенко. Воздействие пестицидов и гуминового препарата на ферментативную активность чернозема 26

O. I. Naimi, O.S. Bezuglova, V. A. Lykhman, M. N. Dubinina, E. A. Polienko. Effect of pesticides and humic preparation on the enzymatic activity of chernozem

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, Мосчтамт, 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 05.07.21
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

В. В. Тараненко, Л. В. Дядюченко, В. С. Муравьев. Изучение эффективности нового регулятора роста на растениях риса 32

V. V. Taranenko, L. V. Dyadyuchenko, V. S. Muravyov. Efficiency of new growth regulator for rice plants

Н. Н. Кузьменко, В. И. Ильина. Влияние агротехнологических элементов возделывания на формирование фотосинтетического аппарата и урожайность льна-долгунца сорта Универсал 36

N. N. Kuzmenko, V. I. Ilyina. Influence of agrotechnological elements of cultivation on the formation of the photosynthetic apparatus and the yield of fibre flax of Universal variety

СОРТА И СЕМЕНА — GRADES AND SEEDS

А. И. Грабовец, К. Н. Бирюков. Роль сорта в стабилизации производства зерна в широком диапазоне агроклиматических факторов 41

A. I. Grabovets, K. N. Biryukov. Role of the variety in the stabilization of grain production in a wide range of agroclimatic factors

В. И. Мазалов, В. Г. Небытов. Урожайность гибридов кукурузы в Орловской области в зависимости от абиотических факторов и удобрений 45

V. I. Mazalov, V. G. Nebytov. Yield of corn hybrids in the Orel region, depending on abiotic factors and fertilizers

Уважаемые читатели!

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

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

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-3-7
УДК 631.581; 633.11

Влияние предшественников на продуктивность озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья

М. М. САБИТОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом (e-mail: m_sabitov@mail.ru)
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, ул. Институтская, 19, пос. Тимирязевское, Ульяновский р-н, Ульяновская обл., 433315, Российская Федерация

Исследования с целью изучения эффективности различных предшественников озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья выполняли в Ульяновской области в 2016–2018 гг. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднемощный с содержанием в пахотном слое гумуса 6,35 %, подвижного (по Чирикову) фосфора и калия – соответственно 225 и 119 мг/кг, реакция среды нейтральная (pH$_{сол}$ 6,8 ед.). Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: предшественник (фактор А) – пар чистый, пар занятый, пар сидеральный, многолетние травы (люцерна); минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений, $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} весной в подкормку. Наибольшие в опыте запасы влаги перед посевом в пахотном и метровом слое почвы отмечали по чистому пару – 41,7 и 142,3 мм, что на 9,2...11,3 и 9,9...11,1 мм выше, чем по другим предшественникам. Содержание нитратного азота на удобренном фоне по чистому пару увеличивалось на 10,7 %, по занятому пару – на 26,3, по сидеральному – на 30,8, по люцерне – на 32,8 %, по сравнению с неудобренным. Самую высокую в опыте биологическую активность почвы наблюдали после люцерны (83,6 %). Наибольшая урожайность озимой пшеницы отмечена на фоне удобрений по чистому пару (5,11 т/га), после остальных предшественников она была ниже на 0,57...0,87 т/га. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавкой зерна по чистому пару составила 13,7 кг, по люцерне – 8,3, по занятому и сидеральному парам – соответственно 6,2 и 5,7 кг. Чистый доход и рентабельность на удобренном фоне по чистому пару был равен 26280 руб./га и 153 %, по занятому – 20783 руб./га и 135 %, по сидеральному – 19332 руб./га и 116 %, по люцерне – 20918 руб./га и 118 %.

Ключевые слова: *озимая пшеница (Triticum aestivum L.), предшественники, влажность почвы, урожайность, эффективность.*

Для цитирования: *Сабитов М. М. Влияние предшественников на продуктивность озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Земледелие. 2021. № 5. С. 3–7. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-3-7.*

В последние годы в сельском хозяйстве широкое распространение получила биологизация земледелия, важным компонентом которой выступают такие дешевые источники почвенного органического вещества, как занятые и сидеральные пары, посевы многолетних бобовых трав, позволяющие повысить не только плодородие почвы, но и урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Ранее в нашей стране предпринимались попытки перехода от зернопаровой к другим системам земледелия (многопольно-травяная, улучшенная зерновая, травопольная). При этом, например, травопольная система хоть и улучшала обеспеченность животноводства кормами, но не обеспечивала производства нужных объемов зерна, так как его урожаи не возрастали. В целом травопольная система земледелия была экстенсивной и не могла обеспечить успешного решения задач наращивания сельскохозяйственного производства [4, 5].

Безусловно, на огромной территории нашей страны с различными почвенно-климатическими условиями не может быть какой-то одной универсальной системы земледелия. Положительное влияние чередующихся сельскохозяйственных культур на эффективное плодородие почвы и продуктивность пашни подтверждают результаты использования различных севооборотов [6].

Цель исследований – выявить влияние предшественников на продуктивность озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Работу проводили на богаре в 2016–2018 гг. на опытном поле Ульяновского НИИСХ – филиала Самарского НЦ РАН в зернопаровом (пар – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень) и зернотравяном (многолетние травы – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень + многолетние травы) севооборотах в стационарных полевых экспериментах, предусматривающих изучение следующих вариантов:

предшественник (фактор А) – пар чистый, пар занятый, пар сидеральный, многолетние травы (люцерна);

минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений (0), $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} весной в подкормку ($N_{50}P_{16}K_{16}$).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый со следующей агрохимической характеристикой: pH$_{сол}$ – 6,8 ед.; сумма поглощенных оснований – 49,6 мг-экв./100 г, содержание гумуса 6,46 % (по Тюрину); подвижных фосфора и калия (по Чирикову) – 225 и 119 мг/кг почвы соответственно.

Объектом исследований служил сорт озимой пшеницы Марафон, высеваемый в норме 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Севообороты развернуты во времени и в пространстве тремя закладками. Площадь опытного участка 4,0 га. Площадь одного поля составляет 9440 м^2 (236 м × 40 м), площадь варианта с удобрениями – 20060 м^2 (170 м × 118 м), учетная площадь делянки – 186,5 м^2 (37,3 м × 5 м). Повторность трехкратная. Размещение делянок систематическое.

Минеральные удобрения в виде азофоски и аммиачной селитры вносили согласно схеме опыта сеялкой СЗ-5,4 и разбрасывателем AMAZONE.

В чистом пару весной проводили закрытие влаги БЗТС-1,0 в два следа, в течение лета выполняли 5 культиваций КПС-4,0. После занятого горохом пара обработку почвы осуществляли тяжелой дисковой бороной БДМ-3,0 в два следа на глубину 10...12 см с последующим проведением до посева озимой пшеницы 3-х культиваций.

Сидеральные культуры (вика + овес) высевали в конце третьей декады апреля – в начале первой декады мая. Заделку сидеральной массы выпол-

1. Влияние предшественников на плотность пахотного слоя почвы при возделывании озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.), г/см³

Предшественник	Слой почвы, см			
	0…10	10…20	20…30	0…30
Чистый пар	1,08	1,10	1,16	1,11
Занятый пар (горох)	1,10	1,12	1,18	1,13
Сидеральный пар (вико-овес)	1,12	1,15	1,17	1,15
Многолетние травы (люцерна)	1,17	1,16	1,18	1,17
$НСР_{05}$	0,04	0,03	0,04	

няли в фазе начала выметывания овса БДМ-3,0 в два следа с последующим проведением до посева озимой пшеницы 3-х культиваций.

Пласт многолетних трав (люцерна) разделывали на третий год пользования после первого укоса трав на сено (начало первой декады июня) БДМ-3,0 в два следа с последующей вспашкой ПН-4-35 на глубину 23…25 см. Через две недели почву обрабатывали бороной БИГ-3А с последующим выполнением до посева озимой пшеницы 3-х культиваций.

Посев озимой пшеницы осуществляли в начале первой декады сентября сеялкой СЗ-5,4 на глубину 5…6 см. Для борьбы с однолетними двудольными и некоторыми многолетними корнеотпрысковыми сорняками использовали системный гербицид; для борьбы с комплексом заболеваний стебля, листьев и колоса – системный (двухкомпонентный) фунгицид; для борьбы с широким спектром грызущих и сосущих вредителей – системный (двухкомпонентный) инсектицид. Все препараты вносили в фазе кущения в баковой смеси опрыскивателем ОП-1200. Учет урожая выполняли методом сплошного обмолота комбайном «Нива-Эффект», с пересчетом на 100 %-ную чистоту и 14 %-ную влажность (ГОСТ 27548-97).

Уровень биологической активности почвы (разложение льняного полотна) определяли по шкале Д.Г. Звягинцева: <10 % – очень слабая, 10…30 % – слабая, 30…50 % – средняя, 50…80 % – сильная, >80 % – очень сильная (*Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 256 с.*).

Для экономической оценки изучаемых приемов проводили анализ трудовых и материальных затрат, которые рассчитывали по технологическим картам на основе типовых норм выработки и расценок, действовавших в Ульяновском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН в 2018 г. [8].

Агрометеорологические условия вегетационных периодов в 2016–2018 гг. складывались следующим образом. Сумма активных температур выше +10 °С за вегетационный период (апрель–сентябрь) 2016 г. составила 2922 °С, в 2017 г. – 2411, в 2018 г. – 2783 °С при норме 2500°С, а сумма осадков – соответственно 319, 396 и 129 мм при норме 307 мм. Таким образом, ГТК в 2016 г. был равен 1,1, в 2017 г. – 1,6, в 2018 г. – 0,4, при норме 1,0. В целом климатические условия Среднего Поволжья позволяют ежегодно получать высокие валовые сборы зерна, но формирование стабильных урожаев сдерживает недостаток влаги в почве, повышенная температура воздуха в отдельные годы, высокая засоренность полей и возможные потери урожая зерновых культур при возделывании.

Наблюдения за плотностью пахотного слоя почвы (0…30 см) под посевами озимой пшеницы показали, что замена в севооборотах чистого и занятого пара с горохом на сидеральный пар и многолетние бобовые травы в виде люцерны позволяла поддерживать ее в пределах оптимальных значений для изучаемой культуры 1,11…1,17 г/см³ (табл. 1).

Существенные различия по плотности почвы, по сравнению с чистым паром, отмечены после сидерального пара и люцерны в слоях 0…10 и 10…20 см. В слое 20…30 см она была практически одинаковой после всех предшественников.

Наибольшие запасы влаги в пахотном и метровом слое перед посевом озимой пшеницы были выявлены по чистому пару – 41,7 и 142,3 мм соответственно (табл. 2). После остальных предшественников они были достоверно ниже на 9,2…11,3 и 9,9…11,1 мм соответственно. При этом для обеспечения дружных и полноценных всходов озимой пшеницы продуктивной влаги хватало во все годы исследований.

Запасы продуктивной влаги во время весенней вегетации (фаза кущения) обеспечивали хорошее состояние посевов как после паров, так и после люцерны. Наибольшую в опыте величину этого показателя отмечали по чистому пару: в пахотном слое – 52,8 мм, в метровом – 158,6 мм. Несколько ниже были запасы продуктивной влаги по остальным предшественникам, в пахотном слое они варьировали от 47,9 до 49,9 мм, в метровом – от 148,8 до 154,5 мм.

Дефицит влаги в фазе трубкования приводит к нарушению дифференциации генеративных органов, образованию большого количества бесплодных цветков, недобору урожая общей массы и зерна. В наших исследованиях растения озимой пшеницы в этой фазе интенсивно потребляли влагу из почвы. Ее запасы варьировали от 15,1 до 18,0 мм в пахотном и от 113,2 до 119,9 мм в метровом слое без существенных различий.

От фазы трубкования до полной спелости культуры запасы влаги как в пахотном, так и метровом слоях почвы увеличивались благодаря выпадению осадков (в 2016 г. – 30,2 мм, в 2017 г. – 151,6 мм, в 2018 г. – 30,0 мм при норме 20 мм), поэтому они были практически на одном уровне без существенных различий между вариантами.

Обеспеченность растений доступными питательными веществами – одно из основных условий формирования высоких урожаев [9, 10]. По результатам наших исследований содержание нитратного азота в почве перед посевом озимой пшеницы по всем изучаемым вариантам составляло 44…72 мг/кг и было существенно выше после люцерны (табл. 3). Под озимой пшеницей, идущей по чистому пару, величина этого показателя составляла 58 мг/кг, что было существенно больше, чем по занятому и сидеральному пару. Обеспеченность растений нитратным азотом после люцерны можно классифицировать как повышенную, по остальным предшественником – как среднюю. Содержание подвижного фосфора в почве было высоким (от 189 до 198 мг/кг), подвижного калия – повышенным (121…127 мг/кг), существенных различий между вариантами не установлено.

Весной в фазе кущения озимой пшеницы содержание нитратного азота в почве удобренных вариантов увеличивалось, по сравнению с неудобренными, по чистому пару на 10,7 %,

2. Влияние предшественников на запасы продуктивной влаги при возделывании озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.), мм

Предшественник	Перед посевом		Кущение		Трубкование		Полная спелость	
	0…30 см	0…100 см	0…30 см	0…100 см	0…30 см	0…100 см	0…30 см	0…100 см
Чистый пар	41,7	142,3	52,8	158,6	18,0	119,9	43,7	130,2
Занятый пар (горох)	32,5	132,0	48,9	153,2	15,1	113,2	42,2	129,3
Сидеральный пар (вико-овес)	31,3	131,2	49,9	154,5	15,8	116,3	41,0	131,0
Многолетние травы (люцерна)	30,4	132,4	47,9	148,8	16,3	118,1	38,5	129,9
$НСР_{05}$	4,5	8,0	5,3	5,5	4,6	8,5	5,4	3,1

3. Содержание основных питательных элементов в пахотном слое почвы при возделывании озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.), мг/кг почвы

Предшественник (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Перед посевом			В фазе кущения			В фазе полной спелости		
		$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O
Чистый пар	0	58	198	127	56	188	116	26	171	111
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	–	–	–	62	190	118	28	178	113
Занятый пар	0	44	189	123	38	168	115	19	151	106
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	–	–	–	48	172	119	21	161	110
Сидеральный пар	0	46	191	121	39	186	121	23	161	109
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	–	–	–	51	189	124	24	164	112
Многолетние травы (люцерна)	0	72	195	126	61	186	124	27	152	120
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	–	–	–	81	191	125	29	158	121
$НСР_{05}$ А		8	9	7	4	7	9	3	9	8
$НСР_{05}$ В		–	–	–	4	6	4	2	9	7

по занятому пару – на 26,3, по сидеральному – на 30,8, а по люцерне – на 32,8 %. Обеспеченность подвижным фосфором и калием весной была достаточно высокой без существенных различий между вариантами.

В фазе полной спелости культуры концентрация нитратного азота в почве в удобренных и неудобренных вариантах снизилась, по сравнению с весенними запасами, по чистому пару на 53,6 и 54,8 %, по занятому – на 50,0 и 56,3, по сидеральному – на 41,0 и 52,9, по люцерне – на 55,7 и 64,2 % соответственно. Обеспеченность подвижным фосфором к уборке уменьшилась на 6,3…18,3 %, калием – на 3,2…9,9 %.

Биологическая активность почвы под посевами озимой пшеницы в среднем за 3 года в вариантах без удобрений составляла от 45,5 % по занятому пару до 63,7 % по люцерне, при их внесении – от 59,8 до 83,6 % соответственно (табл. 4). По шкале Д. Г. Звягинцева в 62,5 % случаев она классифицировалась как сильная, в 25 % как средняя и в 12,5 % случаев как очень сильная.

Правильный севооборот – важное средство борьбы с сорняками сельскохозяйственных культур. При нарушении их чередования возрастает засоренность посевов большинства полевых культур приспособившимися к ним видами сорняков. Некоторое увеличение засоренности посевов по занятому пару объясняется частичным осыпанием семян яровых ранних малолетних сорняков ко времени уборки парозанимающей культуры [11, 12].

В среднем за годы исследований засоренность посевов озимой пшеницы была высокой. Так, наибольшую в опыте величину этого показателя до обработки гербицидами отмечали по занятому пару – от 55,7 до 59,4 шт./м² (табл. 5).

Наименьшую в опыте численность сорняков отмечали по чистому пару – 36,0…32,3 шт./м². По остальным предшественникам она возрастала до 40,6…49,5 шт./м².

4. Влияние предшественников и удобрений на биологическую активность почвы под озимой пшеницей (среднее за 2016–2018 гг.), %

Предшественник (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Слой почвы, см			
		0…10	10…20	20…30	0…30
Чистый пар	0	47,8	56,3	64,6	56,2
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	56,9	68,9	64,3	63,4
Занятый пар	0	42,3	44,1	50,2	45,5
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	50,2	60,8	68,4	59,8
Сидеральный пар	0	44,6	46,2	49,5	46,8
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	51,0	58,6	72,0	60,5
Многолентние травы (люцерна)	0	52,9	56,9	81,3	63,7
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	73,6	88,0	89,2	83,6
$НСР_{05}$ А		6,1	7,1	8,3	
$НСР_{05}$ В		9,2	8,6	9,8	

Учет, проведенный через 30 дней после внесения гербицидов, показал, что численность сорняков снизилась. Так, по чистому пару она уменьшилась на 83,0…87,0 %, по занятому – на 84,7…85,0, по сидеральному – на 82,8…83,0, по люцерне – на 84,2…85,5 %. К фазе полной спелости засоренность озимой пшеницы увеличивалась в среднем на 3,8…16,6 %, но количество сорняков не превышало экономического порога вредоносности.

Под элементами структуры урожая имеют в виду продуктивные органы и признаки растения, которые определяют его величину. Для зерновых культур основными из них считают густоту продуктивного стеблестоя, озерненность колоса и выполненность зерна. Каждый из этих элементов урожая под воздействием условий среды может изменяться в большую или меньшую сторону. Анализ структуры урожая помогает сельхозпроизводителям внести соответствующие коррективы в технологию возделывания культуры (например, изменить норму высева, глубину заделки семян, способ посева, систему удобрения и др.) [13, 14]. В наших исследованиях густота стояния растений в удобренных вариантах к уборке была выше на 3,5…13,4 %, по сравнению с неудобренным (табл. 6).

5. Засорённость посевов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и удобрений (среднее за 2016–2018 гг.), шт./м²

Предшественник (фактор А)	Удобрения (фактор В)	До обработки			Через 30 дней после обработки			Полная спелость		
		малолетние	многолетние	всего	малолетние	многолетние	всего	малолетние	многолетние	всего
Чистый пар	0	30,0	2,3	32,3	3,0	1,2	4,2	4,7	1,8	6,6
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	33,0	3,0	36,0	4,8	1,3	6,1	5,1	1,5	6,6
Занятый пар	0	46,0	9,7	55,7	6,0	2,5	8,5	6,7	2,7	9,4
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	49,1	10,3	59,4	6,8	2,1	8,9	7,1	2,2	9,3
Сидеральный пар	0	32,8	7,8	40,6	5,5	1,5	7,0	6,3	1,8	8,1
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	39,4	8,2	47,6	6,0	2,0	8,0	6,3	2,2	8,5
Многолетние травы (люцерна)	0	42,3	5,2	47,5	5,5	1,4	6,9	5,8	1,9	7,7
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	43,0	6,5	49,5	5,7	2,1	7,8	5,8	2,3	8,1
$НСР_{05}$ А		2,2	1,2		1,9	0,2		1,0	0,2	
$НСР_{05}$ В		4,4	2,9		0,8	0,2		1,0	0,1	

6. Структура урожая озимой пшеницы в зависимости от предшественников и удобрений (среднее за 2016–2018 гг.)

Предшественник (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Количество			Масса, г		Биологическая урожайность, т/га
		растений, шт./м²	продуктивных стеблей, шт./м²	зерен в колосе, шт.	зерна с колоса	1000 зерен	
Чистый пар	0	256,0	453,1	24,4	0,93	38,3	4,21
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	275,9	532,5	26,8	1,05	39,2	5,59
Занятый пар	0	212,5	452,6	23,7	0,90	38,1	4,07
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	225,8	496,8	24,6	0,98	39,7	4,87
Сидеральный пар	0	227,0	435,8	23,9	0,92	38,4	4,01
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	257,5	515,0	24,9	0,97	39,1	4,99
Многолетние травы (люцерна)	0	256,5	433,5	25,5	0,98	38,3	4,25
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	265,5	491,2	26,7	1,05	39,3	5,16
$НСР_{05}$ А		21,5	20,6	0,7	0,01	0,1	
$НСР_{05}$ В		11,5	41,2	0,1	0,06	0,1	

Число продуктивных стеблей к уборке определяла продуктивная кустистость растений и их сохранность. Под влиянием удобрений количество продуктивных стеблей на 1 м² возрастало благодаря дополнительным боковым побегам.

7. Урожайность озимой пшеницы и эффективность удобрений, за 2016–2018 гг.

Предшественник (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га				Окупаемость NPK прибавкой урожая зерна, кг
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя	
Чистый пар	0	3,42	4,61	3,90	3,98	
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	4,36	5,99	4,99	5,11	13,7
Занятый пар	0	2,84	4,41	3,98	3,74	
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	3,45	5,02	4,28	4,25	6,2
Сидеральный пар	0	2,95	4,52	3,85	3,77	
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	3,41	5,11	4,19	4,24	5,7
Многолетние травы (люцерна)	0	3,01	4,66	3,90	3,86	
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	3,71	5,38	4,54	4,54	8,3
$НСР_{05}$ А		0,23	0,36	0,21		
$НСР_{05}$ В		0,31	0,41	0,38		

Число зерен в колосе варьировало от 23,7 по гороху до 26,8 шт. по чистому пару. При внесении минеральных удобрений количество зерен в колосе по всем изучаемым предшественникам увеличивалось на 0,9...2,4 шт., и было более высоким по чистому пару и люцерне. Наибольшая в опыте масса зерна с колоса (1,05 г) сформировалась в удобренных вариантах по чистому пару и люцерне. Масса 1000 зерен была практически одинаковой по всем предшественникам (38,1...38,4 г на неудобренных фонах и 39,1...39,7 г на удобренных).

В условиях недостаточной обеспеченности осадками трудно предусмотреть все неблагоприятные климатические и агротехнические воздействия, приводящие к недобору урожая, поэтому расчетный сбор зерна не всегда соответствует фактическому. Так, в среднем за 2016–2018 гг. наибольшая в опыте урожайность озимой пшеницы отмечена на удобренном фоне по чистому пару – 5,11 т/га, по остальным предшественникам она снижалась на 0,57...0,87 т/га (табл. 7).

В среднем за три года прибавка урожая от удобрений по чистому пару составляла 1,13 т/га, по люцерне – 0,68, занятому и сидеральному парам – 0,51 и 0,47 т/га соответственно. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавкой урожая зерна озимой пшеницы в среднем за годы исследований по чистому пару составила 13,7 кг, по люцерне – 8,3, по занятому и сидеральному парам – соответственно 6,2 и 5,7 кг.

В удобренных вариантах наибольшее в опыте содержание сырой клейковины и белка в зерне озимой пшеницы было отмечено по люцерне и чистому пару – 28,8 и 28,7 %, 14,6 и 14,6 % соответственно (табл. 8). По занятому и сидеральному парам содержание клейковины и белка было ниже на 0,8...1,0 и 0,8...1,5 % соответственно.

Анализ экономической эффективности возделывания озимой пшеницы показал, что производственные затраты по чистому пару и люцерне были самыми высокими и достигали 17155 и 17672 руб./га соответственно (табл. 9). Наименьшие в опыте величины этих показателей отмечены при возделывании озимой пшеницы по занятому пару без применения удобрений – 12042 руб./га, в этом же варианте была самая низкая себестоимость 1 т зерна – 3220 руб. Уменьшение производственных затрат приводило к увеличению рентабельности в этом варианте до164 %.

Самый высокий в опыте чистый доход, обеспечивающий получение дополнительных денежных средств в хозяйствах, формируется по удобренному чистому пару – 26280 руб./га при рентабельности производства 153 %.

Хорошие финансовые результаты отмечены при размещении озимой пшеницы по люцерне, чистый доход составил 20918 руб./га с рентабельностью 118 %. Люцерна как предшественник под озимую пшеницу может конкурировать с занятыми и сидеральными парами благодаря улучшению плодородия почвы и формированию достаточно высоких показателей урожайности и качества зерна.

Таким образом, наибольшие в опыте запасы влаги в почве перед посевом озимой пшеницы в пахотном и метровом слое формируются по чистому пару (41,7 и 142,3 мм), а по остальным предшественникам снижались на 7,0...27,0 %. Во время весенней вегетации озимой пшеницы, в фазе трубкования и полной ее спелости существенной разницы между вариантами по величине этого показателя не отмечено.

Самое высокое содержание нитратного азота в почве перед посевом озимой пшеницы отмечено по люцерне – 72,0 мг/кг, а по парам оно снижалось в 1,2...1,6 раза. Применение $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве и N_{34} весной в подкормку увеличивало количество

8. Содержание клейковины и белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от предшественника и удобрений (среднее за 2016–2018 гг.), %

Предшественник (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Показатель	
		клейковина	белок
Чистый пар	0	26,5	13,2
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	28,7	14,6
Занятый пар	0	25,3	12,5
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	27,8	13,1
Сидеральный пар	0	26,1	12,7
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	27,9	13,8
Многолетние травы (люцерна)	0	27,2	13,4
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	28,8	14,6
$НСР_{05}$ А		0,1	0,1
$НСР_{05}$ В		0,1	0,1

9. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости предшественников и удобрений (среднее за 2016–2018 гг.)

Предшественник (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Показатель			
		производственные затраты, руб./га	себестоимость 1 т зерна, руб.	чистый доход, руб./га	рентабельность, %
Чистый пар	0	13793	3466	20037	145
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	17155	3357	26280	153
Занятый пар	0	12042	3220	19748	164
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	15342	3610	20783	135
Сидеральный пар	0	13414	3558	18631	139
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	16708	3941	19332	116
Мн.травы (люцерна)	0	13520	3503	19290	143
	$N_{50}P_{16}K_{16}$	17672	3893	20918	118

нитратного азота в почве, по сравнению с неудобренным фоном, на 10,7...32,8 %. Обеспеченность почвы подвижным фосфором и калием во все фазы развития озимой пшеницы была достаточно высокой без существенных различий по вариантам.

Наибольшая в опыте урожайность озимой пшеницы сформировалась на удобренном фоне после чистого пара – 5,11 т/га, по остальным предшественникам она была на 0,57...0,86 т/га ниже. Прибавка от удобрений по чистому пару составила 1,13 т/га, по люцерне – 0,68, по занятому пару – 0,51, по сидеральному пару – 0,47 т/га. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавкой урожая зерна по чистому пару составила 13,7 кг, по люцерне – 8,3, по занятому и сидеральному парам – соответственно 6,2 и 5,7 кг.

Наименьшие в опыте затраты и себестоимость зерна, а также максимальная рентабельность возделывания озимой пшеницы отмечены по занятому пару без применения удобрений – 12042 руб./га, 3220 руб./т и 164 %, а наибольший чистый доход – на удобренных фонах по чистому пару (26280 руб./га с рентабельностью 153 %) и люцерне (20918 руб./га с рентабельностью 118 %).

Литература.

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

2. 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.

3. Влияние предшественников озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till, на динамику показателей почвенного плодородия и урожайность в условиях засушливой зоны Ставрополья / М. Ю. Азарова, Е. В. Письменная, В. А. Стукало и др. // Земледелие. 2020. № 3. С. 33–36. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10309.

4. Ильиных В. А. Травопольная система земледелия в Западной Сибири: опыт внедрения // Иркутский историко-экономический ежегодник. Иркутск: Байкальский государственный университет, 2016. С. 53–61.

5. Кирюшин В. И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 5–10. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10301.

6. Факторы управления плодородием почвы в системе орошаемых севооборотов Нижнего Поволжья / В. В. Мелихов, А. А. Зибаров, Н. П. Мелихова и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 96–103. doi: 10.32786/2071-9485-2018-04-12.

7. Карпович К. И., Шарипова Р. Б., Сабитов М. М. Агроклиматические показатели Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3 (35). С. 9–13.

8. Сабитов М. М. Экономическая эффективность технологий возделывания культур в зернопаровом севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 2. С. 13–18. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10202.

9. Семенова А. И., Пироженко В. В. Отзывчивость различных сортов озимой пшеницы на минеральные удобрения на типичных черноземах // Плодородие. 2020. № 1 (112). С. 7–8. doi: 10.25680/S19948603.2020.112.02.

10. Эффективность применения удобрений в засушливых условиях Поволжья / О. И. Горянин, С. В. Обущенко, Б. Ж. Джангабаев и др. // Земледелие. 2020. № 8. С. 29–33. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10806.

11. Stoma G. V., Manucharova N. A., Belokopytova N. A. Biological activity of microbial communities in soils of some Russian cities // Eurasian soil science. 2020. Vol. 53. No. 6. P. 760–771. doi: 10.1134/S1064229320060125.

12. The effect of the sowing methods and the seeding rate on the yield of nicandra physalodes biomass in single-species and mixed with sugar sorghum phytocenoses in the steppe zone of the Volga region / N. I. Strizhkov, Z.M. Azizov, N.B. Suminova, et al. // J. Pharmaceut. Sci. Res. T. 10. 2018. No. 4. P. 323–329.

13. Biodiversity-based options for arable weed management. A review / S. Petit, S. Cordeau, B. Chauvel, et al. // Agronomy for sustainable development. 2018. T. 38. No. 5. P. 48.

14. Маслова Г. Я., Ябдряев М. Р., Шарапов И. И. Результаты оценки коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы для селекции в условиях Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно-теоретический журнал. Ульяновск: УлГАУ, 2020. № 3 (51), С. 91–97.

Influence of forecrops on the productivity of winter wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region

M. M. Sabitov
Ulyanovsk Research Agricultural Institute, branch of Samara Scientific Center, Russian Academy of Sciences, ul. Institutskaya, 19, pos. Timiryazevskoe, Ul'yanovskii r-n, Ul'yanovskaya obl., 433315, Russian Federation

Abstract. *We studied the effectiveness of various forecrops of winter wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region in the Ulyanovsk region in 2016–2018. The soil of the experimental plot was leached chernozem, medium-thick with a humus content in the arable layer of 6.35%; the content of mobile phosphorus and potassium was 225 mg/kg and 119 mg/kg, respectively, the reaction of the soil solution was neutral (pH(salt) value was 6.8 units). The design of the experiment included factor A (forecrop) and factor B (mineral fertilizer). The forecrops were bare fallow, seeded fallow, green manure fallow, and perennial grasses (alfalfa). Factor B provided for two options: without fertilizers and N16P16K16 during sowing + N34 in the spring as additional fertilization. The largest moisture reserves before sowing in the arable and one-meter soil layers were registered after bare fallow: 41.7 mm and 142.3 mm. It was higher by 9.2–11.3 mm and 9.9–11.1 mm higher than after other forecrops. The content of nitrate nitrogen against the fertilized background after bare fallow increased by 10.7%, after seeded fallow – by 26.3%, after green manure fallow – by 30.8%, after alfalfa – by 32.8 %, compared with the non-fertilized background. The biological activity of the soil was the highest after alfalfa (83.6%). The highest yield of winter wheat was obtained against the fertilized background after bare fallow (5.11 t/ha); after other forecrops, it was lower by 0.57–0.87 t/ha. The payback of mineral fertilizers by the addition of grain after bare fallow was 13.7 kg, after alfalfa – 8.3 kg, after seeded and green manure fallows – 6.2 and 5.7 kg, respectively. Net income and profitability against the fertilized background after bare fallow were 26,280 rubles/ha and 153%, after seeded fallow – 20,783 rubles/ha and 135%, after green manure fallow – 19332 rubles/ha and 116%, after alfalfa – 20918 rubles/ha and 118%.*

Keywords: *winter wheat (Triticum aestivum L.); forecrop; soil moisture; yield; efficiency.*

Author Details: *M. M. Sabitov, Cand. Sc. (Agr.), head of division (e-mail: m_sabitov@mail.ru).*

For citation: *Sabitov MM [Influence of forecrops on the productivity of winter wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region]. Zemledelie. 2021;(5): 3-7. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-3-7.*

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-8-11
УДК 631.5; 631.6; 911.2

Влияние ландшафтных условий и сельскохозяйственных культур на элементы плодородия дерново-подзолистых почв

М. В. РУБЛЮК, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru)
Д. А. ИВАНОВ, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Н. А. ХАРХАРДИНОВ, младший научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Российская Федерация

Исследования проводили с целью определения влияния природных условий агромикроландшафтов и возделываемых культур на агрохимические, водно-физические и биологические свойства дерново-подзолистой почвы в Нечерноземной зоне Российской Федерации. Работу выполняли в Тверской области в стационарном полевом опыте, расположенном в пределах конечно-моренного холма. Схема опыта включала следующие варианты: агромикроландшафт (фактор А) – транзитно-аккумулятивный южного склона, транзитный южного склона, элювиально-транзитный южного склона, элювиально-аккумулятивный – вершина холма, элювиально-транзитный северного склона, транзитный северного склона, транзитно-аккумулятивный северного склона; сельскохозяйственные культуры (фактор В) – зерновые и многолетние травы. Содержание органического вещества в почве в зависимости от агромикроландшафта изменялось от 1,88 % в транзитно-аккумулятивном южного склона до 3,15 % в элювиально-транзитном южного склона. Кислотность почвы снижалась с 4,86...4,91 ед. pH в нижней части южного и в верхней части северного склона до 5,74 ед. в транзитно-аккумулятивном агромикроландшафте северного, вследствие близости карбонатной морены и более энергичного водообмена. Содержание подвижного калия в транзитных агромикроландшафтах уменьшалось на 7...24 %, а в элювиальных местоположениях увеличивалось на 29...51 %. Количество подвижного фосфора максимально (на 37 %) в опыте возрастало в транзитном агромикроландшафте южного склона. Плотность почвы повышалась на северном склоне на 4,0...4,8 %, а на южном снижалась на 3,2 %. Наибольший в опыте запас продуктивной влаги отмечен в почве транзитных микроландшафтов северного склона, где рост величины этого показателя под зерновыми культурами составил 15,3...19,1 %, под многолетними травами – 12,4...18,7 %. Максимальная интенсивность разложения целлюлозы отмечена в транзитно-аккумулятивном агромикроландшафте северного склона (76,6 %) под зерновыми культурами и в элювиально-транзитном ландшафте южного склона (87,4 %) под травами.

Ключевые слова: *агроландшафт, агромикроландшафт, склон, экспозиция, агрохимические показатели, агрофизические свойства, плотность, продуктивная влага, микробиологическая активность почвы.*

Для цитирования: *Рублюк М. В., Иванов Д. А., Хархардинов Н. А. Влияние ландшафтных условий и сельскохозяйственных культур на элементы плодородия дерново-подзолистых почв // Земледелие. 2021. № 5. С. 8–11. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-8-11.*

Известно, что основное свойство почвы, благодаря которому она удовлетворяет потребности возделываемых сельскохозяйственных культур в элементах питания, воздухе и влаге для создания высоких урожаев, – плодородие [1]. Однако при длительном использовании без применения органических и минеральных удобрений, известкования кислых почв, комплексного агрохимического окультуривания полей оно со временем утрачивается. При этом снижаются и урожаи выращиваемых сельскохозяйственных культур [2, 3].

Влияние пространственно-временной пестроты плодородия почв на урожайность изучают во всем мире [4, 5, 6]. На сегодняшний день известно множество результатов исследований, связанных с выявлением зависимости плодородия почв от их агрофизических и агрохимических свойств и вида угодий [7, 8, 9], определением изменения агрофизических свойств в зависимости от приемов обработки почвы [10, 11, 12] и др., но мало работ, посвященных изучению трансформации свойств почвы в пределах агроландшафта [13, 14, 15]. Актуальность таких исследований определяется тем, что знания о влиянии культур и ландшафтных условий на элементы плодородия почв позволят прогнозировать изменения их свойств в течении длительного периода и в различных природных условиях. Результаты исследований могут быть использованы для дифференцированного применения удобрений, химической мелиорации и приемов по улучшению водно-физических свойств дерново-подзолистых почв.

Цель исследований – изучить влияние природных условий агромикроландшафтов и возделываемых культур на агрохимические, водно-физические и биологические свойства дерново-подзолистой почвы в условиях Нечерноземной зоны.

Для изучения влияния агроландшафтных условий на свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в 1997 г. был заложен эксперимент на опытном стационаре ВНИИМЗ «Губино», расположенном на конечно-моренном холме московского возраста, с относительной высотой 15 м, включающим межхолмные депрессии (северную и южную), южный склон крутизной 3...5°, плоскую вершину и северный склон крутизной 2...3°. Стационар занимает часть элементарного бассейна р. Белеутовки – притока р. Волги. Этот водоток, протекающий по южной границе стационара, служит местным базисом эрозии.

Почва опытного участка – дерново-сильноподзолистая остаточно-карбонатная глееватая, развивающаяся на двучленах разной мощности. На южном склоне средняя глубина морены превышает 1 м, на северном она залегает на глубине 0,5...0,6 м, местами выходя на поверхность. Гранулометрический состав почв на южном склоне и вершине песчано-супесчаный, на северном склоне – супесчано-легкосуглинистый.

Исследования проводили на агроэкологической трансекте длиной 1300 м, пересекающей все микропозиции конечно-моренного холма: транзитно-аккумулятивные (Т-А) агромикроландшафты (АМЛ) межхолмных депрессий и нижних частей склонов, в которых преобладает аккумуляция питательных веществ из грунтовых и намывных вод; транзитные (Т) микропозиции центральных частей склонов, характеризующиеся боковым током влаги; элювиально-транзитные (Э-Т) геокомплексы верхних частей склонов, где, наряду с боковым током влаги, наблюдается вертикальное промывание почвенного профиля; элювиально-аккумулятивные (Э-А) АМЛ плоской вершины, в которых происходит как нисходящий ток влаги, так и ее локальная аккумуляция в микрозападинах.

Опытный участок осушен закрытым дренажем с глубиной залегания дрен 1 м. Междренное расстояние на верхних гипсометрических отметках составляет 40 м, в средних частях склонов – 30 м, а у подножий – 20 м. В пределах трансекты на системе продольных полей развернут зернотравяной севооборот:

яровая пшеница – рапс (на сидерат) – озимая рожь – овес + многолетние травы – многолетние травы 1-го года пользования (г.п.) – многолетние травы 2-го г.п. – многолетние травы 3-го г.п.

Схема опыта включала следующие варианты:

агромикроландшафт (фактор А) – транзитно-аккумулятивный южного склона (Т-Аю): транзитный южного склона (Тю), элювиально-транзитный южного склона (Э-Тю), элювиально-аккумулятивный – вершина холма (Э-А), элювиально-транзитный северного склона (Э-Тс), транзитный северного склона (Тс), транзитно-аккумулятивный северного склона (Т-Ас);

сельскохозяйственные культуры (фактор В) – зерновые и многолетние травы.

В опыте изучали влияние агроландшафтных условий на водно-физические свойства и биологическую активность пахотного (0...22 см) слоя почвы под зерновыми культурами и бобово-злаковыми травосмесями. Поля разбиты на 30 делянок, в которых проводили определение урожайности и показателей плодородия почвы. Учетная площадь делянки 23,3 м^2, повторность 4-кратная. Водно-физические, агрохимические и биологические показатели почвы определяли по общепринятым методикам (*Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 393 с.; Смирнов П. М., Муравин Э. А. Агрохимия. М.: Колос, 1977. 240 с.; Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. проф. Д. Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 290 с.*). Биологическую активность почвы определяли методом аппликаций, срок экспозиции – 45 суток. Содержание подвижного фосфора и калия в почве измеряли по методу Кирсанова. Математическую обработку результатов исследований выполняли на основе описательной статистики и дисперсионного анализа с использованием прикладных программ – STATGRAFICS+ и EXCEL 2007.

После трех ротаций зернотравяного севооборота, в котором минеральные удобрения вносили по минимуму (N_{30} на зерновых культурах в подкормку) к 2020 г. дерново-подзолистая почва экспериментального участка имела среднюю степень окультуренности (табл. 1).

Накопление в почве органического вещества происходит вследствие балансирования процессов его минерализации и поступления с корневыми и растительными остатками. В опыте поступление органического вещества в почву зависело от продуктивности культур, а интенсивность минерализации во многом определял характер водного режима местоположения и, следовательно, напряженность окислительных процессов в почве, которые, в свою очередь, сказываются на степени ее гидроморфизма. Определенное влияние на количество органического вещества в почве оказывают и эрозионные процессы – на склонах оно снижается.

Среднее содержание органического вещества в пахотном (0...22 см) слое почвы в нашем эксперименте составляло 1,88...3,15 %. Максимально в опыте величина этого показателя возрастала (на 0,47 %), по сравнению со средней, в элювиально-транзитном варианте южного склона. В нижней части южного склона (Т-Аю) содержание органического вещества уменьшалось на 0,80 %, по сравнению со средней по опыту. В пределах агроландшафта происходил рост величины этого показателя от подножья южного склона к его верхней части. На вершине наблюдали энергичное вымывание гумуса в иллювиальные горизонты. Изменение содержания органического вещества почвы на северном склоне характеризовалось такой же закономерностью, как и на южном, за исключением подножья. Различия в накоплении гумуса в нижних частях склонов разной экспозиции объясняются дифференциацией по гранулометрии почв и их расположением, по отношению к местному базису эрозии. Т-Аю находится в зоне песчано-супесчаных отложений, дренируемых р. Белеутовка, а Т-Ас расположен на легких суглинках и удален от реки на 1,5 км.

Пахотные слои почв в изучаемых вариантах опыта имеют кислую и слабокислую реакцию почвенного раствора (pH_{KCl} – 4,86...5,74). Ее колебания во многом обусловлены характером водного режима АМЛ и глубиной залегания карбонатной морены. Самые кислые почвы расположены в нижней части южного склона (4,86 ед. pH) и в верхней части северного (4,91 ед. pH), где отмечается господство либо аккумулятивных (Т-Аю), либо элювиальных (Э-Тс) процессов. Эти процессы, замедляющие перемещение влаги, способствуют усилению гидроморфизма почв и, как следствие, снижению величины pH. Наименее кислые почвы расплодены в транзитно-аккумулятивном АМЛ северного склона, вследствие либо близости карбонатной морены (в средних частях склонов из-за эрозии мощность легкого наноса уменьшена, а в межхолмной депрессии на севере стационара карбонатная морена изначально залегает близко от поверхности), либо более энергичного водообмена в условиях легких пород (верхняя часть южного склона и вершина).

Количество легкогидролизуемого азота в почвах закономерно повышается по мере утяжеления гранулометрического состава с 20,3 мг/кг в нижней части южного склона до 38,8 мг/кг в межхолмной депрессии на севере стационара, что может объясняться изменением группового и фракционного состава гумуса в пространстве стационара. Незначительное его снижение на вершине (27,7 мг/кг) обусловлено вымыванием гумуса в иллювиальные горизонты почв.

1. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы в агроландшафте (2020 г.)

АМЛ	Статистические показатели*	Органическое вещество, %	pH_{KCl}	N легкогидролизуемый	P_2O_5	K_2O
				мг/кг		
Т-Аю	Lim	1,86...1,90	4,83...4,90	20,3...21,0	308...428	108...113
	X±sx	1,88±0,01	4,86±0,02	20,3±0,2	368±34,6	110±1,4
	S	0,02	0,04	0,4	69,2	2,9
	V, %	1,2	0,83	1,9	18,8	2,6
Тю	Lim	2,00...3,40	4,90...5,69	21,0...36,4	376...456	106...143
	X±sx	2,86±0,24	5,27±0,13	29,9±2,5	417±16	119±6
	S	0,54	0,31	5,5	37	14
	V, %	19,0	5,8	18,8	8,8	12,0
Э-Тю	Lim	3,00...3,30	4,84...5,72	28,7...41,3	204...524	153...251
	X±sx	3,15±0,07	5,15±0,20	35,0±2,6	337±68	193±21
	S	0,13	0,40	5,1	136	42
	V, %	4,1	7,8	14,7	40,3	21,7
Э-А	Lim	2,00...3,30	4,53...5,95	25,2...30,8	139...542	123...197
	X±sx	2,62±0,27	5,28±0,29	27,7±1,2	340±82	165±16
	S	0,53	0,58	2,3	164	31
	V, %	20,2	11,0	8,3	48,3	18,8
Э-Тс	Lim	2,70...3,10	4,53...5,32	27,3...38,5	151...223	88...118
	X±sx	2,90±0,08	4,91±0,16	31,7±2,4	193±15	100±6
	S	0,16	0,31	4,9	31	13
	V, %	5,6	6,3	15,3	15,9	12,6
Тс	Lim	1,60...2,90	4,70...5,54	28,7...37,1	172...247	88...123
	X±sx	2,26±0,21	5,31±0,18	33,0±1,4	209±14	106±5
	S	0,47	0,39	3,1	31	12
	V, %	20,8	7,4	9,4	14,8	11,4
Т-Ас	Lim	2,40...4,00	5,34...6,43	30,8...51,8	176...233	71...135
	X±sx	3,08±0,23	5,74±0,16	38,8±3,5	203±9	96±9
	S	0,55	0,39	8,6	21	22
	V, %	17,9	6,9	22,2	10,4	22,0

**Lim – пределы варьирования; X – среднее арифметическое; sx – ошибка среднего; S – среднее квадратическое отклонение; V– коэффициент вариации.*

2. Влияние ландшафтных условий и возделываемых культур на плотность пахотного слоя почвы (среднее за 2018–2020 гг.), г/см³

АМЛ (фактор А)	Культура (фактор В)		Среднее по фактору А
	зерновые	травы	
Т-Аю	1,26	1,29	1,27
Тю	1,20	1,25	1,23
Э-Тю	1,22	1,22	1,22
Э-А	1,22	1,25	1,24
Э-Тс	1,23	1,26	1,24
Тс	1,29	1,29	1,29
Т-Ас	1,30	1,30	1,30
Среднее по фактору В	1,25	1,27	1,26
$НСР_{05}$ для частных различий = 0,04, для фактора А = 0,03, для фактора В = $F_ф<F_т$			

Количество подвижного фосфора было высоким (193...203 мг/кг) на северном склоне и очень высоким (337...471 мг/кг) – на вершине и на южном склоне вследствие антропогенного воздействия. Максимальная в опыте величина этого показателя отмечена в транзитном АМЛ южного склона – 471 мг/кг почвы. В элювиально-транзитном микроландшафте склона северной экспозиции содержание подвижного фосфора в почве снижалось до 193 мг/кг почвы.

Содержание подвижного калия в пределах стационара варьировало от 96 до 193 мг/кг почвы. В большинстве изучаемых агромикроландшафтов (Т-Аю, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс и Тс) обеспеченность почвы этим элементом была средней и только в транзитно-аккумулятивном АМЛ северного склона – низкой. Максимальное в опыте содержание подвижного калия выявлено в элювиально-транзитном микроландшафте южного склона. Отмечена тенденция его повышения, по сравнению со средним по опыту, на 29...51 % в элювиальных микропозициях (Э-Тю и Э-А) и снижения на 7...24 % на склонах. Содержание подвижного калия в почве зависит от ее гранулометрического состава и интенсивности выноса на склонах в результате водной эрозии.

Плотность почвы изменялась в зависимости от природных условий изучаемых агромикроландшафтов и в среднем по опыту под посевами зерновых культур составляла 1,25 г/см³ (табл. 2). Достоверное повышение величины этого показателя, по сравнению со средней по опыту, отмечали в транзитных АМЛ северного склона (на 0,04...0,05 г/см³), снижение в транзитном микроландшафте южного склона (на 0,05 г/см³). Плотность почвы под многолетними травами достоверно снижалась в элювиально-транзитном варианте южного склона (на 0,05 г/см³). В нижней части северного склона (Т-Ас) величина этого показателя повышалась, по сравнению со средней по опыту, на 0,03 г/см³.

Условия агромикроландшафтов оказывали существенное влияние на запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы. Больше всего ее было в транзитных АМЛ северного склона. В этих вариантах запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы под зерновыми и травами превышали средние по опыту соответственно на 7,2...9,0 и 5,0...7,6 % (табл. 3).

3. Влияние ландшафтных условий и возделываемых культур на запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы (среднее за 2018–2020 гг.), мм

АМЛ (фактор А)	Культуры (фактор В)		Среднее по фактору А
	зерновые	травы	
Т-Аю	37,2	33,2	35,0
Тю	48,2	41,6	43,6
Э-Тю	46,1	40,7	42,6
Э-А	45,5	39,3	41,7
Э-Тс	45,1	38,0	41,2
Тс	54,9	46,1	49,8
Т-Ас	56,7	48,7	52,5
Среднее по фактору В	47,7	41,1	44,4
$НСР_{05}$ для частных различий = 11,6, для фактора А = 8,2, для фактора В = 4,4			

В нижней части южного склона (Т-Аю) запасы продуктивной влаги под зерновыми культурами и травами снижались соответственно на 10,5 и 7,9 %, по отношению к средней по опыту. В других вариантах величина этого показателя варьировала, по отношению к средней по опыту, под зерновыми в интервале от -1,6 до +0,5 %, под травами – от -3,1 до +0,5 %. На изменение запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы оказали влияние гранулометрический состав, плотность и влагоемкость почвы, а также возделываемые культуры. Среднее содержание продуктивной влаги в пахотном слое почвы под зерновыми культурами было на 6,6 мм выше, чем под травами, при $НСР_{05}$ для фактора В 4,4 мм.

Биологическая активность почвы, зависящая от ее плотности и запасов продуктивной влаги, изменялась в соответствии с условиями агромикроландшафтов (табл. 4). Наиболее интенсивно целлюлоза разрушалась в почве под зерновыми культурами в нижней части северного склона, а под травами – в верхней части южного склона. Прибавка величины этого показателя составляла соответственно 17,7 и 18,8 %. Под зерновыми культурами минимальная в опыте целлюлозолитическая активность почвы отмечена в нижней части южного и в транзите северного склона, где она была на 8,3 и 8,5 % меньше средней. Под травами самая низкая величина этого показателя отмечена в транзитных и транзитно-аккумулятивном АМЛ южного и северного склонов, в которых она была на 6,3...10,9 % ниже, чем в среднем под культурами.

Целлюлозолитическая активность почвы в среднем за три года наблюдений в среднем по агроландшафту под зерновыми культурами составляла 58,9 %, под травами – 68,5 %. Практически везде под травами она была выше, чем под зерновыми, на 9,1...25,1 %. Наибольшая разница отмечена в элювиальных АМЛ – 20,6...25,1 %, что объясняется близким к оптимальному для трав водно-воздушным режимом, а также их лучшим развитием в весенний период благодаря мощной корневой системе. В транзите южного склона интенсивность разложения льняного полотна под зерновыми культурами и травами была одинаковой и составляла 59,7 %, вследствие жестких гидротермических условий этого местоположения, препятствующих интенсивному разложению целлюлозы. В нижней части северного склона целлюлозолитическая активность почвы под травами была ниже, чем под зерновыми из-за меньших запасов продуктивной влаги.

4. Влияние ландшафтных условий и возделываемых культур на целлюлозолитическую активность пахотного слоя дерново-подзолистой почвы (среднее за 2018–2020 гг.), %

АМЛ (фактор А)	Культуры (фактор В)		Среднее по фактору А
	зерновые	травы	
Т-Аю	50,6	59,7	55,2
Тю	59,7	59,7	59,6
Э-Тю	62,3	87,4	74,9
Э-А	58,6	79,2	68,4
Э-Тс	54,4	73,9	64,1
Тс	50,4	62,3	63,3
Т-Ас	76,6	57,7	60,8
Среднее по фактору В	58,9	68,6	63,8
$НСР_{05}$ для частных различий = 12,7, для фактора А = 9,0, для фактора В = 4,8			

Таким образом, условия природной среды конкретного поля, а также характер культурной растительности оказывают заметное влияние на трансформацию элементов плодородия почвы во времени и пространстве. Агрохимические свойства почвы во многом зависят от агроландшафта, характера и интенсивности водообменных процессов в пределах местоположения. В нашем опыте содержание органического вещества в почве изменялось от 1,88 до 3,15 % при более высоких значениях в элювиально-транзитном варианте южного склона. Кислотность варьировала от 4,86 до 5,74 ед. с наименьшими величинами в транзитно-аккумулятивном АМЛ северного склона. Содержание легкогидролизуемого азота в почве на северном склоне было выше, чем на южном. Максимальное в опыте накопление подвижного фосфора отмечено в почве транзитного варианта южного склона (471 мг/кг). Содержание подвижного калия в транзитных АМЛ снижалось на 7…24 %, а в элювиальных местоположениях увеличивалось на 29…51 %, по сравнению со средними величинами по опыту.

Водно-физические свойства почвы определяли особенности АМЛ и гранулометрического состава. Ее плотность в транзитных АМЛ северного склона повышалась на 4,0…4,8 %, а южного – снижалась на 3,2 %. Продуктивной влаги больше было в транзитных вариантах северного склона, по сравнению с южным, под зерновыми культурами на 15,3…19,1 %, под травами – на 12,4…18,7 %. В целом под травами ее содержание было на 12,0…19,1 % меньше, чем под зерновыми культурами.

Разложение целлюлозы протекало наиболее интенсивно под зерновыми культурами в нижней части северного склона (в Т-Ас – 76,6 %), под травами – в верхней части южного (в Э-Тю – 87,4 %).

Литература.

1. Сакаев К. Е., Бестаев В. В. Мониторинг плодородия основных типов и подтипов почв в республике Северная Осетия-Алания на реперных участках // Плодородие. 2013. № 6. С. 31–33.

2. Влияние степени исходного окультуривания на агрофизические показатели залежных дерново-подзолистых почв / А. В. Леднев, А. В. Дмитриев, Н. А. Пегова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 6. С. 102–107. doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.102-108

3. Леднев А. В., Дмитриев А. В. Зависимость агрохимических показателей залежных земель, расположенных на аккумулятивном направлении вещественно-энергетического потока, от срока зарастания и типа почв // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 27–32.

4. The application of the soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia / D. S. Bulgakov, D. I. Rukhovich, E. A. Shishkonakova, et al. // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. No. 4. P. 448–459.doi: 10.1134/S1064229318040038.

5. Spatio-temporal dynamics of forage and land cover changes in Karamoja subregion / A. Egeru, O. Wasonga, J. Kyagulanyi, et al. // Pastoralism: Research, Policy and Practice. 2014. Vol. 4. No. 6. P. 3–24. doi: 10.1186/2041-7136-4-6.

6. Heil K., Heinemann P., Schmidhalter U. Modeling the effects of soil variability, topography, and management on the yield of barley // Frontier in Environmental Science. 2018. Vol. 6. P. 1–16. doi: 10.3389/fenvs.2018.00146.

7. Gopp N. V., Savenkov O. A. Relationships between the NDVI, yield of spring wheat, and properties of the plow horizon of eluviated clay-illuvialchernozems and dark gray soils // Eurasian soil science. 2019. Vol. 52. No. 3. P. 339–347. doi: 10.1134/S1064229319030050.

8. Asghari S., Ahmadnejad S., Keivanbehjou F. Deforestation effects on soil quality and water retention curve parameters in Eastern Ardabil, Iran // Eurasian soil science. 2016. Vol. 49. No. 3. P. 338–346. doi: 10.1134/S1064229316030029.

9. Эседуллаев С. Т., Нода Н. Б. Динамика агрохимических показателей дерново-подзолистых почв в агроландшафтах Верхневолжья и приемы воспроизводства их плодородия // Земледелие. 2020. № 2. С. 12–16. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10203.

10. Богомолова Ю. А., Саков А. П., Венин А. В. Изменение агрофизических свойств почвы и урожайности яровой пшеницы в зависимости от систем обработки почвы и удобрений в Волго-Вятском регионе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 90–97. doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.90-97.

11. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in Lower Austria // Eurasian soil science. 2020. Vol. 53. No. 4. P. 503–511. doi: 10.1134/S1064229320040079.

12. Усенко В. И., Усенко С. В. Водный режим выщелоченного чернозема в зависимости от предшественника и приема основной обработки почвы // Земледелие. 2018. № 2. С. 14–18. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10203.

13. Рублюк М. В., Иванов Д. А., Карасева О. В. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы и урожайности озимой ржи в зависимости от агроландшафтовгумидной зоны // Земледелие. 2019. № 8. С. 18–21. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10804.

14. Иванов Д. А., Рублюк М. В. Водно-физические свойства почв под разновозрастными травостоями в пределах мелиоративного агроландшафта // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 26–29. doi: 10.30850/vrsn/2019/3/26-29.

15. Рублюк М. В., Иванов Д. А., Карасева О. В. Влияние агроландшафтных условий на водный режим осушаемых земель Нечерноземной зоны России // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 8. Т. 32. С. 8–10. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10802

Influence of landscape conditions and crops on fertility elements of sod-podzolic soil

M. V. Rublyuk, D. A. Ivanov, N. A. Kharkhardinov

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

Abstract. *The research aimed to determine the influence of natural conditions of agromicrolandscapes and cultivated crops on the agrochemical, water, physical, and biological properties of sod-podzolic soil under the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. The work was carried out in the Tver region in a stationary field experiment located within a terminal moraine hill. The experiment examined the influence of two factors: agromicrolandscape (factor A) and crop (factor B). Factor A included the following microlandscapes: transit accumulative of the southern slope, transit of the southern slope, eluvial transit of the southern slope, eluvial accumulative – the top hill, eluvial transit of the northern slope, transit of the northern slope, transit accumulative of the northern slope. Factor B included cereals and perennial grasses. The content of organic matter in the soil, depending on the agromicrolandscape, varied from 1.88% in the transit accumulative one of the southern slope to 3.15% in the eluvial transit landscape of the southern slope. Soil acidity decreased from 4.86–4.91 pH units in the lower part of the southern and in the upper part of the northern slope up to 5.74 units in the transit accumulative agromicrolandscape of the north slope, due to the proximity of the carbonate moraine and more vigorous water exchange. The content of mobile potassium in transit agromicrolandscapes decreased by 7–24%, and in eluvial locations increased by 29–51%. The amount of mobile phosphorus increased maximally (by 37%) in the transit agromicrolandscape of the southern slope. Soil density increased on the northern slope by 4.0–4.8% and decreased by 3.2% on the southern slope. The largest reserve of productive moisture in the experiment was noted in the soil of transit microlandscapes of the northern slope, where the growth of this indicator under grain crops was 15.3–19.1%, under perennial grasses – 12.4–18.7%. The maximum rate of cellulose decomposition was noted in the transit accumulative agromicrolandscape of the northern slope (76.6%) under grain crops and the eluvial transit landscape of the southern slope (87.4%) under grasses.*

Keywords: *agrolandscape; agromicrolandscape; slope; exposure; agrochemical indicators; agrophysical properties; density; productive moisture; soil biological activity.*

Author Details: *M. V. Rublyuk, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru); D. A. Ivanov, D. Sc. (Agr.), Corresponding Member of RAS, chief research fellow; N. A. Kharkhardinov, junior research fellow.*

For citation: *Rublyuk MV, Ivanov DA, Kharkhardinov NA [Influence of landscape conditions and crops on fertility elements of sod-podzolic soil]. Zemledelie. 2021;(5):8-11. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-8-11.*

Баритон® Супер: тройной удар по заболеваниям зерновых

Современный фунгицидный протравитель – это не только защита от заболеваний, но и улучшение физиологического развития растений, и повышение урожайности. Стремясь удовлетворить запросы аграриев, производители СЗР выводят на рынок всё более функциональные и совершенные по составу препараты. Например, в линейке компании «Байер» есть уникальный трёхкомпонентный протравитель Баритон® Супер, синергия действующих веществ которого позволяет максимально реализовать генетический потенциал зерновых культур.

Наличие в составе трёх действующих веществ – важная особенность контактно-системного протравителя Баритон® Супер, отличающая его как от фунгицида предыдущего поколения Баритон®, так и от других присутствующих на российском рынке протравителей. Два из этих веществ – протиоконазол (50 г/л) из класса триазолинтионов и тебуконазол (10 г/л) из класса триазолов – системные препараты. Ингибируя биосинтез стиролов и препятствуя проницаемости клеточных мембран патогена, протиоконазол нарушает нормальное функционирование мембран, и грибковый организм гибнет. Высокосистемный препарат тебуконазол на биохимическом уровне подавляет синтез эргостерина, что также приводит к нарушениям в клеточных мембранах гриба и к его гибели.

При этом данные вещества обладают взаимодополняющими характеристиками: протиоконазол отличается длительным периодом действия, а тебуконазол – очень быстрой начальной активностью, благодаря чему Баритон® Супер проникает в растение сразу после прорастания зерна и равномерно распределяется в нём к точкам роста, защищая пшеницу и ячмень до начала фазы выхода в трубку.

Наконец, флудиоксонил (37,5 г/л) из класса фенилпирролов – это преимущественно контактное вещество с длительным периодом действия, которое подавляет фосфорилирование глюкозы в процессе клеточного дыхания патогена, чем препятствует формированию клеточных мембран грибкового организма, его росту и размножению. Мощная синергия флудиоксонила и протиоконазола надёжно защищает растения от снежной плесени и тифулёза. Кроме того, протравливание семян зерновых культур фунгицидом Баритон® Супер обеспечивает контроль таких заболеваний семенной и почвенной этиологии, как твёрдая и пыльная головня, фузариозная и гельминтоспориозная корневая гниль, альтернариоз, плесневение семени и т.д.

Помимо продолжительной и эффективной защиты практически всех частей растения, Баритон® Супер обладает ростостимулирующим эффектом: он влияет на формирование всходов и развитие корневой системы, повышает кустистость, стрессо- и засухоустойчивость растений.

Влияние Баритон® Супер на урожайность зерновых подтверждено результатами полевых испытаний. В 2015 году было выявлено, что вариант с использованием Баритон® Супер (1,0 л/т) показывает лучшую кустистость – 3 стебля злаковой культуры – по сравнению с вариантом флудиоксонил + ципроконазол и вариантом без фунгицидного протравителя – 2,5 стебля. На испытаниях в 2019 году сравнивалось количество успешно перезимовавших растений. Если на контрольном варианте перезимовать смогли 72 % растений, то на вариантах Баритон® Супер (1 л/т) и Баритон® Супер (1,2 л/т) – 85 % и 89 % соответственно.

Фунгицидный протравитель от компании «Байер» не только защищает зерновые культуры от наиболее вредоносных заболеваний с момента прорастания зерновки. Баритон® Супер также способствует усиленному росту корневой системы, интенсивному кущению, повышает устойчивость, силу растений и их урожайность.

Более подробно об эффективности Баритон® Супер и других продуктов компании «Байер» вы можете узнать из видеоматериалов, размещённых в наших аккаунтах в соцсетях, а также посетив Онлайн БайАрену 2021.

Горячая линия Bayer
8 (800) 234-20-15
***для аграриев**

Горячая линия для аграриев
8 (800) 234-20-15
www.cropscience.bayer.ru

БезАЛЬТЕРНАРИЯтивная защита от снежной плесени

Баритон® Супер – трёхкомпонентный фунгицидный протравитель от компании Bayer для контроля комплекса болезней семян и всходов зерновых колосовых культур.

НАВЕДИ КАМЕРУ:

на правах рекламы

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-14-19
УДК 631.8:631.434

Влияние обработки биопрепаратами побочной продукции сельскохозяйственных культур на структурное состояние чернозема типичного слабоэродированного*

М. Н. МАСЮТЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: avatar_dark@mail.ru)
Н. П. МАСЮТЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора
Е. В. ДУБОВИК, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
М. А. ПРИПУТНЕВА, младший научный сотрудник
Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния обработки побочной продукции сельскохозяйственных культур биопрепаратами, совместного внесения азотных минеральных удобрений с растительными остатками, а также комбинации этих приемов на структурное состояние чернозема типичного слабоэродированного. Работу выполняли в 2018–2019 гг. в Курской области. Отбор почвенных образцов осуществляли до внесения измельченной побочной продукции сельскохозяйственных культур и через 48...52 суток после её заделки в зернопаропропашном севообороте. Схема опыта включала следующие варианты: измельченная побочная продукция – контроль; измельченная побочная продукция + 10 кг д.в. азота/т побочной продукции (N); измельченная побочная продукция + Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га (биопрепараты); измельченная побочная продукция + биопрепараты + N. В 2018 г. возделывали подсолнечник, в 2019 г. – ячмень. На 52-й день после заделки в почву стеблей подсолнечника в варианте с биопрепаратами в слое 0...10 см количество агрегатов размером 2...1 мм увеличилось в 2,1 раза, >10 мм снизилось в 1,8 раза. Количество водопрочных агрегатов >1мм превышало исходную величину этого показателя в контроле и при внесении N в 2,0 и 3,0 раза соответственно, в варианте с биопрепаратами – в 3,3 раза. На 48-й день после внесения в почву соломы ячменя количество агрегатов размером 2...1 мм увеличилось в вариантах с биопрепаратами на 62 и 67 %, в контроле и варианте с N – соответственно на 25 и 18 %. Коэффициент структурности почвы в вариантах с биопрепаратами и их сочетанием с N в слое 0...10 см был выше, чем в контроле, в 1,5...1,6 раза, в слое 10...20 см – в 1,2...1,3 раза. Водоустойчивость почвы при использовании биопрепаратов возрастала.

Ключевые слова: *чернозем типичный слабоэродированный, биопрепараты, побочная продукция, азотные минеральные удобрения, структурно-агрегатный состав, агрономически ценные агрегаты, водопрочные агрегаты, водоустойчивость.*

Для цитирования: *Влияние обработки биопрепаратами растительных остатков сельскохозяйственных культур на структурное состояние чернозема типичного слабоэродированного / М. Н. Масютенко, Н. П. Масютенко, Е. В. Дубовик и др. // Земледелие. 2021. №5. С. 14–19. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-14-19.*

Структурное состояние почвы играет важную роль в её плодородии. Почвенный агрегат представляет собой уникальное образование [1, 2, 3]. Его водоустойчивость и механическая прочность определяют водный, воздушный и тепловой режимы в почве и влияют на мобилизацию и иммобилизацию питательных элементов [4].

Черноземы отличаются хорошей и даже отличной структурой. Однако в последние годы из-за высокой антропогенной нагрузки в виде механической обработки и увеличения доли пропашных и технических культур, снижения доли многолетних трав и бобовых культур, а также сокращения поступления в почву органических удобрений отмечается ухудшение структуры почвы уменьшение ее прочности и водоустойчивости и др. [5, 6, 7].

Органическое вещество – один из основных факторов структурообразования [8, 9, 10]. Процессы гумусообразования и структурообразования неразрывно связаны.

В условиях снижения поступления органических веществ в почвы необходимо искать пути, позволяющие повышать эффективность их воздействия на процессы структурообразования. В последние десятилетия стали активно применяться биопрепараты, которые, по данным отечественных [11, 12, 13] и зарубежных [14, 15, 16] исследований, ускоряют процессы минерализации и гумификации соломы в почве и улучшают ее свойства [17, 18]. Существуют отдельные работы, свидетельствующие о влиянии биопрепаратов на водно-физические свойства и структурное состояние почвы [19, 20].

Цель исследования – изучить влияние обработки измельченной побочной продукции сельскохозяйственных культур биопрепаратами, совместного внесения азотных минеральных удобрений и растительных остатков, а также комбинации этих приемов на структурное состояние чернозема типичного слабоэродированного.

Исследования проводили в 2018–2019 гг. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино Медвенского района Курской области) в стационарном полевом опыте с биопрепаратами в зернопропашном севообороте (озимая пшеница – подсолнечник масличный – ячмень – соя).

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: измельченная побочная продукция (контроль); измельченная побочная продукция + N из расчета 10 кг д.в. на 1 т побочной продукции; измельченная побочная продукция, обработанная биопрепаратами Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га; измельченная побочная продукция, обработанная биопрепаратами Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га + N из расчета 10 кг д.в. на 1 т побочной продукции.

Опыт заложен в трехкратной повторности в соответствии с общепринятыми методиками, размещение вариантов – систематическое. Общая площадь делянки составляла 600 м^2 (12 м × 50 м), учетная – 480 м^2. Исследования проводили в звене зернопропашного севооборота подсолнечник масличный (*Helianthus ánnuus* L.) Имерия КС (2018 г.) – яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) Суздалец (2019 г.). Предшественником

Работа подготовлена по теме государственного задания № 0632-2019-0014.

подсолнечника была озимая пшеница (*Triticum vulgare* L.) сорт Синтетик. Технологии возделывания культур были общепринятыми в регионе. Заделку измельченных растительных остатков проводили дисковыми боронами на глубину 10…12 см: подсолнечника – в третьей декаде августа 2018 г., ячменя – во второй декаде августа 2019 г. Глубина отвальной обработки под подсолнечник составляла 25…28 см, под ячмень – 20…22 см, выполняли её после второго отбора почвенных образцов через 7…8 недель после заделки растительных остатков.

В качестве азотного удобрения в опыте использовали аммиачную селитру, биопрепаратов – Грибофит и Имуназот. Грибофит содержит споры и мицелий гриба *Trichoderma*, а также биологически активные вещества, разлагает клетчатку и подавляет развитие фитопатогенов. В состав Имуназота входят ризосферные бактерии *Pseudomonas*, препарат обладает антимикробным и ростостимулирующим действием [21].

Обработку измельченных растительных остатков биопрепаратами проводили опрыскивателем ОП-2000/24, внесение аммиачной селитры – навесным разбрасывателем РН-0,8.

Почва – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый малогумусный на лессовидном карбонатном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое почвы составляет 4,80…5,09 %; подвижного фосфора и калия (по методу Чирикова) – 92…96 мг/кг почвы и 96…113 мг/кг соответственно; обменного кальция – 22,7…23,9 мг-экв/100 г; обменного магния – 3,8…4,3 мг-экв/100 г; реакция среды близкая к нейтральной ($pH_{водн.}$ – 6,3…6,5 ед.).

Для изучения изменения структурного состояния отбирали почвенные образцы в вариантах опыта по слоям 0…10 и 10…20 см в 3-кратной повторности в период уборки культур (подсолнечника – во второй декаде августа, ячменя – в начале августа) и через 48…52 дня после заделки растительных остатков. Структурно-агрегатный состав почвы определяли по методу Н. И. Саввинова при сухом и мокром просеивании [22].

Метеоусловия в периоды исследования (август–начало октября 2018 г. и август–октябрь 2019 г.) складывались по-разному. В августе 2018 г. осадков выпало 6 %, в сентябре – 52 % от климатической нормы. В 2019 г. их сумма была на 55 мм больше, чем в 2018 г. Средняя температура воздуха в августе 2018 г. превышала норму на 3,0 °С, в сентябре – на 3,9 °С , в октябре – на 2,3°С. В сентябре и октябре 2019 г. средняя температура воздуха была ниже нормы на 0,4°С и 1,1°С, в августе – выше на 0,7 °С. В целом период разложения растительных остатков (август–октябрь) в 2018 г. был более засушливым, чем в 2019 г. – ГТК составил соответственно 0,20 и 0,63.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики с использованием программных средств Microsoft office EXCEL, STATISTIKA, в том числе результаты исследований по коэффициенту структурности почвы – методом дисперсионного анализа по типу двухфакторного эксперимента.

В структурно-агрегатном составе (сухое просеивание) почвы в слое 0…10 см после уборки урожая подсолнечника (до внесения его измельченных стеблей в почву) преобладали фракции 2…1 мм – 16,9…19,9 % и >10 мм – 16,4…20,6 % (рис. 1).

Через 52 дня после заделки в почву измельченных стеблей подсолнечника количество агрегатов диаметром 2…1 мм в слое почвы 0…10 см увеличилось в 1,6…2,1 раза, причем больше всего в варианте с биопрепаратами. Также в 1,5…1,9 раза возросло содержание агрегатов размером 10…5 мм, а доля глыбистой фракции (размером >10 мм) уменьшилась в 1,6…2,8 раза.

В слое 10…20 см отмечены аналогичные изменения (см. рис.1), однако увеличение количества агрономически ценных агрегатов произошло не только из-за фракций 2…1, 10…5 мм, но и благодаря фракциям 5…3 и 1,0…0,5 мм.

Результаты сухого просеивания свидетельствуют о положительном влиянии на структурное состояние чернозема типичного слабоэродированного вносимых в почву растительных остатков подсолнечника и биологических препаратов, используемых для их обработки, через повышение количества агрономически ценных фракций, а именно фракции 2…1 мм, и снижения фракции >10 мм.

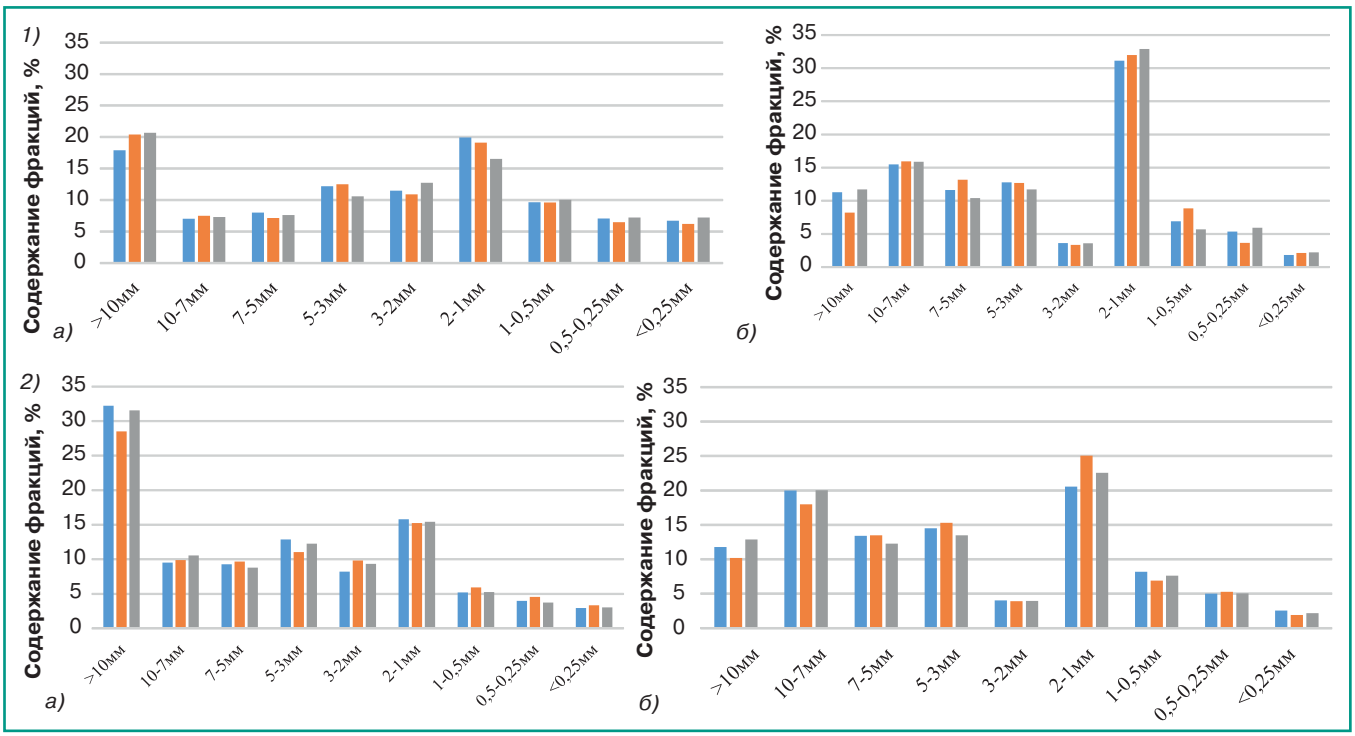


Рис. 1. *Структурно-агрегатный состав (сухое просеивание) чернозема типичного слабосмытого в слоях 0...10 см (1) и 10...20 см (2) по фракциям: А – до заделки, Б – через 52 дня после заделки в почву побочной продукции подсолнечника: ■ – контроль; ■ – измельченная побочная продукция подсолнечника + N; ■ – измельченная побочная продукция подсолнечника, обработанная Грибофитом и Имуназотом.*

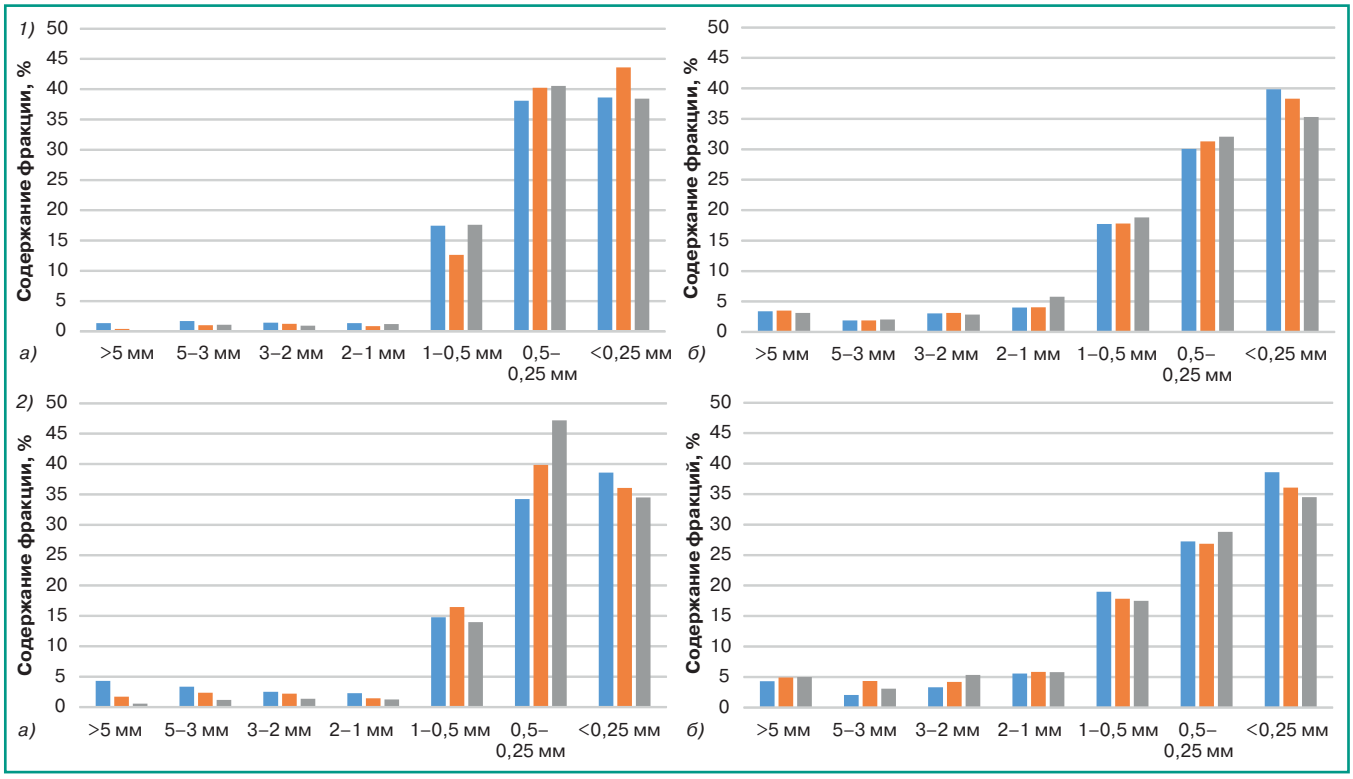


Рис. 2. *Содержание водопрочных (>0,25 мм) и неводопрочных (<0,25 мм) фракций в слоях 0...10 см (1) и 10...20 см (2) чернозема типичного слабосмытого по фракциям: А – до заделки, Б – через 52 дня после заделки в почву побочной продукции подсолнечника: ■ – контроль; ■ – измельченная побочная продукция подсолнечника + N; ■ – измельченная побочная продукция подсолнечника, обработанная Грибофитом и Имуназотом.*

При мокром просеивании почвы (рис. 2) сразу после уборки урожая подсолнечника среди водопрочных агрегатов в слоях 0...10 и 10...20 см во всех вариантах опыта преобладали агрегаты 0,5...0,25 мм (соответственно 38,1...40,5 и 34,2...44,9 %), а также агрегаты 1,0...0,5 мм (12,6...17,6 % и 14,0...16,4 %).

Через 52 дня после заделки в почву измельченных стеблей подсолнечника наблюдалось повышение содержания водопрочных агрегатов >1 мм и снижение доли фракции 0,5...0,25 мм (см. рис. 2). Это, возможно, связано с тем, что в почве при разложении растительных остатков усиливаются процессы структурообразования, при этом частицы размером 0,5...0,25 мм могут стать центрами агрегирования укрупненных водоустойчивых отдельностей размером >1мм [23]. При этом установлено, что количество водопрочных агрегатов >1мм в почве через 52 дня после заделки в почву измельченных стеблей и корневых остатков подсолнечника превышает величину этого показателя до заделки в контроле и при внесении азотных удобрениями соответственно в 2,0 и 3,0 раза, а в вариантах с биопрепаратами в среднем в 3,3 раза.

Оценка водоустойчивости почвенной структуры была проведена по суммарному количеству агрегатов >0,25 мм при мокром просеивании (%) по Кузнецовой И. В. Сумма водопрочных агрегатов через 52 дня после заделки измельченной побочной продукции подсолнечника изменилась незначительно, так как почва осталась в той же градации оценки. Однако отмечается тенденция к увеличению водоустойчивости агрегатов (до отличной) в варианте с биопрепаратами и с внесением 10 кг д.в. азота/т стеблей подсолнечника. Причем наибольшие величины этого показателя отмечены при использовании биопрепаратов (66 %), а самая высокая прибавка (+3 %) в слое 0...10 см, по сравнению с величиной этого показателя до заделки, в варианте с азотными удобрениями.

По результатам мокрого просеивания в слоях 0...10 см, 10...20 см во всех изучаемых вариантах опыта с подсолнечником отмечено значительное варьирование доли фракции >5 мм (31,0...80,9 %) и низкое – содержания агрегатов < 1 мм (коэффициент вариации от 3,2 до 9,2 %).

При анализе структурно-агрегатного состава (сухое просеивание) в слое 0...10 см чернозема типичного слабосмытого на том же поле на следующий год после уборки урожая ячменя до внесения его измельченной соломы в почву (рис. 3) установлено, что значительное количество в нем составляют отдельности размером >10 мм (29,8...33,1 %), а среди агрономически ценных агрегатов (10...1 мм) преобладает фракция 2...1 мм (16,5...20,3 %). В слое 10...20 см картина сохраняется. По сравнению с предыдущим годом (до заделки растительных остатков), произошло увеличение содержания глыбистой фракции размером >10 мм и фракции 1...0,5 мм, снижение доли фракций 3...2 мм и <0,25 мм.

Через 48 дней после заделки в почву измельченной соломы ячменя основные изменения в структурно-агрегатном составе почвы отмечали в слое 0...10 см. В этом слое доля фракции 2...1 мм при использовании биопрепаратов увеличилась на 62,0...67,1 %, в контроле и варианте с азотными удобрениями – соответственно на 25,4 и 17,9 %. А содержание агрегатов размером >10 мм в контроле уменьшилось на 6,5 %, в варианте с азотными удобрениями на 27,1 %, с биопрепаратами – на 47,1 %, с сочетанием биопрепаратов и азотных удобрений – на 67,4 %.

Так как действие биопрепаратов на почву носит накопительный характер, то результаты изменения её структурно-агрегатного состава под влиянием этих средств на второй год рассмотрим более подробно.

В целом, через 48 дней после заделки в почву измельченной соломы ячменя количество агрономически ценных агрегатов в слое 0...10 см в большей степени увеличилось в вариантах с биопрепаратами. Доля фракции 10...0,25 мм в контроле возросла на 3,5 %, при внесении азотных удобрений – на 9,9 %, биопрепаратов – на 14,6 %, биопрепаратов с азотными удобрениями – на 20,2 %; количество агрегатов размером 10...1 мм увеличилось соответственно на

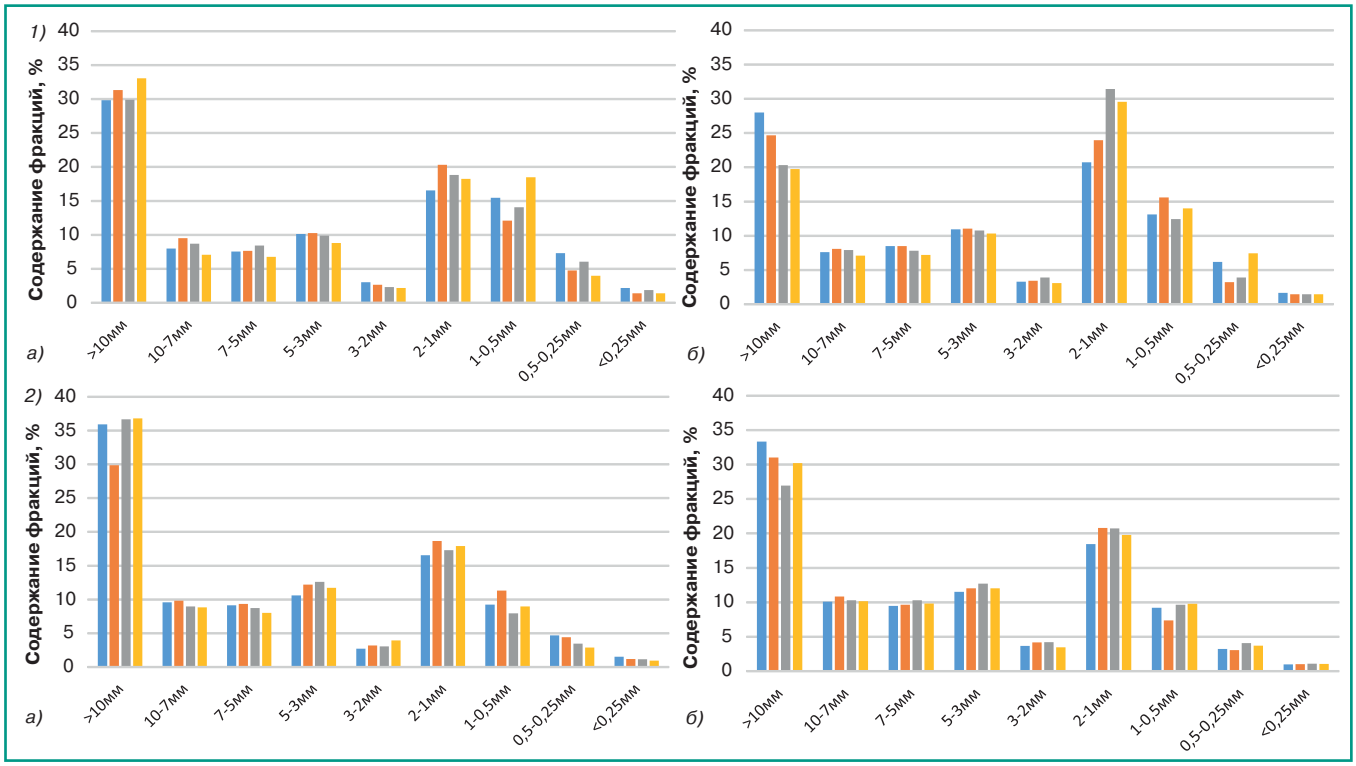


Рис. 3. *Структурно-агрегатный состав (сухое просеивание) чернозема типичного слабосмытого в слоях 0...10 см (1) и 10...20 см (2): А – до заделки, Б – на 48 день после заделки в почву измельченной побочной продукции ячменя; ■ – контроль; ■ – измельченная побочная продукция ячменя + N; ■ – измельченная побочная продукция ячменя, обработанная Грибофитом и Имуназотом; ■ – измельченная побочная продукция ячменя, обработанная Грибофитом и Имуназотом + N.*

12,9 %, 9,2 %, 28,6 % и 33,2 %; 5...1 мм – на 17,8 %, 15,7 %, 48,8 % и 47,2 %; 3...1 мм – на 22,9 %, 19,3 %, 67,3 % и 60,0 %.

Таким образом, обработка растительных остатков ячменя биопрепаратами оказала наибольшее влияние на количество агрономически ценных агрегатов в слое 0...10 см вследствие увеличения агрегатов 2...1 мм, снижения глыбистой фракции, по сравнению с контролем и вариантом с азотными удобрениями.

В слое почвы 10...20 см до внесения измельченной соломы ячменя отмечали аналогичные закономерности (см. рис. 3), но выраженные слабее. В этом слое чернозема типичного слабосмытого установлено преобладание среди агрономически ценных агрегатов (10...1 мм) фракции 2...1 мм (16,6...18,6 %), что несколько ниже, чем в слое 0...10 см. Также значительная часть стуктурно-агрегатного состава приходилась на крупные агрегаты размером >10 мм (29,9...36,8 %). Через 48 дней после заделки в почву измельченной соломы ячменя количество частиц размером 2...1 мм в слое 10...20 см в контроле увеличилось на 11,5 %, в варианте с азотными удобрениями – на 11,6 %, с биопрепаратами – на 10,5...19,8 %. При этом содержание агрегатов размером >10 мм в контроле уменьшилось на 7,7 %, в варианте с биопрепаратами – на 36,2 %, с биопрепаратами и азотными удобрениями – на 21,8 %.

В целом, через 48 дней после заделки в почву измельченной соломы ячменя содержание агрономически ценных агрегатов в структурно-агрегатном составе в слое 10...20 см почвы возрастало меньше, чем в слое 0...10 см.

Внесение измельченных растительных остатков ячменя способствовало улучшению оструктуренности чернозема типичного слабоэродированного, особенно в вариантах с биопрепаратами (табл. 1). Наибольшие коэффициенты структурности через 48 дней после заделки растительных остатков ячменя отмечали в вариантах с биопрепаратами в отдельности и совместно с азотными удобрениями. В слое почвы 0...10 см они были выше, чем в контроле, соответственно в 1,5 и 1,6 раза, 10...20 см – в 1,3 и 1,2 раза. Коэффициенты структурности в слое почвы 0...10 см на 48 день после заделки в почву соломы ячменя значимо ($НСР_{05}$=0,68) увеличивались в вариантах с 10 кг д.в. азота/т соломы – на 0,78; с биопрепаратами – на 1,44; с биопрепаратами и 10 кг д.в. азота/т соломы – на 1,81. В слое 10...20 см улучшение оструктуренности проявилось слабее и только в вариантах с биопрепаратами.

1. Коэффициенты структурности чернозема типичного слабоэродированного до и после заделки в почву измельченной соломы ячменя

Способ обработки растительных остатков (фактор А)	Глубина, см	Срок отбора образцов почвы (фактор В)		
		до заделки	через 48 дней после заделки	среднее
Измельченная солома ячменя без обработки (контроль)	0...10	2,12	2,37	2,24
	10...20	1,67	1,91	1,79
	0...20	1,89	2,14	2,01
Измельченная солома ячменя + 10 кг д.в. азота/т	0...10	2,05	2,83	2,44
	10...20	2,22	2,12	1,17
	0...20	2,13	2,47	2,30
Измельченная солома ячменя, обработанная Грибофитом и Имуназотом	0...10	2,15	3,59	2,87
	10...20	1,64	2,57	2,10
	0...20	1,89	3,08	2,48
Измельченная солома ячменя, обработанная Грибофитом и Имуназотом + 10 кг д.в. азота/т	0...10	1,90	3,71	2,80
	10...20	1,65	2,20	1,92
	0...20	1,77	2,95	2,36
Среднее	0...10	2,05	3,12	2,59
	10...20	1,79	2,20	1,74
	0...20	1,92	2,66	2,17
$НСР_{05}$ для фактора А в слое 0...10 см		0,22	0,37	
$НСР_{05}$ для фактора А в слое 10...20 см		0,17	0,22	
$НСР_{05}$ для фактора В		0,31	0,43	
$НСР_{05}$ для фактора В в слое 0...10 см		0,68		
$НСР_{05}$ для фактора В в слое 10...20 см		0,47		

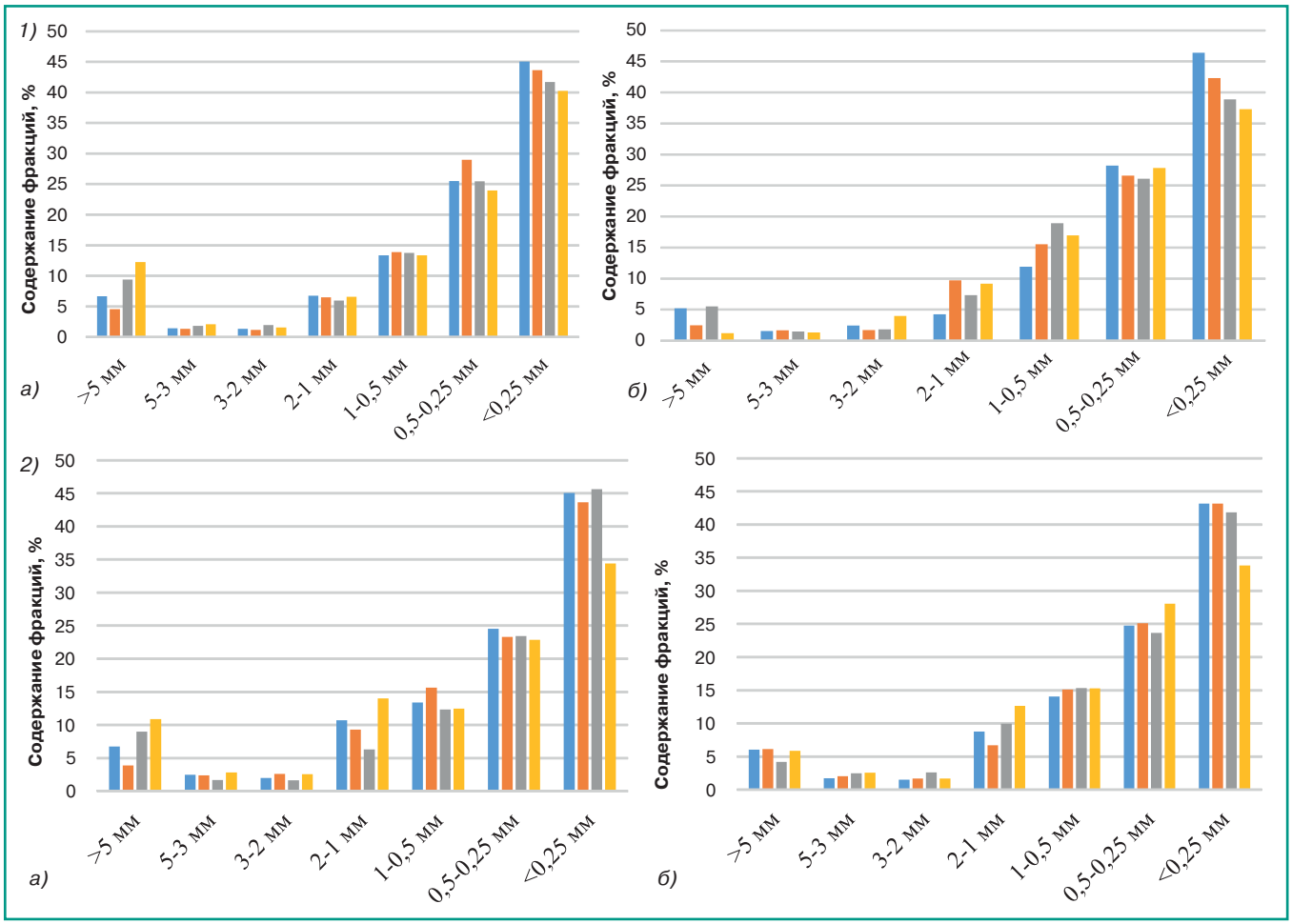


Рис. 4. *Содержание водопрочных и неводопрочных фракций чернозема типичного слабосмытого в слоях 0...10 см (1) и 10...20 см (2): А – до внесения, Б – через 48 дней после заделки в почву растительных остатков ячменя: ■ – контроль; ■ – измельченные растительные остатки ячменя + N; ■ – измельченная растительные остатки ячменя, обработанные Грибофитом и Имуназотом; ■ – измельченная растительные остатки ячменя, обработанные Грибофитом и Имуназотом + N.*

Отмечено значительное варьирование в слое 0...10 см глыбистой фракции >10 мм (18...29 % до внесения соломы и 17...42 % после внесения соломы). В целом, степень варьирования содержания остальных агрегатов изменялась от слабой (<10 %) до средней (10...20 %), иногда – сильной (>20 %).

Во всех вариантах опыта до внесения в почву растительных остатков ячменя после мокрого просеивания в слое 0...10 см и 10...20 см было установлено преобладание неводоустойчивых фракций <0,25 мм – соответственно 40...45 % и 34...43 %. Через 48 дней после заделки внесенных в почву растительных остатков ячменя и их частичного разложения величины этих показателей несколько снизились до 37...46 % и 33...43 % (рис. 4). При этом наибольшие изменения отмечены в вариантах с биопрепаратами, в варианте с их самостоятельным применении в слое 0...10 см на 4,0 %, 10...20 см – на 4,5 %, а при совместном использовании с 10 кг д.в. азота/т соломы – в слое 0...10 см на 3,5 %.

Увеличение количества водопрочных агрегатов через 48 дней после заделки внесенных в почву растительных остатков ячменя и их частичного разложения в вариантах с биопрепаратами в слое 0...10 см происходило вследствие увеличения содержания фракций 2...1 мм и 0,5...0,25 мм, в слое 10...20 см при внесении биопрепаратов – благодаря фракциям 5...3 мм, 3...2 мм, 2...1 мм, 1...0,5 мм, в варианте с сочетанием биопрепаратов и N – фракциям 1...0,5 мм и 0,5...0,25 мм.

Водоустойчивость почвы в слоях 0...10 см и 10...20 см до заделки растительных остатков ячменя оценивалась как хорошая, за исключением варианта с совместным внесением биопрепаратов с N в слое 10...20 см, где она характеризовалась как отличная (табл.2). По сравнению с предыдущим годом, отмечено снижение количества водопрочных агрегатов в почве, возможно, это связано с тем, что предшественником подсолнечника была озимая пшеница, характеризующаяся благоприятным воздействием на структуру почвы.

После заделки внесенных в почву растительных остатков ячменя в контроле и варианте с 10 кг д.в. азота/т соломы водоустойчивость почвы остается хорошей. Обработка измельченной соломы ячменя биопрепаратами как с N, так и без него способствовала увеличению суммы водопрочных агрегатов и формированию отличной водоустойчивости почвы – соответственно в слоях 0...10 см и 10...20 см и в слое 0...10 см.

2. Сумма водопрочных агрегатов и оценка водоустойчивости почвенной структуры чернозема типичного слабосмытого до и после заделки в почву растительных остатков ячменя

Вариант	Глубина, см	До заделки		На 48 день после заделки	
		%	оценка	%	оценка
Контроль	0...10	55±1	хорошая	55±1	хорошая
	10...20	56±2	хорошая	57±1	хорошая
Измельченная солома + 10 кг д.в. азота/т	0...10	56±1	хорошая	58±1	хорошая
	10...20	56±1	хорошая	57±2	хорошая
Измельченная солома, обработанная Грибофитом и Имуназотом	0...10	58±2	хорошая	61±2	отличная
	10...20	55±1	хорошая	58±1	хорошая
Измельченная солома, обработанная Грибофитом и Имуназотом + 10 кг д.в. азота/т	0...10	60±2	хорошая	63±2	отличная
	10...20	65±2	отличная	66±2	отличная

Таким образом, обработка измельченных растительных остатков подсолнечника или ячменя биопрепаратами (Грибофит, 5 л/га + Имуназот, 3 л/га) отдельно или совместно с 10 кг д.в. азота/т побочной продукции с последующей заделкой их в почву способствует улучшению структурного состояния чернозема типичного слабоэродированного, особенно в слое 0…10 см, в который поступало основное количество остатков, даже в засушливые периоды с гидротермическим коэффициентом 0,2 и 0,6.

Через 52 дня после заделки в почву стеблей подсолнечника, обработанных биопрепаратами, в слое 0…10 см содержание агрегатов размером 2…1 мм увеличилось в 2,1 раза (в контроле в 1,2 раза), глыбистой фракции >10 мм снизилось в 1,8 раза (в контроле в 1,1 раза). Количество водопрочных агрегатов >1мм превысило величину этого показателя до заделки в контроле и варианте с 10 кг д.в. азота/т побочной продукции соответственно в 2,0 и 3,0 раза, при использовании биопрепаратов – в 3,3 раза.

Во второй год исследований через 48 дней после заделки в почву измельченной соломы ячменя количество агрегатов размером 2...1 мм увеличилось в вариантах с биопрепаратами на 62…67 %, в контроле и варианте с 10 кг д.в. азота/т побочной продукции – соответственно на 25 и 18 %. Коэффициент структурности почвы в вариантах с биопрепаратами и их сочетанием с азотными удобрениями в слое 0…10 см был выше, чем в контроле, в 1,5...1,6, в слое 10…20 см – в 1,2...1,3 раза. Водоустойчивость почвы увеличилась до отличной.

Литература.

1. Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 244 с.

2. Mineral-organic associations: formation, properties, and relevance in soil environments / M. Kleber, K. Eusterhues, M. Keiluweit, et al. // Advances in Agronomy. 2015. Vol. 130. P. 1–140.

3. Microaggregates in soils / K. U. Totsche, W. Amelung, M. H. Gerzabek, et al. // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2018. V. 181. P. 104–136. doi:10.1002/jpln.201600451.

4. Теории и методы физики почв: коллективная монография / Под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.

5. Медведев В. В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). Харьков. Изд-во 13. 2008 г. 406 с.

6. Агроэкологическое состояние луговочерноземной почвы в условиях длительного орошения // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 15-19.

7. Ахметзянов М.Р., Хузина Г.К., Таланов И.П. Влияние растительной биомассы растений и приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели почвы и продуктивность культур в звене севооборота // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 11-16.

8. Структура чернозема типичного и содержание лабильных гумусовых веществ в почвенных агрегатах / Н. П. Масютенко, Б. М. Когут, О. В. Киселева и др. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2008. 36 с.

9. Shein E. V., Kharitonova G. V., Milanovsky E.Yu. Aggregation of natural disperse formations: value of organic matter, soluble salts and diatoms // Biogeosystem Technique. 2016. No 1 (7). С. 77–86.

10. Microbiological modification of kaolinite and montmorillonite surface: changes in physical and chemical parameters (model experiment) / E. V. Shein, N. V. Verkhovtseva, E. Yu. Milanovsky, et al. // Biogeosystem Technique. 2016. No 3 (9). С. 229–234.

11. Безлер Н. В., Черепухина И. В. Запашка соломы ячменя и продуктивность культур в зернопропашном севообороте // Земледелие. 2013. № 4. С. 11–13.

12. Русакова И. В. Влияние микробных препаратов и минерального азота на разложение соломы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3. С. 107–111.

13. Influence inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes / S. Abro, X. Tian, D. You, et al. // African Journal of Microbiology Research. 2011. Vol. 4 (19). P. 3054–3061.

14. Gaind S., Nain I. Chemical and biological properties of wheat soil in response to paddy straw incorporation and its biodegradation by fungal inoculants // Biodegradation. 2007. Vol. 18 (4). P. 495–503.

15. Microbial community structure and activity in wheat straw after inoculation with biological control organisms / W. Pfender, V. Fieland, L. Ganio, et al. // Applied Soil Ecology. 1996. Vol. 3.1.1. P. 69–78.

16. Богатырева Е. В. Использование соломоразлагающих биопрепаратов в зоне неустойчивого разложения Ставропольского края // Земледелие. 2013. № 8. С. 14–16.

17. Esther O. J., Hong T. X., Hui G. C. Influence of straw degrading microbial compound on wheat straw decomposition and soil biological properties // African Journal of Microbiology Research. 2013. Vol. 7 (28). P. 3597–3605.

18. Plant Residues Decomposition and Formation of Active Organic Matter in the Soil of the Incubation Experiments / V. M. Semenov, N. B. Pautova, T. N. Lebedeva, et al. // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 10. P. 1183–1194. doi: 10.1134/S1064229319100119.

19. Jensen E. S., Ambus P. Prospects for manipulating crop residues to control nitrogen mineralization-immobilisation in soil // K. Skogs-o. Lantbrakad. Tidskr. 2000. Vol. 139. No. 8. P. 25–42.

20. Богатырёва Е. В. Эффективность соломоразлагающих биопрепаратов в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Достижение науки и техники АПК. 2014. № 9. С. 31–33.

21. Брескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2020. № 3. С. 30–33.

22. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почвы. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

23. Шеин Е. В., Милановский Е. Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53–61.

Effect of treating by-product of crops with biopreparations on the structural state of slightly eroded typical chernozem

M. N. Masyutenko, N. P. Masyutenko, E. V. Dubovik, M. A. Priputneva
Kursk Federal Agricultural Research Center, 70b Karl Marx Street, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *The study aimed to determine the effect of treating crop by-product with biopreparations, combined application of nitrogen mineral fertilizers with plant residues and their combinations on the structural state of slightly eroded typical chernozem. The studies were carried out in 2018–2019 in the field experiment in the Kursk region. Soil sampling was carried out before the application of crushed by-product of crops and in 48–52 days after its incorporation in a grain-fallow-row crop rotation. The experiment design included the following treatment: crushed by-product was a control; crushed by-product + 10 kg of nitrogen per one ton of by-product (N); crushed by-product + Gribofit, 5 L/ha + Imunazot 3 L/ha (biological products); crushed by-product + biological products + N. We cultivated sunflower in 2018 and barley in 2019. In 51 days after sunflower stalks embedding in the variant with biological products, the number of aggregates 1–2 mm in size increased 2.1 times in a layer of 0–10 cm, the number of aggregates larger than 10 mm decreased 1.8 times. The number of water-resistant aggregates larger than 1 mm exceeded the initial value of this indicator in the control and with the application of N 2.0 and 3.0 times, respectively, in the variant with biological products – 3.3 times. In 48 days after the embedding of barley straw into the soil, the number of aggregates with the size of 1–2 mm increased in the variants with biological products by 62 and 67%, in the control and variant with N – by 25 and 18%, respectively. The coefficient of soil structure in the variants with biological products and their combination with N in the 0–10 cm layer was 1.5–1.6 times higher than in the control, and in the 10–20 cm layer – 1.2–1.3 times. The water-resistance of the soil increased with the use of biological products.*

Keywords: *slightly eroded typical chernozem; biopreparations; by-product; nitrogen mineral fertilizers; structural and aggregate composition; agronomically valuable aggregates; water-resistant aggregates; water resistance.*

Author Details: *M. N. Masyutenko, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: avatar_dark@mail.ru); N. P. Masyutenko, D. Sc. (Agr.), deputy director, chief research fellow; E. V. Dubovik, D. Sc. (Biol.), leading research fellow; M. A. Priputneva junior research fellow.*

For citation: *Masyutenko MN, Masyutenko NP, Dubovik EV, et al. [Effect of treating by-product of crops with biopreparations on the structural state of slightly eroded typical chernozem]. Zemledelie. 2021; (5): Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-14-19.*

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-20-26
УДК 633.18: 631.811.1: 631.416.1

Эффективность применения навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации на рисовых полях Кубани*

А. Х. ШЕУДЖЕН, академик РАН, доктор биологических наук, зав. кафедрой[1], зав. отделом[2] (e-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru)
О. А. ГУТОРОВА[1], доктор сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: oksana.gutorova@mail.ru)
Т. Н. БОНДАРЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент[1], ведущий научный сотрудник[2]
Х. Д. ХУРУМ[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор
В.П. ДЕГТЯРЕВА, аспирант[1], младший научный сотрудник[2]
П. Н. ХАЧМАМУК[2], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
С. В. Есипенко[1], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[1]Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, Краснодар, 350044, Российская Федерация
[2]Федеральный научный центр риса, пос. Белозерный, 3, Краснодар, 350921, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки эффективности применения навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации на рисовых полях Кубани. Полевой опыт с осенней и весенней заделкой навозной жижи в норме 30 т/га отдельно и с добавлением ингибитора нитрификации Entec FL DMPP был заложен на рисовой оросительной системе в Красноармейском районе Краснодарского края (2018–2020 гг.). Введение ингибитора нитрификации в навозную жижу в среднем за вегетацию риса сокращает потери аммонийного азота из почвы, по сравнению с контролем, минеральным фоном и навозной жижей без ингибитора, при осеннем внесении соответственно на 45,4; 13,2 и 11,1 %, при весеннем – на 52,5; 18,7 и 12,8 %. Добавление ингибитора нитрификации в навозную жижу сопровождается накоплением биогенных элементов в органах растений, особенно при осенней их заделке. В зависимости от фазы вегетации риса содержание азота в вегетативных органах растений возрастает на 0,07...0,19 %, в зерне – на 0,04 %; фосфора – на 0,02...0,08 и 0,04 %; калия – на 0,01...0,08 и 0,03 % соответственно. Прибавка урожая зерна риса от применения минеральных и органических удобрений варьирует от 2,32 до 2,78 т/га. Наибольшая урожайность и лучшее по качеству зерно отмечены при осенней заделке навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации, что обусловлено удалением из пахотного слоя почвы в осенне-зимний период токсичных для растений риса органических кислот, образующихся в восстановленной среде.

Ключевые слова: *рис (Oryza sativa), лугово-черноземная почва, навозная жижа, ингибитор нитрификации, минеральные удобрения, азот, урожайность.*

Для цитирования: *Эффективность применения навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации на рисовых полях Кубани / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Т. Н. Бондарева и др. // Земледелие. 2021. №5. С. 20–26. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-20-26*

Краснодарский край – основной регион выращивания риса в Российской Федерации, в котором посевы этой культуры занимают 117…120 тыс. га, а валовой сбор зерна в среднем ежегодно составляет 775 тыс. т. Уровень урожайности сортов риса определяется их генотипом, почвенно-климатическими условиями, гидромелиоративным состоянием оросительной системы и эффективностью научного агротехнического сопровождения. Благоприятные погодные условия Кубани позволяют при правильном использовании земель и применении удобрений получать стабильные высокие урожаи этой культуры. В научно-обоснованной системе удобрений одно из ведущих мест занимают органические как средство улучшения агрофизических, агрохимических и биологических свойств, а также водно-воздушного режима почв, характеризующих их плодородие [1, 2].

Навозная жижа – ценное азотно-калийное органическое удобрение. Однако в ходе различных биохимических реакций азот, вносимый в ее составе, может теряться в виде аммиака и закиси азота. Один из способов сокращения потерь, устранения загрязнений объектов окружающей среды и повышения эффективности применяемой навозной жижи – использование ингибиторов нитрификации [3, 4, 5]. Последние, это химические препараты, способные временно и избирательно снижать активность микроорганизмов, осуществляющих первый этап нитрификации, что обеспечивает консервацию в почве азота в аммонийной форме [6].

Цель исследований – оценить эффективность применения навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации на рисовых полях Кубани.

Работу выполняли на рисовой оросительной системе в Красноармейском районе Краснодарского края в 2018–2020 гг. По геоморфологическому районированию территория, на которой проводили исследования, входит в Кубанский дельтово-пойменный район и относится к Приазово-Предкавказской почвенной провинции степной зоны обыкновенных и южных черноземов, почвенного округа низовьев реки Кубань [1, 2].

Почва опытного участка – лугово-черноземная слабогумусная среднемощная глинистая на аллювиальных глинах. Агрохимическая характеристика почвы: $pH_{вод}$ – 6,6 ед.; содержание гумуса – 3,3 %; $N_{общ.}$ – 0,220 %; $C_{гк}$: $C_{фк}$=1,86; P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 39,5 мг/кг и 240 мг/кг соответственно [1].

Объекты исследования – навозная жижа и ингибитор нитрификации Entec FL DMPP. Навозная жижа – быстродействующее азотно-калийное удобрение с содержанием 0,2…0,3 % N, 0,4…0,5 % K_2O и 0,01 % P_2O_5. Основные азотистые вещества навозной жижи – мочевина, мочевая и гипуровая кислоты, которые под действием уробактерий превращаются в углекислый аммоний, легко распадающийся на углекислоту, аммиак и воду.

Ингибитор нитрификации Entec FL пролонгированного действия содержит ингибитор аммонийного азота DMPP (3,4-диметилпиразолфосфат), который замедляет процесс нитрификации и стабилизирует аммонийную форму азота в почве. Принцип его действия заключается в блокировании энзима почвенных бактерий Nitrosomonas – монооксигеназы аммония. Это ингибирует первый этап процесса нитрификации – окисление аммонийного азота до нитратного. Причем негативного воздействия на жизнедеятельность бактерий Nitrosomonas не происходит. В итоге аммонийный азот из удобрений сохраняется в почве длительный период времени.

Технология возделывания риса соответствовала рекомендациям ФНЦ риса [2]. Навозную жижу вносили осенью и весной из расчета 30 т/га и в тот же день заделывали в почву тяжёлыми дисками на глубину 8…10 см. Ингибитор нитрификации Entec FL добавляли в резервуар с навозной жижей и тщательно перемешивали. Схема опыта предусматривала следующие варианты:

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ – 20.1/48

1) без удобрений (контроль);

2) технология возделывания риса, принятая в хозяйстве ($N_{120}P_{80}K_{60}$) [2];

3) навозная жижа, 30 т/га (осень);

4) навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (осень);

5) навозная жижа, 30 т/га (весна);

6) навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации Entec FL (весна).

Посев риса проводили в первой декаде мая селекционной сеялкой рядовым способом, глубина заделки семян 1,0...1,5 см. Предшественник – рис 1 год. Общая площадь делянки – 1000 м², учётная – 736 м², повторность четырехкратная. Режим орошения – укороченное затопление. Сорт риса Полевик. Норма высева 7 млн всхожих семян на 1 га.

В течении вегетации риса проводили отбор проб почвы и растений. Почву отбирали единовременно во всех вариантах опыта до посева, по фазам вегетации (всходы, кущение, выметывание) и после уборки урожая риса из пахотного 0...20 см слоя. В ней определяли: $pH_{вод.}$ и Eh потенциометрическим методом, содержание обменно-поглощенного аммония в 2 %-ном растворе KCl по Кудеярову, нитратного азота в 0,05 %-ном растворе K_2SO_4 дисульфофеноловым методом, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – в 0,5 %-ном растворе CH_3COOH (*Агрохимические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова. Изд. 5-е. М: Наука, 1975. 656 с.*).

Растения отбирали в фазах всходы, кущение, выметывание и полная спелость зерна риса. В образцах определяли содержание общего азота, фосфора и калия по Куркаеву (*Куркаев В. Т., Шеуджен А. Х. Агрохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. 552 с.*).

Учет урожая проводили в фазе полной спелости зерна путем уборки учетной делянки с последующим обмолотом и взвешиванием. Массу зерна пересчитывали на стандартную влажность и чистоту согласно ГОСТ 3040-55. Исследования сопровождали биометрическим анализом растений и определением качества зерна (ГОСТ 10843-76, ГОСТ 10987-76, ГОСТ 10847-74, ГОСТ 10846-91, ГОСТ 10845-98).

Результаты исследований подвергали статистической оценке методами дисперсионного анализа и доверительного интервала в соответствии с руководством (*Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов. Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. 661 с.*).

Рисовый агроценоз – сложная агроэкологическая многокомпонентная система. Важнейший фактор, определяющий изменения и направленность почвенных процессов в ней, – окислительно-восстановительное состояние [7, 8, 9]. Затопление рисового поля привело к смене окислительных процессов восстановительными. До посева риса величина окислительно-восстановительного потенциала составляла 480 mV (±14 mV). В фазе всходов она уменьшилась на 59 mV в контроле и на 68...164 mV в вариантах с удобрениями. По мере увеличения длительности затопления окислительно-восстановительный потенциал резко снижался. Его отрицательные величины зафиксированы в фазе выметывания риса: –100...–187 mV. После сброса оросительной воды с чека и создания в почве аэробных условий окислительно-восстановительный потенциал возрастал (рис. 1).

Наибольшее снижение величин Eh наблюдали при весенней заделке навозной жижи как отдельно, так и совместно с ингибитором нитрификации. В этих вариантах в фазе выметывания зафиксированы минусовые значения –109 и –100 mV соответственно, что на 12 и 18 mV меньше, чем при осенней заделке.

Варианты заметно различались по величине pH, которая изменялась в течение вегетации риса от 6,29...6,35 ед. в фазе всходов до 6,13...6,23 ед. в выметывание. При этом наибольшие значения наблюдали в начале онтогенеза риса. Навозная жижа совместно с ингибитором нитрификации оказывала

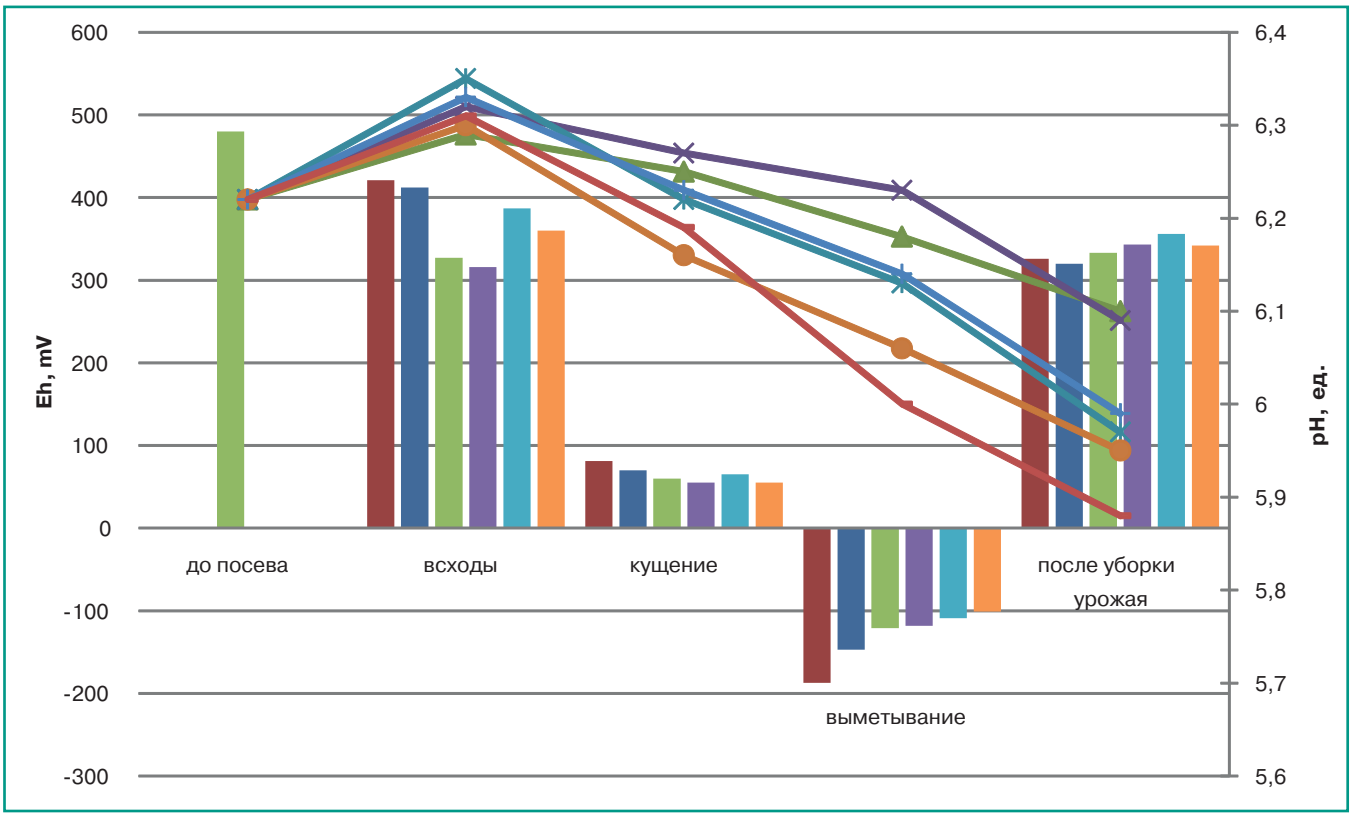


Рис. 1. *Динамика окислительно-восстановительного потенциала (столбцы) и величины pH (кривые) в почве рисового агроценоза: – контроль (без удобрений); – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); – навозная жижа, 30 т/га (осень); – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); – навозная жижа, 30 т/га (весна); – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна). $НСР_{05\,(всходы)}$ = 0,04 ед. и 9 mV; $НСР_{05\,(кущение)}$ = 0,04 ед. и 4 mV; $НСР_{05\,(выметывание)}$ = 0,06 ед. и 3 mV; $НСР_{05\,(после\ уборки\ урожая)}$ = 0,09 ед. и 5 mV.*

1. Динамика содержания нитратного азота в почве рисового агроценоза, мг/кг

Вариант*	До посева	Фаза вегетации			После уборки урожая
		всходы	кущение	вымётывание	
1	14,3±1,1	3,2±0,8	0,10±0,01	нет	5,80±0,06
2	14,3±1,1	7,3±0,6	0,70±0,02	нет	7,10±0,09
3	14,3±1,1	6,4±0,5	0,70±0,04	следы	6,60±0,07
4	14,3±1,1	4,8±0,7	0,30±0,02	нет	7,60±0,08
5	14,3±1,1	6,0±0,6	0,60±0,03	следы	6,90±0,06
6	14,3±1,1	5,1±0,5	0,20±0,03	нет	7,90±0,08
$НСР_{05}$	–	0,6	0,03	–	0,70

**варианты обозначены в схеме опыта.*

на почву подкисляющее воздействие. Их использование снижало величину pH за вегетацию риса, по сравнению с контролем, в среднем на 0,07 ед., с вариантом без ингибитора – на 0,06 ед. После сброса воды реакция почвенной среды уменьшалась, что связано с окислением восстановленных соединений кислородом воздуха (см. рис. 1).

До затопления рисового поля луговочерноземная почва характеризовалась довольно близкими величинами содержания нитратного (NO_3^-) и аммонийного азота (NH_4^+). С созданием в ней восстановительной среды количество нитратов снизилось в 2,0…4,5 раза. При этом в фазе всходов максимальное в опыте их содержание наблюдали в варианте с применением минеральных удобрений. Осенняя и весенняя заделка навозной жижи в почву сопровождалась более интенсивным восстановлением нитратов. В фазе кущения риса их наличие в почве контрольного варианта не превышало 0,1 мг/кг, в удобренных – 0,2…0,7 мг/кг, к вымётыванию растений нитраты не наблюдали в связи с их восстановлением. После сброса воды с рисового чека процессы нитрификации в почве возобновились и содержание нитратов увеличилось (табл. 1).

Значительное снижение содержания NO_3^- отмечали при введении в навозную жижу ингибитора нитрификации, по сравнению с вариантами без его использования: при осеннем внесении – на 1,6 мг/кг (33,3 %), при весеннем – на 0,9 мг/кг (17,6 %). Следовательно, при использовании навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации процессы денитрификации в почве усиливаются, а роль нитратов в азотном питании растений в период вегетации риса становится незначительной.

Азот, как лимитирующий элемент питания, доступен рису большей частью в аммонийной форме. Вследствие затопления почв и создания в них условий для восстановительных процессов, в период вегетации риса происходит трансформация соединений азота, а доминирующей его формой становится обменно-поглощенный аммоний.

После затопления рисового поля содержание аммонийного азота в почве возросло, по сравнению с допосевным периодом, на 5,5…15,4 мг/кг, или в 1,5…2,0 раза. Это связано со снижением темпа иммобилизации неорганического азота микроорганизмами из-за уменьшения их численности в затопленной почве и с минерализацией органических азотсодержащих соединений [10]. В последующие фазы развития растений количество обменно-поглощенного аммония в почве постепенно уменьшалось вследствие потребления рисом. В результате к фазе кущения оно было на 1,9…4,1 мг/кг меньше, чем в фазе всходов. Сброс воды с рисового поля при полной спелости зерна повлиял на процесс аммонификации, как следствие, содержание аммонийного азота в почве снизилось (рис. 2).

Внесенные минеральные удобрения по технологии хозяйства и навозная жижа отдельно и совместно с ингибитором нитрификации не изменяли характера динамики содержания аммонийного азота, но повлияли на его содержание в почве. В фазе всходов оно увеличивалось, относительно контроля, на 4,3…9,9 мг/кг, или 23,9…55,0 %. При этом если в варианте с внесением одних минеральных удобрений количество аммонийного азота в фазе всходов превышало контроль на 4,3 мг/кг (23,9 %), то при использовании навозной жижи осенью и весной – соответственно на 5,8 мг/кг (32,2 %) и 6,7 мг/кг (37,2 %), а в вариантах с ее заделкой в почву совместно с ингибитором нитрификации – на 7,1 мг/кг (39,4 %) и 9,9 мг/кг (55,0 %). Такое же превышение над контролем наблюдали в фазах кущения растений – соответственно на 5,9 мг/кг (37,2 %); 6,9 мг/кг (42,9 %) и 7,8 мг/кг (48,4 %); 8,3 мг/кг (51,6 %) и 9,1 мг/кг (60,8 %) и выметывания – на 5,5 мг/кг (36,6 %); 5,7 мг/кг (38,5 %) и 7,1 мг/кг (48,0 %); 8,4 мг/кг (56,8 %) и 9,0 мг/кг (56,5 %).

Одновременно в варианте с внесением минеральных удобрений количество аммонийного азота в почве, во время фазы входов, было на 1,5 мг/кг (6,7 %) меньше, чем при внесении навозной жижи с осени, и на 2,4 мг/кг (10,8 %), по сравнению с ее заделкой весной. В фазе кущения растений различия между вариантами по содержанию NH_4^+ сократились до 4,5 и 8,6 %, а в фазе выметывания – до 1,0 и 7,9 % соответственно.

Совместное применение навозной жижи и ингибитора нитрификации способствовало накоплению обменно-поглощенного аммония в почве. Его содержание было выше, чем в варианте с минеральным фоном, в фазе всходов при заделке осенью на 12,6 %, весной – на 25,1 %; в кущение – на 10,9 и 14,5 %; в фазе выметывания – на 14,3 и 17,2 % соответственно.

Независимо от срока внесения навозной жижи при добавлении в нее ингибитора нитрификации потери аммонийного азота снижались: в фазе всходов при заделке осенью на 5,5 %, весной – на 13,0 %; в кущение – на 6,1 и 5,4 %; в фазе выметывания – на 13,2 и 8,7 % соответственно.

Перед уборкой урожая риса, когда в почве преобладали аэробные условия, в варианте с минеральными удобрениями содержание аммонийного азота было больше, чем в контроле, на 1,8 мг/кг (16,5 %), а по сравнению с вариантами с навозной жижей с осени и весной, – на 1,3 мг/кг (12,0 %) и 1,2 мг/кг (11,0 %) соответственно. При осенней и весенней заделке навозной жижи с ингибитором нитрификации содержание NH_4^+ в почве в фазе полной спелости зерна превышало величину этого показателя до посева на 2,1 мг/кг (16,8 %) и 2,5 мг/кг (20,0 %), контроль – на 3,7 мг/кг (33,9 %)

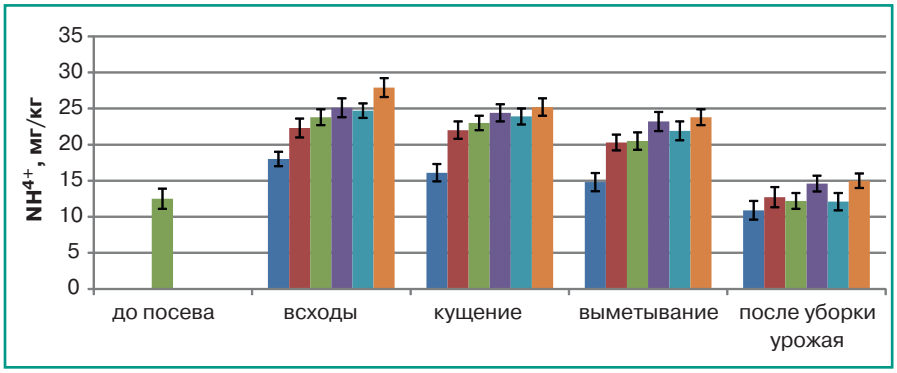


Рис. 2. Динамика содержания обменно-поглощенного аммония в почве рисового агроценоза: ■ – контроль (без удобрений); ■ – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); ■ – навозная жижа, 30 т/га (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га (весна); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна). $НСР_{05\ (всходы)}$ = 1,1 мг/кг; $НСР_{05\ (кущение)}$ = 1,2; $НСР_{05\ (выметывание)}$ = 1,8; $НСР_{05\ (после\ уборки\ урожая)}$ = 2,0 мг/кг.

и 4,1 мг/кг (37,6 %), вариант с минеральными удобрениями – на 1,9 мг/кг (15,0 %) и 2,3 мг/кг (18,1 %), варианты, удобренные только навозной жижей, – на 2,4 мг/кг (19,7 %) и 2,9 мг/кг (24,0 %) соответственно.

Таким образом, введение ингибитора нитрификации в навозную жижу сокращает потери азота и повышает обеспеченность растений этим биогенным элементом. В среднем за вегетационный период риса потери азота в аммонийной форме в этом варианте при заделке осенью сократились, по сравнению с контролем, минеральным фоном и внесением навозной жижи без ингибитора, соответственно на 45,4; 13,2 и 11,1 %, в варианте с заделкой весной – на 52,5; 18,7 и 12,8 %. Менее выраженное влияние ингибитора нитрификации при осенней заделке связано с погодными условиями. Более низкая температура воздуха осенью и более длительный временной промежуток от внесения удобрений до посева риса способствовали удалению органических и минеральных веществ из навозной жижи, а также их вымыванию из пахотного слоя почвы.

Динамика содержания подвижного фосфора имеет свои особенности, обусловленные специфическими условиями, создающимися в затопленной почве и поглощением этого элемента растениями риса (рис. 3). Его количество в почве постепенно увеличивалось до фазы выметывания, что связано с образованием в восстановительных условиях железофосфатов, а в вариантах с удобрениями, дополнительно, с внесением минерального фосфора. Различия с контролем в фазе всходов составляли 3,1...3,5 мг/кг (5,8...6,5 %), кущения – 2,4...3,5 мг/кг (4,3...6,4 %), выметывания – 2,9...3,6 мг/кг (5,1...6,3 %).

После сброса воды с чека в почве развиваются аэробные процессы, происходит окисление восстановленных элементов переменной валентности и, следовательно, снижение содержания подвижного фосфора. Его количество в почве уменьшилось, относительно фазы выметывания, на 13,4...18,4 %.

Таким образом, внесение минеральных и органических удобрений улучшает фосфатный режим лугово-черноземной почвы. Влияния навозной жижи и ее совместного использования с ингибитором нитрификации на изменение содержания в почве подвижного фосфора, по сравнению с минеральным фоном, не наблюдали.

Затопление почв рисовых полей способствует высвобождению части фиксированного калия из глинистых минералов в результате гидролиза [10]. Дополнительно этот элемент поступал с минеральным удобрением и навозной жижей. Динамика содержания подвижного калия в течении вегетации риса не

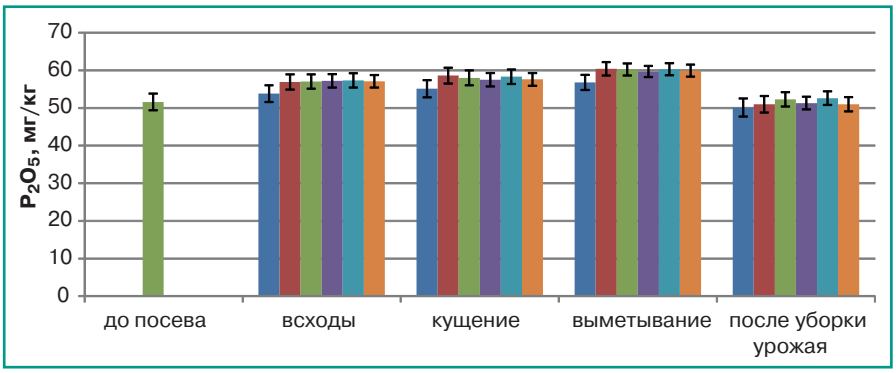


Рис. 3. Динамика содержания подвижного фосфора в почве рисового агроценоза: ■ – контроль (без удобрений); ■ – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); ■ – навозная жижа, 30 т/га (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га (весна); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна). $НСР_{05\ (всходы)}$ = 1,8 мг/кг; $НСР_{05\ (кущение)}$ = 1,4; $НСР_{05\ (выметывание)}$ = 1,9; $НСР_{05\ (после\ уборки\ урожая)}$ = 1,0 мг/кг.

была подвержена резким колебаниям. До посева и внесения удобрений оно составляло 224,6 мг/кг. После затопления почвы и создания в ней восстановительных условий в результате высвобождения калия из минералов монтмориллонитовой группы и внесенных удобрений содержание его подвижных форм в фазе всходов в контроле увеличивалось на 23,7 мг/кг (10,6 %), в вариантах с удобрениями – на 35,3...39,1 мг/кг (15,7...17,4 %). При этом внесение одних минеральных удобрений повышало величину этого показателя, относительно контроля, на 4,7 %, а заделка навозной жижи осенью и весной – на 5,1...5,3 и 5,6...6,2 % соответственно. После фазы кущения содержание подвижного калия в почве постепенно снижалось. В этот период интенсивность его поглощения растениями риса преобладала над мобилизацией из калийсодержащих минералов, что продолжалось до фазы выметывания (рис. 4).

Внесение минеральных и органических удобрений способствовало поддержанию калийного питания растений риса в течение всей вегетации. Содержание подвижного калия в удобренных вариантах было выше, чем в контроле, в фазе всходов на 11,6...15,4 мг/кг (4,7...6,2 %), в кущение – 9,4...14,9 мг/кг (4,0...6,4 %), в фазе выметывания – 1,7...10,8 мг/кг (0,7...4,7 %). В конце вегетации риса различия по величине этого показателя между вариантами с внесением минеральных удобрений и навозной жижи несколько сгладились. Смена восстановительного режим почвы на окислительный, сопровождающая сброс воды с рисового чека, привела к снижению содержания в ней подвижного калия. Это связано с образованием на поверхности калийсодержащих глинистых минералов «оксидных» пленок, ограничивающих подвижность его ионов [10].

Внесение минеральных и органических удобрений улучшало обеспеченность растений риса биогенными элементами. Наибольшее содержание азота, фосфора и калия в вегетативной массе отмечали у молодых растений в фазе всходов. По мере их роста и развития относительное количество элементов питания в вегетативных органах растений снижалось. Это связано как с нарастанием органической массы, так

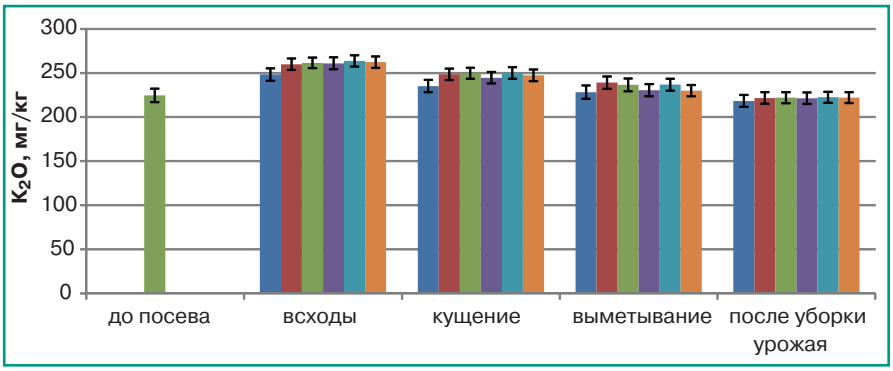


Рис. 4. Динамика содержания обменного калия в почве рисового агроценоза: ■ – контроль (без удобрений); ■ – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); ■ – навозная жижа, 30 т/га (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га (весна); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна). $НСР_{05\ (всходы)}$ = 2,0 мг/кг; $НСР_{05\ (кущение)}$ = 3,0; $НСР_{05\ (выметывание)}$ = 4,0; $НСР_{05\ (после\ уборки\ урожая)}$ = 3,0 мг/кг.

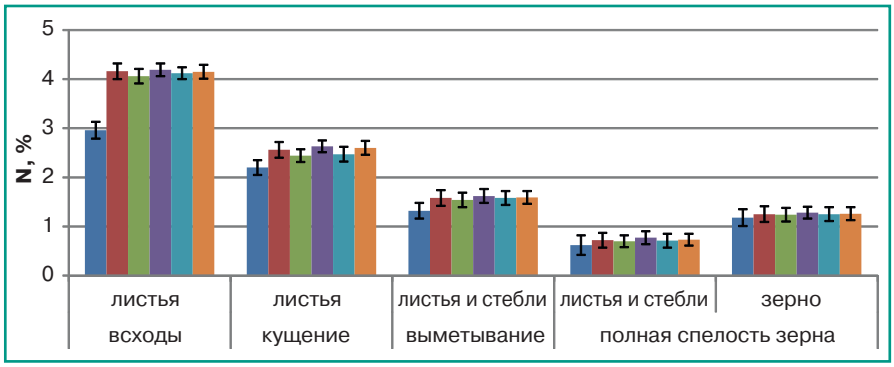


Рис. 5. Динамика содержания азота в органах растений риса: ■ – контроль (без удобрений); ■ – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); ■ – навозная жижа, 30 т/га (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га (весна); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна). $НСР_{05\ (всходы)}$ = 0,13 %; $НСР_{05\ (кущение)}$ = 0,13; $НСР_{05\ (выметывание)}$ = 0,07; $НСР_{05\ (полная\ спелость\ зерна)}$ = 0,05 и 0,02 %.

и с реутилизацией формирующимися генеративными органами [10].

Наибольшее поступление азота в растения риса отмечали в удобренных вариантах опыта (рис. 5). На фоне внесения минеральных удобрений его содержание в вегетативной массе превышало контроль на протяжении всей вегетации риса. Наибольшие различия отмечены в фазе всходов – 1,20 %, затем они сокращались до 0,10...0,36 %. При осенней заделке навозной жижи в почву увеличение содержания азота в надземных вегетативных органах растений, относительно контроля, составляло 1,10 % и 0,08...0,24 %, при весенней – 1,16 и 0,09...0,27 % соответственно. В зерне риса величина этого показателя при внесении минеральных удобрений, навозной жижи с осени и весной была соответственно на 0,07; 0,06 и 0,07 % больше, чем в контроле. Ингибитор нитрификации Entec FL, сокращая потери азота из навозной жижи, способствовал увеличению его содержания в вегетативных органах в фазе всходов при заделке осенью и весной на 1,23 и 1,19 %, кущения – на 0,43 и 0,40 %, выметывания – на 0,30 и 0,27 %, полной спелости – на 0,15 и 0,11 %, а также в зерне риса – на 0,10 и 0,08 % соответственно.

Наибольшее накопление азота в растениях риса отмечено при добавлении ингибитора нитрификации в навозную жижу. По сравнению с внесением навозной жижи без ингибитора с осени его содержание в надземных вегетативных органах в фазе всходов увеличивалось на 0,13 %, кущения – на 0,19 %, выметывания – на 0,08 %, полной спелости – на 0,07 %, в зерне – на 0,04 %. При весенней заделке эти различия составили соответственно 0,03; 0,13; 0,01; 0,02 и 0,01 %.

Минеральные и органические удобрения положительно повлияли на накопление фосфора и калия в органах растений риса. По отношению к контролю, их содержание в вегетативной массе в удобренных вариантах увеличивалось в фазе всходов соответственно на 0,16...0,21 и 0,24...1,16 %, кущения – на 0,08...0,14 и 0,12...0,18 %, выметывания – на 0,13...0,16 и 0,14...0,16 %, полной спелости – на 0,02...0,04 и 0,08...0,16 %, в зерне риса – на 0,03...0,08 и 0,02...0,05 %.

На накопление фосфора в органах растений в большей степени повлияла осенняя заделка в почву навозной жижи и ингибитора нитрификации. Содержание фосфора при внесении осенью увеличивалось, по сравнению с вариантом без добавления ингибитора, в вегетативной массе в фазе всходов на 0,05 %; кущения – на 0,08 %; выметывания – на 0,05 %; полной спелости – на 0,02 %, в зерне – на 0,04 %; весной – на 0,01; 0,02; 0,02;0,01 % и 0,03 % соответственно (рис. 6).

Наибольшее количество калия отмечали в растениях риса при внесении осенью навозной жижи с ингибитором нитрификации. По сравнению с вариантом без его добавления, содержание этого элемента в вегетативной массе в фазе всходов возрастало на 0,02 %; кущения – на 0,04 %; выметывания – на 0,01 %; полной спелости – на 0,08 %, в зерне – на 0,03 %. При весенней заделке удобрений различия по содержанию калия не превышали 0,02...0,03 % (рис. 7).

Внесенные удобрения улучшали обеспеченность растений элементами минерального питания и создавали благоприятные условия для формирования урожая (рис. 8). Прибавка урожая зерна риса от внесения минеральных и органических удобрений варьировала в пределах 2,32...2,78 т/га ($НСР_{05}$=1,82 т/га). В наибольшей степени на урожайность риса повлияло применение навозной жижи, которая была больше на 4,40...6,33 %, чем при внесении одних минеральных удобрений. Продуктивность рисового агроценоза заметно возрастала при включении ингибитора нитрификации в навозную жижу. При этом наибольшая прибавка урожая риса достигалась при заделки навозной жижи с осени и добавления в нее ингибитора нитрификации, которая отличалась от контроля и минеральной системы применения удобрений на 2,78 и 0,46 т/га соответственно. Меньшая эффективность навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации проявлялась при весеннем ее внесении, чем осеннем. Заделка весной увеличивала урожайность риса на 2,62 и 0,30 т/га по сравнению с контролем и минеральным фоном соответственно.

Урожайность риса при внесении в почву навозной жижи с ингибитором нитрификации увеличивалась, по сравнению с вариантом без его использования, на 0,14...0,15 т/га, или 1,84...2,02 %. Различия по прибавке урожая риса между осенним и весенним внесением, в пользу первого, составляли при использовании ингибитора нитрификации 2,11 %, без него – 2,29 %. Несмотря на то, что потери азота при весенней заделке навозной жижи модифицированной ингибитором нитрификации проявлялись в меньшей степени. Снижение эффективности этого агроприема, вероятно, обусловлено тем, что под влиянием восстановительных процессов при распаде органических соединений в затопленной почве

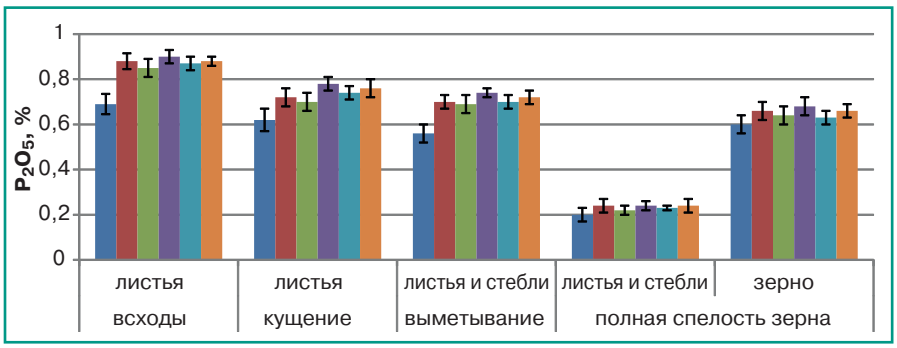


Рис. 6. Динамика содержания фосфора в органах растений риса: ■ – контроль (без удобрений); ■ – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); ■ – навозная жижа, 30 т/га (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га (весна); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна). $НСР_{05\ (всходы)}$ = 0,03 %; $НСР_{05\ (кущение)}$ = 0,02; $НСР_{05(выметывание)}$ = 0,02; $НСР_{05(полная\ спелость\ зерна)}$ = 0,02 и 0,03 %

Фото: гусеницы капустной моли Plutella xylostella, сканирующая электронная микрофотография

NEW*

Тройной удар против стойких вредителей

Беретта, МД

60 г/л бифентрина + 40 г/л тиаметоксама + 30 г/л альфа-циперметрина

Инновационный инсектицид в масляной формуляции с комбинированным механизмом действия

- Уничтожает наиболее вредоносных насекомых, в том числе капустную моль
- Проявляет мощный «нокдаун-эффект» и воздействует на все стадии развития вредителей
- Способствует уничтожению новой волны вредителей за счет длительного остаточного действия до 30 дней
- Сокращает кратность инсектицидных обработок вдвое
- Масляная формуляция обеспечивает лучший контакт с поверхностью листа и тела насекомого, усиливает стойкость к смыванию и испарению препарата

Культуры применения: рапс, зерновые культуры, картофель

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

*новый российский продукт

Реклама

Фото: срез яблока
под оптическим микроскопом

Соединяем
быстрый лечебный эффект
и длительную защиту

Медея, МЭ

+ 50 г/л дифеноконазола
30 г/л флутриафола

Уникальный микроэмульсионный фунгицид профилактического и лечебного действия для защиты садов и виноградников от широкого спектра болезней

- Высокая эффективность против плодовых гнилей, парши, оидиума
- Быстрый лечебный эффект благодаря инновационной препаративной форме
- Расширенный спектр фунгицидной активности благодаря эффективной комбинации двух активных веществ
- Сдерживание спорообразования патогенов, ослабление вторичного заражения
- Эффективность, не зависящая от выпадения осадков и перепадов температур
- Мягкий к культуре, не вызывает повреждений листьев и плодов
- Способствует длительному хранению урожая

Культуры применения: яблоня, виноград

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

Фото: склереиды в плодах груши,
200х увеличение

Соединяем
уникальный механизм действия
и раннюю защиту садов

Кантор, ККР

200 г/л ципродинила

Системный фунгицид в инновационной коллоидной формуляции для борьбы с комплексом заболеваний в садах и виноградниках

- Моментальное начальное действие и высокая искореняющая способность
- Устойчивость к смыванию осадками уже через 1 час после обработки за счет быстрого и глубокого проникновения
- Эффективная защита при любой инфекционной нагрузке
- Применение в ранневесенний период даже при пониженных температурах воздуха от +3°С
- Надежная защита от гнилей плодов в период формирования урожая
- Уникальный механизм действия против резистентных патогенов

Культуры применения:
виноград, яблоня, груша, слива, вишня, черешня

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

Фото: поверхность листа, многократное увеличение

Повышает количество и качество урожая

Ультрамаг Бор

+ 11% (150 г/л) бора
3,7% азота (50 г/л)

Жидкое удобрение в легкоусваиваемой форме для быстрого устранения дефицита и псевдодефицита бора

- Улучшает генеративное развитие и увеличивает качество пыльцы
- Снижает риск развития сердцевинной и сухой гнили на сахарной свекле
- Повышает зимостойкость, обеспечивает равномерное цветение и повышает урожайность на рапсе
- Индуцирует развитие клубеньковых бактерий на корнях бобовых и увеличивает завязываемость бобов
- Улучшает выполненность корзинки и повышает масличность на подсолнечнике
- Повышает количество цветочных почек и завязи на плодовых и ягодных культурах

Культуры применения: подсолнечник, рапс, сахарная свекла, бобовые, кукуруза, картофель, овощные, плодово-ягодные и другие

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

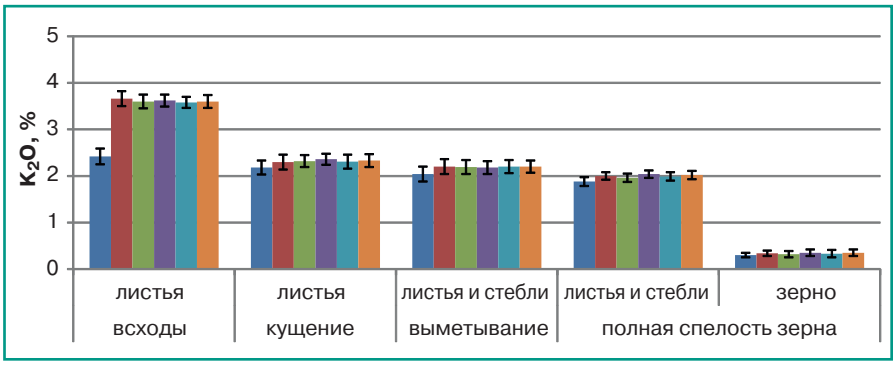


Рис. 7. Динамика содержания калия в органах растений риса: ■ – контроль (без удобрений); ■ – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); ■ – навозная жижа, 30 т/га (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); ■ – навозная жижа, 30 т/га (весна); ■ – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна). $НСР_{05\ (всходы)}$ = 0,02 %; $НСР_{05\ (кущение)}$ = 0,03; $НСР_{05\ (выметывание)}$ = 0,01; $НСР_{05\ (полная\ спелость\ зерна)}$ = 0,03 и 0,02 %

накапливался ряд органических кислот, особенно уксусной и масляной, токсично воздействующих на корневую систему растений [11]. Поэтому навозную жижу как отдельно, так и с ингибитором нитрификации лучше вносить заблаговременно, что обеспечит удаление в осенне-зимний период токсичных соединений из почвы. Кроме того, образующиеся органические кислоты довольно быстро разлагаются почвенной микрофлорой и при положительной температуре токсический эффект исчезает через 1,0...1,5 месяца [11].

Различия в урожайности риса нашли отражение в изменении показателей и структуры урожая. Сбор зерна при внесении навозной жижи с ингибитором нитрификации с осени возрастал, по сравнению с контролем и другими удобренными вариантами, соответственно вследствие увеличения числа зерен в метелке на 24,5 и 3,3...6,3 шт., массы зерна с одного растения – на 1,00 и 0,04...0,09 г и массы 1000 зерен – на 2,12 и 0,06...0,38 г.

Применение минеральных и органических удобрений способствовало улучшению биохимических и технологических показателей качества зерна риса по сравнению с контролем. При этом качество зерна, выращенного на фоне внесения минеральных удобрений было несколько лучше, чем при заделке в почву навозной жижи. Добавление ингибитора нитрификации способствовало формированию зерна лучшего качества, по сравнению не только с контролем, но и использованием навозной жижи в отдельности. Наилучшим по качеству было зерно в варианте с осенним внесением навозной жижи с ингибитором нитрификации. Этот агроприем позволил повысить, по сравнению с контролем и другими удобренными вариантами опыта, такие показатели, как количество белка в зерне соответственно на 0,60 и 0,12...0,24 %, выход крупы – на 5,50 и 0,50...2,10 % и содержание целого зерна в крупе – на 4,10 и 1,10...1,30 %.

Таким образом, введение ингибитора нитрификации в навозную жижу сокращает потери азота и повышает обеспеченность растений этим биогенным элементом. В среднем за вегетационный период риса потери аммонийного азота из почвы снижаются, по сравнению с контролем, минеральным фоном и навозной жижей без ингибитора при осеннем внесении соответственно на 45,4; 13,2 и 11,1 %, при весеннем – на 52,5; 18,7 и 12,8 %. При добавлении ингибитора нитрификации в навозную жижу происходит увеличение накопления биогенных элементов в органах растений, особенно при осенней заделке удобрения в почву. В зависимости от фазы вегетации риса содержание азота в вегетативных органах растений возрастает на 0,07...0,19 %, в зерне – на 0,04 %; фосфора – на 0,02...0,08 и 0,04 %; калия – на 0,01...0,08 и 0,03 % соответственно. Прибавка урожая зерна риса от применения минеральных и органических удобрений варьирует в пределах 2,32...2,78 т/га. Наибольшая урожайность и лучшее по качеству зерно формируются при осенней заделке навозной жижи, модифицированной ингибитором нитрификации.

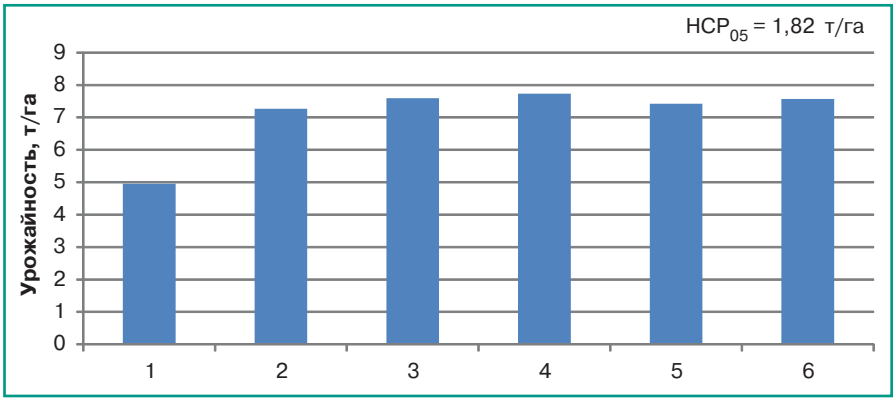


Рис. 8. Урожайность риса при внесении минеральных и органических удобрений: 1 – контроль (без удобрений); 2 – технология хозяйства ($N_{120}P_{80}K_{60}$); 3 – навозная жижа, 30 т/га (осень); 4 – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (осень); 5 – навозная жижа, 30 т/га (весна); 6 – навозная жижа, 30 т/га + ингибитор нитрификации (весна)

Литература.

1. Гуторова О. А., Шеуджен А. Х. Эколого-агрохимические состояние почв рисовых агроландшафтов: монография. Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2020. 348 с.

2. Система рисоводства Краснодарского края / под общ. ред. Е. М. Харитонова. Краснодар: ВНИИ риса, 2011. 316 с.

3. The mobility of nitrification inhibitors under simulated ruminant urine deposition and rainfall: a comparison between DCD and DMPP / K. A. Marsden, A. J. Marín-Mart nez, A. Vallejo, P. W. Hill, D. L. Jones, D. R. Chadwick // Biology and Fertility of Soils. 2016. Vol. 52. P. 491–503.

4. Trindade Influence of Two Nitrification Inhibitors (DCD and DMPP) on Annual Ryegrass Yield and Soil Mineral N Dynamics after Incorporation with Cattle Slurry / D. Fangueiro, A. Fernandes, J. Coutinho, H. N. Moreira // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2009. Vol. 40 (21-22). P 3387–3398.

5. Effects of combined application of organic and inorganic fertilizers plus nitrification inhibitor DMPP on nitrogen runoff loss in vegetable soils / Q. Yu, J. Ma, P. Zou et al. // Environ Sci Pollut Res. 2015. Vol. 22. P. 472–481.

6. Sheudzhen A. Kh., Gutorova O. A. Humus state of the soil under liquid manure application on Kuban rice crops // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. V. 659. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/659/1/012021/pdf (дата обращения: 23.05.2021).

7. Agrogenic soil evolution of rice agrolandscapes / A. Kh. Sheudzhen, O. A. Gutorova, E. V. Shein, V. A. Romanenkov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Sci ence. 2019. V. 368. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/368/1/012044/pdf (дата обращения: 23.05.2021).

8. Bahmanyar M. A. The Influence of Continuous Rice Cultivation and Different Waterlogging Periods on Morphology, Clay Mineralogy, Eh, pH and K in Paddy Soils Pakistan // Journal of Biological Sciences. 2007. № 10. P. 2844–2849.

9. Nikolayeva S. A. Stability of delta ecosystems under intensive irrigation for rice cultivation // Eurasian Soil Science. 1996. Vol. 28(11). P. 320–328.

10. Шеуджен А. Х. Агрохимия и физиология питания риса. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. 1012 с.

11. Мишустин Е. Н., Сидоренко О. Д. Влияние соломы на микробиологические процессы в затопляемых рисовых почвах // Повышение плодородия почв рисовых полей. М.: Наука, 1977. С. 31–49.

Efficiency of slurry modified with a nitrification inhibitor in rice fields in the Kuban

A. Kh. Sheudzhen[1,2], O. A. Gutorova[1], T. N. Bondareva[1], H. D. Hurum[1], V. P. Degtyareva[1,2], P. N. Khachmamuk[2], S. V. Esipenko[1]
[1]I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, ul. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044, Russian Federation
[2]Federal scientific rice centre, pos. Belozernyi, 3, Krasnodar, 350921, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to assess the efficiency of slurry modified with a nitrification inhibitor in the rice fields in the Kuban. A field experiment with autumn and spring incorporation of slurry at the rate of 30 t/ha, both separately and with the addition of the nitrification inhibitor Entec FL DMPP, was established at a rice irrigation system in the Krasnoarmeisky district of the Krasnodar Territory (2018–2020). The inclusion of the nitrification inhibitor in the slurry on average during the growing season of rice reduced the loss of ammonium nitrogen from the soil, in comparison with the control – the mineral background and slurry without the inhibitor, when applied in autumn, respectively, by 45.4, 13.2, and 11.1 %, in spring – by 52.5, 18.7, and 12.8%. The addition of the nitrification inhibitor to the slurry was accompanied by the accumulation of nutrients in plant organs, especially when applied in autumn. Depending on the growing phase of rice, the nitrogen content increased by 0.07–0.19% in the vegetative organs of plants and by 0.04% in grain; phosphorus – by 0.02–0.08% and 0.04%; potassium – by 0.01–0.08% and 0.03%, respectively. The increase in rice grain yield from the use of mineral and organic fertilizers varied from 2.32 to 2.78 t/ha. The highest yield and the best grain quality were obtained during the autumn incorporation of slurry modified with the nitrification inhibitor and was due to the removal of organic acids, toxic for rice plants in the reduced environment, from the arable soil layer in the autumn-winter period.*

Keywords: *rice (Oryza sativa); meadow chernozem soil; slurry; nitrification inhibitor; mineral fertilizers; nitrogen; yield.*

Author Detailis: *A. Kh. Sheudzhen, member of the RAS, D. Sc. (Biol.), head of department, head of division (e-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru); O. A. Gutorova, D. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: oksana.gutorova@mail.ru); T. N. Bondareva, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof., leading research fellow; H. D. Hurum, D. Sc. (Agr.), prof.; V. P. Degtyareva, post graduate student, junior researcher; P. N. Khachmamuk, Cand. Sc. (Agr.), Senior Researcher; S. V. Esipenko, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof.*

For citation: *Sheudzhen A Kh, Gutorova O A, Bondareva T N, et al. [Efficiency of slurry modified with a nitrification inhibitor in rice fields in the Kuban]. Zemledelie. 2021;(5):20-6. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-20-26*

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-26-31
УДК 631.442.4:632.931

Воздействие пестицидов и гуминового препарата на ферментативную активность чернозема

О. И. НАИМИ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: o.naimi@mail.ru)
О. С. БЕЗУГЛОВА, доктор биологических наук, главный научный сотрудник
В. А. ЛЫХМАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
М. Н. ДУБИНИНА, младший научный сотрудник
Е. А. ПОЛИЕНКО, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный Ростовский аграрный научный центр, ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский р-н, Ростовская обл., 346735, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки влияния обработок пестицидами и гуминовым препаратом BIO-Дон на ферментативную активность чернозема обыкновенного карбонатного. Работу выполняли в 2019–2020 гг. в условиях Ростовской области. Изучали активность ферментов гидролитической группы (инвертаза, уреаза и фосфатаза) и группы оксидоредуктаз (каталаза). Возделывали сорт нута Донплаза. Схема опыта предусматривала следующие варианты: пестициды и стимуляторы роста (фактор А) – без обработки, гуминовый препарат, два уровня химической и биологическая системы защиты растений, а также их сочетания с гуминовым препаратом; минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений, $N_{40}P_{40}K_{40}$. Согласно шкале Д. Г. Звягинцева, исследованный чернозем по каталазе относится к среднеобогащенным и богатым, по инвертазе и фосфатазе – к среднеобогащенным, по уреазе – к бедным. Активность каталазы в слое 0…20 см составляла 9,0…14,6 мл O_2 в 1 г почвы за 1 мин, инвертазы – 30,4…37,2 мг глюкозы на 1 г за 24 ч, фосфатазы – 2,08…4,26 мг P_2O_5 на 10 г за 1 ч, уреазы – 4,5…8,3 мг $N\text{-}NH_3$ на 10 г почвы за 24 ч. Обработка почвы и растений средствами химической защиты ингибировала активность уреазы в почве (снижение на 15,2…29,6 %) каталазы (на 9,6…20,7 %), инвертазы (на 3,8…15,6 %), но стимулировала активность фосфатазы (увеличение на 30,0…60,0 %). Обработка гуматами повышала активность инвертазы и в меньшей степени каталазы и уреазы, но ингибировала активность фосфатазы. При обработке средствами биологической защиты растений происходила стимуляция активности каталазы и ингибирование активности инвертазы и уреазы, активность фосфатазы сохранялась в пределах 2,8…3,5 мг P_2O_5/10 г/1 ч как с применением гуматов, так и без них.

Ключевые слова: *чернозем, ферменты, каталаза, уреаза, фосфатаза, инвертаза, гуминовый препарат, обработка, пестициды, гербициды.*

Для цитирования: *Воздействие пестицидов и гуминового препарата на ферментативную активность чернозема / О. И. Наими, О. С. Безуглова, В. А. Лыхман, и др. // Земледелие. 2021. № 5. С. 26–31. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-26-31.*

Современные технологии выращивания сельскохозяйственных растений обязательно предусматривают использование средств для их защиты, в связи с чем неизбежна пестицидная нагрузка на почву, которая может привести к изменению экологической стабильности почвы и последующей ее деградации. Пестициды, попадая в почву, могут накапливаться в ней, взаимодействовать с почвенными микроорганизмами, а также поступать в сопредельные среды – грунтовые воды, реки и др. Безопасность использования пестицидов можно оценить как на основании эколого-токсикологических показателей, по реакции живых организмов, так и по результатам изучения биологической активности почвы, в частности, по активности почвенных ферментов [1, 2].

Ферментативная активность характеризует потенциальную способность почвы к осуществлению различных биохимических реакций. Почвенные ферменты представляют собой высокомолекулярные белковые вещества, иммобилизованные в твердой фазе, либо стабилизированные в почвенном растворе, источниками которых служат почвенные микроорганизмы и корневые выделения растений. Это природные биокатализаторы специфических процессов превращения органических остатков и гумуса, включенных в биохимические циклы углерода, азота, фосфора и других элементов [3, 4].

Ферменты участвуют в важнейших процессах, составляющих основу почвенного метаболизма, – в трансформации поступающих в почву угле-

водов, азотных и фосфорорганических соединений, биосинтезе гумуса и др. Тем самым они в какой-то мере определяют направление и выраженность почвообразовательных процессов, уровень плодородия, контролируют эволюцию почвы и характеризуют степень нарушений агроэкосистем, возникающих под влиянием естественных и антропогенных факторов.

Каталаза относится к классу оксидоредуктаз, катализирующих в почве окислительно-восстановительные реакции. В результате биохимических реакций окисления органических соединений, метаболизма аэробных микроорганизмов и в процессе дыхания растений в почве образуется перекись водорода, токсичная для растений. Важная роль этого фермента заключается в разрушении перекиси до молекулярного кислорода и воды [1]. Его активность в значительной мере зависит от влажности почвы, реакции среды (pH) и температурного режима. Избыточная влажность почвы, как и недостаток влаги и тепла отрицательно сказываются на скорости ферментативных реакций. Оптимальные значения pH для каталазы составляют 7,2...8,3 ед.

Гидролазы представлены в почвах довольно обширными группами ферментов, которые расщепляют пептидные, кислотно-ангидритные, сложноэфирные, гликозидные и некоторые другие связи в высокомолекулярных органических соединениях, высвобождая доступный для растений и микроорганизмов азот и фосфор [5].

Инвертаза участвует в биохимической трансформации углеводов, расщепляя гликозидные связи сахарозы и ее производных до мономеров. Наибольшая активность инвертазы характерна для верхней части гумусового профиля. Она тесно коррелирует с содержанием гумуса и убывает вниз по профилю почвы.

Фосфатаза катализирует гидролиз фосфорорганических соединений по фосфорно-эфирным связям и отвечает за минерализацию органического фосфора, а ее активность характеризует интенсивность связанных с фосфором биохимических процессов. Высвобождая фосфорную кислоту из органических соединений, поступающих в почву с растительными остатками, этот фермент играет важную роль в обеспечении растений доступным фосфором. При его недостатке в почве происходит дополнительное выделение ферментов микроорганизмами и растениями, что ведет к росту фосфатазной активности, а при избытке активность фосфатазы снижается.

Уреаза катализирует гидролиз карбамида (мочевины), расщепляя связь межу азотом и углеродом (CO–NH). В почвы агроценозов карбамид в значительном количестве вносится в форме азотного удобрения, а также поступает с навозом и растительными остатками. В самой почве карбамид образуется в качестве промежуточного продукта в процессе превращения азотистых органических соединений – белков и нуклеиновых кислот. Реакцию гидролиза карбамида можно рассматривать как процесс экологической минерализации органических азотсодержащих соединений, в результате которого водорастворимый субстрат (мочевина) трансформируется в летучие продукты – аммиак и углекислый газ. В итоге мочевина превращается в легкоусвояемую аммонийную соль – непосредственный источник азотного питания для автотрофных организмов, в том числе высших растений [1]. В почве уреаза связана с органоминеральным комплексом и обладает высокой устойчивостью к ингибирующим факторам. Оптимальная реакция среды для уреазы – 6,5...7,0 ед. pH. В кислой и сильнощелочной среде ее активность снижается. Наибольшая активность уреазы характерна для гумусового горизонта и уменьшается вниз по профилю.

Уровень ферментативной активности почвы определяет не только биотический компонент, но и гидротермический режим, агрохимические и физико-химические свойства. В почвах агроценозов мощным фактором выступает антропогенное воздействие, в частности, механическая обработка, внесение минеральных и органических удобрений, химических средств защиты растений, стимуляторов роста. Большинство используемых препаратов обладает высокой физиологической и химической активностью, поэтому даже в небольших количествах они могут оказывать влияние на уровень ферментативной активности почвы, изменяя его в ту или иную сторону [3, 7, 8].

Воздействие средств защиты и гуминовых препаратов на ферментативную активность почв неоднократно обсуждалось в литературе [9, 10, 11]. Однако данные противоречивы, отмечается как стимулирующее, так и ингибирующее влияние различных препаратов на ферменты. Это связано не только с многообразием применяемых средств, но и со сложностью процессов, протекающих в системе «почвы-микроорганизмы-растения», разнообразием почв и природно-климатических условий, в которых они находятся.

Негативное влияние пестицидов на биологическую активность почвы чаще всего выражается в снижении численности и изменении видового состава микробиологических сообществ, а также в уменьшении активности почвенных ферментов, что, в свою очередь, сказывается на содержании и составе гумуса, а также состоянии почвенной структуры – свойствах, определяющих плодородие почвы [9, 12, 13]. Прямое воздействие пестицидов на ферментативную активность заключается в непосредственном разрушении, активировании или ингибировании ферментов, косвенное – во влиянии на источники (микроорганизмы и растения), продуцирующие ферменты [2]. Один из способов снижения токсического действия пестицидов – их применение в сочетании с другими препаратами, действие которых направлено на улучшение состояния растений и снижение пестицидного стресса [10, 14, 15].

Цель исследований – изучить ферментативную активность чернозема обыкновенного карбонатного под посевами нута в зависимости от обработок пестицидами и гуминовым препаратом в условиях Приазовской сельскохозяйственной зоны Ростовской области.

Полевые опыты закладывали в 2019–2020 гг. на полях ФГБНУ ФРАНЦ в Аксайском районе Ростовской области, расположенном в Приазовской почвенно-климатической зоне. Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, согласно номенклатуре Мировой реферативной базы почвенных ресурсов 2014 г. [16] – Calcic Chernozem (Loamic). Содержание гумуса в пахотном слое (0...20 см) почвы составляло 3,7...4,2 %, общего азота – 0,22...0,24 %, общего фосфора – 0,17...0,18 %, валового калия – 2,3...2,4 %, нитратного азота в вариантах без внесения удобрений на протяжении всего периода исследований – 3,0...8,6 мг/кг, аммонийного азота – 12,5...15,3 мг/кг, подвижного фосфора и калия (по Мачигину) – соответственно 13,8...25,5 мг/кг и 336...453 мг/кг. Высевали сорт нута Донплаза, предшественник – озимая пшеница. Схема опыта предусматривала изучение влияния различных схем применения пестицидов и стимуляторов роста (фактор А, табл. 1) на фоне двух систем минерального удобрения (фактор В) – без внесения, $N_{40}P_{40}K_{40}$. Повторность опыта – трехкратная.

Образцы почвы отбирали из пахотного слоя в середине апреля до обработки средствами защиты перед посевом нута и в конце июня через 15 дней после применения гуминового препарата. Технология возделывания нута – рекомендованная для Приазовской зоны Ростовской области.

1. Сведения о применяемых в опыте пестицидах и регуляторах роста

Вариант	Обозначение	Использованные препараты		
		вид	наименование	доза внесения
Без обработки (контроль)	К	–	–	–
Гуминовый препарат	Г	стимулятор роста, адаптоген	BIO-Дон 10	0,3 л/га
Химическая система защиты 1	Х1	гербицид инсектицид	Гезагард, КС Би-58 Новый, КЭ	3 л/га 1,0 л/га
Химическая система защиты 1 + гуминовый препарат	Х1+Г	гербицид инсектицид стимулятор роста, адаптоген	Гезагард, КС Би-58 Новый, КЭ BIO-Дон 10	3 л/га 1,0 л/га 0,3 л/га
Химическая система защиты 2	Х2	фунгицид гербицид фунгицид инсектицид	Синклер, СК Лазурит, СП Оптимо, КЭ Амплиго, МКС	0,6 л/т 1 кг/га 0,5 л/га 0,2 л/га
Химическая система защиты 2 + гуминовый препарат	Х2+Г	фунгицид гербицид фунгицид инсектицид стимулятор роста, адаптоген	Синклер, СК Лазурит, СП Оптимо, КЭ Амплиго, МКС BIO-Дон 10	0,6 л/т 1 кг/га 0,5 л/га 0,2 л/га 0,3 л/га
Биологическая система защиты	Б	фунгицид биофунгицид	Планриз Геостим	0,3 л/т 1 л/га
Биологическая система защиты + гуминовый препарат	Б+Г	фунгицид биофунгицид стимулятор роста, адаптоген	Планриз Геостим BIO-Дон 10	0,3 л/т 1 л/га 0,3 л/га

В качестве стимулятора роста и адаптогена в исследованиях использовали гуминовый препарат BIO-Дон 10, произведенный из вермикомпоста путем щелочной экстракции, с содержанием органического вещества гуминовых и фульвокислот 10 г/л. Обработку почвы и растений проводили разбавленным до оптимальной концентрации (0,001 %) раствором препарата с расходом рабочей жидкости 300 л/га.

В варианте с химической системой защиты 1 при выращивании нута применяли гербицид Гезагард, КС (500 г/л прометрина), относящийся к классу триазинов (*Справочник пестицидов и агрохимикатов 2021. URL: https://www.agroxxi.ru/goshandbook*). Это системный препарат широкого спектра действия против двудольных и однодольных сорняков, поэтому при выращивании зернобобовых культур обработку почвы Гезагардом проводят только до появления всходов. В зависимости от внесенного количества препарат сохраняет свою активность в почве в течение 2...14 месяцев. В силу невысокой растворимости в воде триазины удерживаются в верхнем слое почвы и подвергаются обычным процессам воздействия – поглощению почвенными коллоидами и растениями, фоторазложению, в меньшей степени – испарению и вымыванию. Гербициды на основе триазинов наименее токсичны среди других классов химических соединений, однако увеличение их дозировки приводит к снижению численности всех групп микроорганизмов [13]. Это следует учитывать, так как для почв с тяжелым гранулометрическим составом, к числу которых относятся и черноземы Северного Приазовья, рекомендуются более высокие дозировки триазинов, к тому же засушливость климата и близкая к щелочной реакция среды черноземов ведет к снижению скорости распада, что увеличивает период активного действия препарата в почве.

В качестве альтернативного гербицида (химическая система защиты 2) использовали Лазурит, СП (700 г/кг метрибузина). Это системный препарат избирательного спектра действия против однодольных и двудольных сорняков, относится к классу триазинонов. Как и Гезагард, Лазурит рекомендуется применять только до появления всходов. Его действующее вещество активно проникает через наземные части и способно абсорбироваться корневой системой, перемещаясь к точке роста внутри побега, вызывая блокирование фотосинтеза и отмирание зеленой части растения. В почве метрибузин разлагается в течение трех месяцев и может оказывать токсическое действие на возделываемую культуру, которое проявляется на фоне стресса из-за недостаточного или избыточного количества влаги в почве, поражения болезнями или вредителями.

Для борьбы с широким спектром болезней, передающихся с семенами и через почву, использовали Синклер – концентрированный фунгицидный протравитель семян. По вегетации применяли контактный фунгицид Оптимо, КЭ (200 г/л пираклостробина). Пираклостробин разрушается под воздействием солнечного света, но при попадании в почву сохраняет стабильность до 10 лет. При регулярном использовании, особенно с превышением рекомендуемых дозировок, он накапливается в почве и может не только вызвать токсический эффект для патогенной микрофлоры, но и снизить численность всех групп микроорганизмов в поверхностном слое [13, 17].

Для борьбы с такими вредителями как хлопковая совка, гороховая тля, гороховая плодожорка, гороховая зерновка, использовали инсектициды Би-58 Новый, КЭ (400 г/л диметоата) и Амплиго, МКС (50 г/л лямбда-цигалотрина + 100 г/л хлорантранилипрола). Би-58 Новый относится к классу фосфорорганических соединений, проявляет сильное контактное и системное инсектицидное и акарицидное действие. Его действующее вещество диметоат – высокотоксичное соединение с периодом полураспада более 1 месяца, поэтому применяют его в начале вегетации растений. Препарат Амплиго – кишечный и контактный инсектицид, относится к классу перитроидов. Эта группа химических соединений отличается высокой селективностью и обладает липофильностью – способностью прилипать и удерживаться на поверхности листьев.

Из средств биологической системы защиты применяли препарат Планриз – контактный биологический фунгицид, содержащий *Pseudomonas fluorescens* штамм AP 33. Он эффективен против гнили, мучнистой росы, бурой ржавчины, пятнистостей, обладает биостимулирующим действием. Используется для предпосевной обработки семян.

Для ускорения процессов разложения растительных остатков в поверхностном слое почвы и подавления развития фитопатогенов применяли микробиологический препарат Геостим, в состав которого входят гриб *Trichoderma* и ассоциативные микроорганизмы. Геостим используют для биологического контроля и защиты от широкого круга болезней, вызываемых грибами. Ассоциативные микроорганизмы, входящие в состав препарата, оказывают стимулирующее воздействие, формируя симбиотические связи с культурными растениями. При обработке вегетирующих растений усиливаются биохимические процессы, дыхание и фотосинтез, повышается активность растительных ферментов [9].

Ферментативную активность почвы определяли по активности ферментов класса гидролаз (инвертазы, фосфатазы, уреазы) и оксидоредуктаз (каталазы). Анализ проводили в сухих образцах почвы, очищенных от растительных остатков и просеянных

2. Динамика активности каталазы (см³ O_2 на 1 г почвы за 1 мин) в зависимости от фона удобрений и системы защиты растений

Препарат (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)							
	без удобрений				$N_{40}P_{40}K_{40}$			
	апрель	июнь	Δ1*	Δ2	апрель	июнь	Δ1	Δ2
К	11,6 ± 1,2	10,0 ± 0,4	-1,6	-	11,9 ± 0,5	9,9 ± 0,2	-2,0	-
Г	11,0 ± 0,9	10,9 ± 1,7	-0,1	+0,9	11,6 ± 1,5	11,0 ± 0,2	-0,6	+1,1
Х1	11,4 ± 1,6	10,3 ± 1,0	-1,1	+0,3	11,9 ± 0,3	10,0 ± 0,7	-1,9	+0,1
Х1+Г	11,3 ± 1,5	11,2 ± 0,8	-0,1	+1,2	11,5 ± 0,9	10,3 ± 1,5	-1,2	+0,4
Х2	12,3 ± 0,9	10,3 ± 1,1	-2,0	+0,3	12,1 ± 1,6	9,6 ± 0,7	-2,5	-0,3
Х2+Г	11,2 ±1,5	11,4 ±0,8	+0,2	+1,4	11,9 ± 2,2	10,7 ± 1,3	-1,2	+0,8
Б	10,9 ± 1,5	10,3 ± 1,5	-0,6	+0,3	11,2 ± 1,4	11,3 ± 0,8	+0,1	+1,4
Б+Г	10,9 ± 1,0	12,2 ± 0,9	+1,3	+2,2	10,8 ± 0,7	11,9 ± 0,7	+1,1	+2,0
$НСР_{0,5}$				1,1				1,7

**Δ1 – разница при определении до и после обработки растений препаратами; Δ2 – разница при сравнении с контролем (после обработки препаратами).*

через сито с диаметром отверстий 1 мм по общепринятым методикам (*Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.*). Активность каталазы определяли газоволюметрическим методом – по объему выделившегося кислорода, образующегося при взаимодействии перекиси водорода с почвой; фосфатазу – методом гидролиза фенолфталеинфосфата натрия; инвертазу – фотоколориметрическим методом, основанным на количественном учете восстанавливающих сахаров, образующихся при расщеплении сахарозы под действием фермента, по Бертрану. Уреазу определяли методом А. Ш. Галстяна в нашей модификации с измерением аммиака фотометрированием окрашенного раствора индофенольного соединения, образующегося при взаимодействии аммония с салицилатом и гипохлоритом натрия в щелочной среде [18]. Математическую обработку данных проводили методами вариационной статистики (*Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.*).

Средняя активность каталазы в слое 0...20 см чернозема обыкновенного под нутом по вариантам составляла 9,6...12,3 мл O_2 в 1 г почвы за 1 мин. (табл. 2). Коэффициент вариации величины этого показателя до обработки препаратами на неудобренном фоне составлял 4,1 %, на удобренном – 3,8 %, что указывает на незначительную разницу рассеивания данных. После использования средств защиты растений он возрастал до 6,4 % и 7,4 % соответственно фонам удобрений. По шкале Д. Г. Звягинцева [19] для оценки степени обогащенности почв ферментами чернозем по активности каталазы в большинстве случаев попадает в категорию богатых (10...30 O_2 см³/г за 1 мин).

После обработки средствами химической защиты растений выявлена тенденция снижения активности каталазы в почве. Наиболее четко она была выражена на фоне удобрений, разница между активностью фермента до и после обработки препаратами на неудобренном фоне при использовании системы химической защиты 1 составляла 1,1 см³ O_2 на 1 г почвы за 1мин, системы 2 – 2,0 см³ O_2 на 1 г почвы за 1мин при $НСР_{0,5}$ = 1,1 см³ O_2 на 1 г почвы за 1мин, а на фоне удобрений – соответственно 1,9 и 2,5 см³ O_2 на 1 г почвы за 1мин при $НСР_{0,5}$ = 1,7 см³ O_2 на 1 г почвы за 1мин.

Обработка гуминовым препаратом оказывала стабилизирующее влияние на активность каталазы. Отмечено статистически значимое ее повышение, по сравнению с контролем, в вариантах Х1+Г и Х2+Г на неудобренном фоне. То есть включение гуминового препарата в обработку несколько снижает негативное влияние средств защиты растений на активность каталазы, но не восстанавливает ее полностью.

При обработке нута биологическими средствами защиты совместно с гуминовым препаратом BIO-Дон 10 отмечена стимуляция активности каталазы, которая проявилась на неудобренном и удобренном фонах. Зафиксировано ее увеличение соответственно на 11,9 % и 10,2 %.

По инвертазной активности почва относится к категории среднеобогащенных [19]. В среднем она находилась на уровне 30,6...37,2 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч (табл. 3). Коэффициент вариации величины этого показателя до обработки препаратами на неудобренном и удобренном фонах составлял соответственно 4,9 и 2,8 %, что свидетельствует о незначительной разнице между вариантами. После обработки препаратами он вырос соответственно до 6,8 и 6,2 %.

После применения различных средств защиты растений во всех вариантах отмечено снижение активности инвертазы. Наибольшее статистически значимое уменьшение зафиксировано в варианте с Гезагардом – на 7,2 % без применения удобрений и на 15,6 % на удобренном фоне. В то же время произошло снижение инвертазной активности и в контроле, где никаких препаратов не вносили, что, вероятно, можно связать с определенными сезонными явлениями (уменьшение влажности почвы, повышение температуры, усиление минерализационных процессов и др.).

В контроле и в вариантах с химической системой защиты на неудобренном фоне обработка гуматами позволяет стабилизировать активность инвертазы. Так, в вариантах Г и Х1+Г отмечено статистически значимое

3. Динамика активности инвертазы (мг глюкозы на 1 г за 24 ч) в зависимости от фона удобрений и системы защиты растений

Препарат (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)							
	без удобрений				$N_{40}P_{40}K_{40}$			
	апрель	июнь	Δ1*	Δ2	апрель	июнь	Δ1	Δ2
К	36,0 ± 1,7	34,2 ± 1,1	-1,8	-	36,0 ± 1,1	34,7 ± 1,0	-1,3	–
Г	36,6 ± 1,0	36,6 ± 1,0	0,0	+2,4	36,6 ± 1,0	37,0 ± 0,8	+0,4	+2,3
Х1	36,1 ± 1,1	33,5 ± 1,4	-2,6	-0,7	36,0 ± 1,0	30,4 ± 0,3	-5,6	-4,3
Х1+Г	36,2 ± 1,2	36,5 ± 0,8	+0,3	+2,3	35,7 ± 0,7	36,6 ± 1,0	+0,9	+1,9
Х2	31,8 ± 1,6	30,6 ± 1,0	-1,2	-3,6	36,0 ± 1,2	33,5 ± 0,7	-2,5	-1,2
Х2+Г	33,9 ± 0,9	30,7 ± 1,2	-3,2	-3,5	34,2 ± 0,9	34,3 ± 1,3	+0,1	-0,3
Б	36,8 ± 0,8	35,0 ± 1, 6	-1,8	+0,8	34,4 ± 1,8	33,0 ± 0,9	-1,4	-1,7
Б+Г	36,4 ± 1,0	33,9 ± 0,9	-2,5	-0,3	37,2 ± 0,8	35,7 ± 1,4	-1,5	+1,0
$НСР_{0,5}$				1,9				1,0

**Δ1 – разница при определении до и после обработки растений препаратами; Δ2 – разница при сравнении с контролем (после обработки препаратами).*

4. Динамика активности фосфатазы (мг P_2O_5 на 10 г за 1 ч) в зависимости от фона удобрений и системы защиты растений

Препарат (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)							
	без удобрений				$N_{40}P_{40}K_{40}$			
	апрель	июнь	1*	2	апрель	июнь	Δ1	Δ2
К	2,7 ± 0,9	3,8 ± 1,1	+1,1	-	2,7 ± 0,4	3,5 ± 0,1	+0,8	-
Г	2,5 ± 0,7	3,3 ± 0,5	+0,8	-0,5	2,4 ± 0,5	2,9 ± 0,5	+0,5	-0,6
Х1	2,9 ± 0,6	4,3 ± 0,2	+1,4	+0,4	2,3 ± 0,4	3,5 ± 0,2	+1,2	0,0
Х1+Г	2,7 ± 0,4	4,3 ± 0,7	+1,6	+0,4	2,1 ± 0,6	2,9 ± 0,4	+0,8	-0,6
Х2	2,5 ± 0,7	4,0 ± 0,1	+1,5	+0,2	2,5 ± 0,2	3,4 ± 0,8	+0,9	-0,1
Х2+Г	2,6 ± 1,0	3,6 ± 0,1	+1,0	-0,2	2,6 ± 0,4	3,8 ± 0,6	+1,2	+0,3
Б	3,5 ± 0,5	3,5 ± 0,7	0,0	-0,4	2,8 ± 0,2	2,8 ± 0,2	0,0	-0,7
Б+Г	3,2 ± 0,2	3,2 ± 1,0	0,0	-0,6	2,9 ± 0,5	2,9 ± 0,7	0,0	-0,6
$НСР_{0,5}$				1,0				0,6

**Δ1 – разница при определении до и после обработки растений препаратами; Δ2 – разница при сравнении с контролем (после обработки препаратами).*

повышение ее уровня, по отношению к контролю (соответственно на 6,7 и 6,3 %). В вариантах с биологической системой защиты растений и химической системой защиты 2 совместно с гуминовым препаратом на неудобренном фоне активность инвертазы снизилась соответственно на 6,9 и 9,4 %.

В варианте с химической защитой 2 и гуминовым препаратом на удобренном фоне уровень активности инвертазы после обработки препаратами практически не изменился. В целом, на фоне минеральных удобрений применение гуминового препарата способствовало повышению инвертазной активности, которая превысила весенний уровень во всех вариантах, за исключением варианта с биологической системой защиты.

По обогащенности фосфатазой исследованные черноземы обыкновенные относятся к средней категории, активность фермента по вариантам составляла 2,1...4,3 мг P_2O_5 на 10 г за 1 ч (табл. 4). Варьирование фосфатазной активности до обработки препаратами на неудобренном фоне составляло 12,7 %, на удобренном – 10,5 %, что свидетельствует о средней степени разброса данных. После обработки вариабельность признака оставалась на прежнем уровне – соответственно фонам 10,5 и 11,8 %.

Обработка растений химическими средствами защиты повысила активность фосфатазы в почве. Статистически значимое ее увеличение отмечено как на неудобренном (на 48,3...60,0 %), так и на удобренном фонах (на 36,0...52,2 %). Возросла активность фосфатазы и в контроле, однако в вариантах с внесением гуминового препарата увеличение было несколько ниже. Это может свидетельствовать об активном поглощении фосфора растениями, в связи с чем происходит снижение содержания его доступных форм в почве и, соответственно, повышение активности фосфатазы.

В вариантах с биологической системой защиты растений активность фосфатазы оставалась примерно на одном уровне до и после применения средств защиты и составляла 3,2...3,5 мг P_2O_5 на 10 г за 1 ч на неудобренном фоне и 2,8...2,9 мг P_2O_5 на 10 г за 1 ч на удобренном фоне. При обработке гуминовым препаратом активность фосфатазы не изменялась.

Активность уреазы в исследованных черноземах под посевами нута варьировала от 4,5 до 8,3 мг $N\text{-}NH_3$ на 10 г почвы за 24 ч (табл. 5), по шкале Д. Г. Звягинцева такая почва попадает в категорию бедных [19]. Коэффициент вариации активности уреазы до обработки препаратами на неудобренном фоне был незначительным (7,3 %), на удобренном – средним (12,1 %). После обработки средствами защиты растений варьирование величины этого показателя составляло 7,2...7,7 %.

Отмечена тенденция снижения активности уреазы после обработки пестицидами, при этом статистически значимое уменьшение величины этого показателя отмечали и в контроле. Логично предположить, что некоторое снижение активности уреазы в июне, по сравнению с апрелем, обусловлено сезонными процессами (уменьшение влажности почвы, повышение температуры). Тем не менее в варианте с химической защитой 1 после обработки пестицидами, особенно на удобренном фоне, происходило статистически значимое снижение активности уреазы как по сравнение со значениями до обработки, так и по сравнению с контролем.

Практически во всех вариантах, за исключением отмеченного с химической защитой 1, зафиксировано небольшое повышение активности уреазы, по сравнению с контролем, статистически значимое в варианте совместного применения системы химической защиты 2 и гуматов.

Обработка гуминовым препаратом без пестицидов отрицательно сказывалась на активности фермента уреазы, однако при совместном применении средств защиты растений с гуминовым препаратом отмечена тенденция увеличения ее активности, по сравнению с контролем, статистически значимого при совместном применении системы химической защиты 2 и гуматов.

Таким образом, по шкале обогащенности ферментами исследованный чернозем по каталазе относится к богатым, по инвертазе и фосфатазе – к среднеобогащенным, по уреазе – к бедным. Оценка вариабельности ферментативной активности почвы в пределах опытного участка показала его достаточную пространствен-

5. Динамика активности уреазы (мг $N\text{-}NH_3$ на 10 г почвы за 24 ч) в зависимости от фона удобрений и системы защиты растений

Препарат (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)							
	без удобрений				$N_{40}P_{40}K_{40}$			
	апрель	июнь	Δ1*	Δ2	апрель	июнь	Δ1	Δ2
К	7,2 ± 0,8	5,9 ± 0,8	-1,3	–	7,1 ± 0,5	5,5 ± 0,6	-1,6	–
Г	7,1 ± 1,3	5,6 ± 0,4	-1,5	-0,3	6,6 ± 1,0	5,7 ±0,2	-0,9	+0,2
Х1	7,2 ± 1,2	5,9 ± 0,6	-1,3	0,0	6,0 ± 0,2	4,5 ± 0,3	-1,5	-1,0
Х1+Г	8,3 ± 0,7	6,3 ± 0,5	-2,0	+0,4	6,0 ± 0,4	5,6 ± 0,5	-0,4	+0,1
Х2	7,9 ± 0,7	6,7 ± 0,4	-1,2	+0,8	8,1 ± 0,4	5,7 ± 0,7	-2,4	+0,2
Х2+Г	7,5 ± 0,7	6,9 ± 0,6	-0,6	+1,0	7,8 ± 0,3	5,2 ± 0,2	-2,6	-0,3
Б	7,4 ± 0,9	6,0 ± 0,2	-1,4	+0,1	7,1 ± 0,8	5,8 ± 0,6	-1,3	+0,3
Б+Г	6,5 ± 1,0	6,4 ± 0,4	-0,1	+0,5	6,0 ± 0,5	5,4 ± 0,4	-0,6	-0,1
$НСР_{0,5}$				0,9				0,7

**Δ1 – разница при определении до и после обработки растений препаратами; Δ2 – разница при сравнении с контролем (после обработки препаратами).*

ную однородность. Варьирование данных до обработки препаратами было незначительным (2,8...7,3 %) для каталазы, инвертазы и уреазы и средним (10,5...12,7 %) для фосфатазы. После обработки препаратами вариабельность показателей активности каталазы и инвертазы между вариантами возрастала на 1,9...3,6 %, а фосфатазы и уреазы снижалась на 1,1...1,4 %.

Обработка средствами химической защиты растений по-разному действует на различные ферменты, снижая активность каталазы, инвертазы и уреазы и стимулируя активность фосфатазы. Наибольшее влияние на активность уреазы в почве оказала обработка нута средствами химической защиты растений, снизив ее на 15,2...29,6 % от исходных значений. Активность каталазы уменьшалась после обработки химическими средствами защиты на 9,6...16,2 % на неудобренном и на 16,0...20,7 % на удобренном фонах, инвертазы – соответственно на 3,8...7,2 и 6,9...15,6 %. Обработка нута пестицидами оказывала стимулирующее действие на активность фосфатазы в почве, на неудобренном фоне она повысилась на 48,3...60,0 %, на удобренном – на 36,0...52,2 %.

Применение гуминового препарата BIO-Дон 10 повышало активность инвертазы и в меньшей степени каталазы и уреазы, но снижала активность фосфатазы. Средства биологической защиты растений не оказывали существенного влияния на ферментативную активность почвы, а при совместном использовании с гуминовым препаратом обеспечивали стимуляцию активности каталазы, ингибирование активности инвертазы и уреазы при отсутствии влияния на активность фосфатазы.

Литература

1. Хазиев Ф. Х. Экологические связи ферментативной активности почв // Экобиотех. 2018. Т. 1. № 2. С. 80–92.

2. Enzymes as useful tools for environmental purposes / M. A. Rao, R. Scelza, F. Acevedo, et al. // Chemosphere. 2014. Vol. 107. P. 145–162.

3. Поляк Ю. М., Сухаревич В. И. Почвенные ферменты и загрязнение почв: биодеградация, биоремедиация, биоиндикация // Агрохимия, 2020. № 3. С. 83–93.

4. Long-term impact of diversified crop rotations and nutrient management practices on soil microbial functions and soil enzymes activity / D. N. Borase, C. P. Nath, K. K. Hazra, et al. // Ecological Indicators. 2020. Vol. 114. P. 106322. URL: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107615 (дата обращения: 28.03.2021).

5. Алексеева А. А., Фомина Н. В. Оценка воздействия фунгицидов на активность гидролитических почвенных ферментов // Вестник КрасГАУ. 2017. № 3 (126). С. 144–153.

6. Фосфатный режим и активность фосфатазы в черноземе обыкновенном при возделывании нута / О. И. Наими, О. С. Безуглова, Е. А. Полиенко и др. // Агрохимический вестник. 2020. № 3. С. 25–29.

7. Влияние гербицидов на процессы гумусообразования и микробиологическую активность лугово-бурых отбеленных почв Приморья / Л. Н. Пуртова, Л. Н. Щапова, Н. М. Костенков и др. // Агрохимия. 2008. № 1. С. 26–35.

8. Woźniak A. Chemical properties and enzyme activity of soil as affected by tillage system and previous crop // Agriculture. 2019. T. 9. No. 12. P. 262.

9. Effects of the herbicide mesotrione on soil enzyme activity and microbial communities / Z. Du, Y. Zhu, L. Zhu, et al. // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018. Vol.164. P. 571–578. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.08.075.

10. Наими О. И. Ферментативная активность почвы при использовании средств защиты растений с гуминовым препаратом // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 11-2 (38). С. 18–20.

11. Plant-plant competition influences temporal dynamism of soil microbial enzyme activity / E. J. Schofield, R. W. Brooker, E. Paterson, etal. // Soil biology and biochemistry. 2019. Vol. 139. P. 107615. URL: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107615 (дата обращения: 01.04.2021).

12. Фомина Н. В. Анализ уровня активности гидролитических ферментов чернозема выщелоченного до и после применения гербицидов в условиях красноярской лесостепи // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции. Соленое Займище: ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2020. С. 371–374.

13. Браун Э. Э., Даришева Б. К. Изменение микробиологической активности почвы под влиянием гербицидов // Известия ОГАУ. 2010. № 1 (25). С. 200–203.

14. Действие гуминовых препаратов на активность почвенных ферментов в модельном опыте / М. А. Пукальчик, М. И. Панова, В. А. Терехова и др. // Агрохимия. 2017. № 8. С. 84–91.

15. Effect of fulvic acid fertilizer on microbial diversity and enzyme activity in wheat rhizosphere soil / J.-H. Liu, Q. Wang, S.-J. Sun, et al. // Journal of Plant Nutrition and Fertilizers. 2019. Vol. 27. No. 4. P. 1808–1816.

16. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015 // World Soil Resources Reports 106. Rome: FAO UN., 2015. 192 p.

17. Захарычев В. В., Марцынкевич А. М. Аналоги стробилуринов в защите растений // Агрохимия. 2013. № 12. С. 64–74.

18. Наими О. И. О методе определения активности уреазы в почве // Высокие технологии и инновации в науке. СПб.: ГНИИ Нацразвитие, 2019. С. 17–20.

19. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.

Effect of pesticides and humic preparation on the enzymatic activity of chernozem

O. I. Naimi, O.S. Bezuglova, V. A. Lykhman, M. N. Dubinina, E. A. Polienko
Federal Rostov Agrarian Scientific Center, ul. Institutskaya, 1, pos. Rassvet, Aksaiskii r-n, Rostovskaya obl., 346735, Russian Federation

Abstract. *The study assessed the influence of treatment with pesticides and BIO-Don humic preparation on the enzymatic activity of ordinary calcareous chernozem. The work was carried out in 2019–2020 in the Rostov region. The activity of enzymes of the hydrolytic group (invertase, urease, and phosphatase) and the group of oxidoreductases (catalase) was studied. The cultivated crop was chickpea Donplaza. The experimental design included two factors: pesticides and growth stimulators (factor A) and mineral fertilizers (factor B). Factor A included several options: without treatment, humic preparation, two levels of chemical protection and biological system of plant protection, and their combinations with the humic preparation. Factor B included two variants: without treatment and N40P40K40. According to Zvyagintsev's scale, the studied chernozem is classified as moderately enriched and rich in catalase, moderately enriched in invertase and phosphatase, and poor in urease. The catalase activity in the 0–20 cm layer was 9.0–14.6 mL of O2 in 1 g of soil per 1 min, invertase activity – 30.4–37.2 mg of glucose per 1 g per 24 h, phosphatase activity – 2.08–4.26 mg P2O5 per 10 g per 1 h, urease activity – 4.5–8.3 mg N-NH3 per 10 g soil per 24 h. Treatment of soil and plants with chemical protection agents inhibited the activity of urease (by 15.2–29.6%), catalase (by 9.6–20.7%), and invertase (by 3.8–15.6%) in the soil, but stimulated the activity of phosphatase (by 30.0–60.0%). Treatment with humates increased the activity of invertase and, to a lesser extent, catalase and urease, but inhibited the activity of phosphatase. Treatment with biological plant protection products stimulated the activity of catalase and inhibited the activity of invertase and urease, the phosphatase activity remained within 2.8–3.5 mg P2O5 in 10 g of soil per 1 h both with and without humates.*

Keywords: *chernozem; enzyme; catalase; urease; phosphatase; invertase; humic preparation; treatment; pesticide; herbicide.*

Author Details: *O. I. Naimi, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: o.naimi@mail.ru); O.S. Bezuglova, D. Sc. (Biol.), chief research fellow; V. A. Lykhman, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; M. N. Dubinina, junior research fellow; E. A. Polienko, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow.*

For citation: *Naimi OI, Bezuglova OS, Lykhman VA, et al. [Effect of pesticides and humic preparation on the enzymatic activity of chernozem]. Zemledelie. 2021; (5): 26-31 Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-26-31.*

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-32-36
УДК 632.95

Изучение эффективности нового регулятора роста на растениях риса*

В. В. ТАРАНЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
Л. В. ДЯДЮЧЕНКО, кандидат химических наук, зав. лабораторией (e-mail: ludm.dyadiuchenko@yandex.ru)
В. С. МУРАВЬЕВ, младший научный сотрудник
Федеральный центр биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Исследования проводили с целью определения эффективности нового регулятора роста для растений риса на основе производных нафталин-2-сульфониламидов. Первичную оценку синтезированных соединений выполняли в условиях лабораторного опыта, по результатам которого для изучения в полевых условиях было отобрано соединение N-бензил-N-этилнафталин-2-сульфониламид, рострегулирующий эффект которого составил 20...22 %. Полевые мелкоделяночные опыты осуществляли в 2018–2020 гг. на орошаемом участке в Краснодарском крае на лугово-черноземной, слабосолонцеватой, тяжелосуглинистой почве с использованием двух сортов риса: длиннозерный сорт Ивушка и короткозерный, с окрашенным в красно-коричневый цвет перикарпом, сорт Рыжик. Эксперименты предусматривали обработку семян регулятором роста перед высевом, а также вегетирующих растений в фазы кущения или выметывания и их сочетание. Норма применения препарата при обработке семян 150 г/т, вегетирующих растений – 30 г/га. Контролем служили растения без использования регулятора роста. Обработка семян не оказывала существенного влияния на урожайность обоих сортов риса. Лучшие результаты в опыте обеспечило двукратное применение N-бензил-N-этилнафталин-2-сульфониламида, прибавка урожая зерна сорта риса Ивушка в среднем за три года исследований составила 24,9 %, сорта Рыжик – 28,4 %. Однократное нанесение регулятора роста в фазе кущения обеспечивало рост величины этого показателя соответственно на 9,9 % и 12,0 %, в фазе выметывания – на 8,2 и 13,0 %. Под влиянием регулятора роста увеличивалась высота растений, длина метелки, количество зерен в метелке, масса зерен в метелке и масса 1000 зерен. Одновременно улучшалось качество зерна: содержание белка возрастало на 0,98 % (сорт Ивушка) и 1,05 % (сорт Рыжик), амилозы – на 2,85 и 1,76 % соответственно. В целом, отзывчивость сорта Рыжик на применение регулятора роста была выше, чем у сорта Ивушка.

Ключевые слова: *рис (Oryza sativa L.), сорт Ивушка, сорт Рыжик, регуляторы роста растений, синтез, скрининг, нафталинсульфониламиды, структура урожая, прибавка урожая, белок, амилоза.*

Для цитирования: *Тараненко В. В., Дядюченко Л. В., Муравьев В. С. Изучение эффективности нового регулятора роста на растениях риса // Земледелие. 2021. №5. С. 32–36. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-32-36.*

Рис – одна из основных зерновых культур планеты. По посевным площадям он занимает третье место после пшеницы и кукурузы, возделывается в 118 странах мира. Около половины населения мира потребляет рис как главный продукт питания. Рисовая крупа богата углеводами, витаминами, микроэлементами, незаменимыми аминокислотами [1].

Большая часть посевов культуры в Российской Федерации находится в Северо-Кавказском регионе, в котором основная доля приходится на Краснодарский край (около 65 %). Второе место по объемам производства принадлежит Приморскому краю (около 14 %), остальные 21 % зерна выращивают в других субъектах РФ. В России возделывают более двух десятков сортов риса. В 2019 г. его валовой сбор составил 1099 тыс. т, при этом 73,3 % урожая выращено в Краснодарском крае. Для удовлетворения внутренних потребностей страны этого объема недостаточно [2].

С целью повышения урожая в современном сельском хозяйстве применяют интенсивные технологии, предусматривающие использование регуляторов роста растений – физиологически активных веществ биогенного или искусственного происхождения. Они дают возможность повышать урожайность культур, улучшать качество продукции, условия уборки и хранения продукции. В последние годы появляется все больше работ, свидетельствующих о важной роли хлорофилла b в регуляции развития растений [3]. Этот пигмент важен не только для фотосинтетической деятельности, его недостаток вызывает снижение скорости роста и уменьшение размеров листьев и биомассы растений, задержку цветения и преждевременный запуск программ онтогенетического и индуцированного старения.

В развитых западных странах регуляторы роста в земледелии используют значительно шире, чем в РФ. В связи с этим, весьма актуален поиск новых действующих веществ, повышающих урожайность и качество продукции риса. Работы по скринингу регуляторов роста риса среди природных и синтетических веществ ведутся как в России [4, 5, 6], так и за рубежом [7, 8, 9]. Следует отметить, что их поиск затрагивает различные классы химических соединений [10, 11].

Ранее мы обнаружили в классе ароматических сульфониламидных производных эффективные гербицидные антидоты [12, 13] и регуляторы роста [14].

Цель представленной работы – скрининг новых регуляторов роста риса в ряду производных нафталин-2-сульфониламидов.

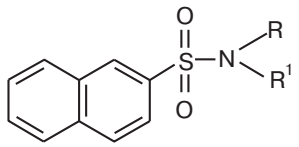
Выбор для поиска класса ароматических сульфониламидов обусловлен тем, что среди них найдены соединения, обладающие различными видами биологической активности, в том числе на их основе создано множество лекарственных препаратов, что свидетельствует о токсикологической безопасности таких веществ.

Скрининг новых регуляторов роста риса состоял из следующих этапов: синтез новых соединений, первичная оценка рострегулирующей активности в условиях лабораторного

Исследования выполнены в соответствии с Государственным заданием № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0013.

опыта, изучение ростстимулирующих свойств соединений, отобранных по его результатам, в полевых условиях.

Для проведения исследований была синтезирована серия производных нафталин-2-сульфониламидов со следующей общей формулой:



1

R, R^1 = H, алкил, замещенный фенил, бензил, гетерил.

Структура синтезированных соединений подтверждена современными методами анализа.

Первичную оценку активности новых соединений осуществляли в лабораторном опыте по величине их рострегулирующего эффекта. Для этого использовали официально рекомендованную методику проращивания семян (ГОСТ 12038-84). Вещества, проявившие по результатам лабораторного опыта наибольший рострегулирующий эффект, исследовали в полевых условиях в 2018–2020 гг. на экспериментальном орошаемом участке Федерального научного центра риса, г. Краснодар.

Метеоусловия 2018–2020 гг. были достаточно благоприятными для роста и развития растений риса: жаркое и продолжительное лето, высокая влажность в период начальных стадий развития растений и засушливые условия во время созревания зерна. Почва опытного участка – луговочерноземная, слабосолонцеватая, тяжелосуглинистая, характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: содержание гумуса – 3,3 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 3,85 и 18,2 мг/100 г, легкогидролизуемого азота (по методу Тюрина и Кононовой в модификации Кудеярова) – 7,4 мг/100 г, нитратного азота (по Грандваль-Ляжу) – 1,23 мг/100 г, обменного аммония (феноловым методом в модификации Кудеярова) – 0,65 мг/100 г. Емкость катионного обмена составляла 28,6 мг-экв./100 г, pH водной вытяжки – 7,3 ед.

Исследования проводили на сортах риса Ивушка и Рыжик селекции ВНИИ риса (сейчас – ФНЦ риса). Сорт Ивушка – длиннозерный, вегетационный период 120...122 дня. Потенциал урожайности до 10,0 т/га, отличается высокими показателями качества. Сорт Рыжик – короткозерный с окрашенным в красно-коричневый цвет перикарпом и эндоспермом. Вегетационный период 118...120 дней, потенциал урожайности 10,0...12,0 т/га.

Агротехнические мероприятия выполняли согласно рекомендациям ФНЦ риса с получением всходов при укороченном затоплении. Посев проводили селекционной сеялкой точного высева Wintersteiger нормой 5 млн всхожих семян на 1 га (около 0,2 т/га). Предшественник – чистый пар. Доза внесения минеральных удобрений $N_{60}P_{90}K_{60}$. В фазе кущения растений риса посевы опрыскивали гербицидом Цитадель 25, МД в норме 1,3 л/га.

Обработку семян проводили в лабораторных условиях водным раствором исследуемого соединения из расчета 150 г/т за три часа до высева семян в поле. Вегетирующие растения обрабатывали водным раствором препарата из расчета 30 г/га при расходе воды 300 л/га ручным электрическим опрыскивателем ОЭМР-16. Учетная площадь делянки – 10 м^2, повторность четырехкратная. Размещение делянок в опыте систематическое. Уборку проводили в период полной спелости зерна. Рострегулирующую активность изучаемого соединения определяли по увеличению урожая растений, обработанных регулятором роста, в сравнении с контролем (необработанные растения). Учеты и наблюдения проводили согласно руководству по регистрационным испытаниям (*Руководство проведения регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве. М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2018. 223 с.*). Полученные данные подвергали статистической обработке методом трехфакторного дисперсионного анализа (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.*) с использованием программ Microsoft Excel 2010 и STATISTICA. Качественные показатели зерна определяли на анализаторе ФТ- 10.

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

год (фактор А) – 2018, 2019, 2020;

сорт риса (фактор В) – Ивушка, Рыжик;

способ применения регулятора роста (фактор С) – без обработки (0), обработка семян перед посевов нормой 150 г/т, опрыскивание вегетирующих растений в фазе кущения нормой 30 г/га, в фазе выметывания нормой 30 г/га, в фазе кущения нормой 30 г/га + в фазе выметывания нормой 30 г/га.

Поскольку обработка семян изучаемым продуктом способствовала незначительному увеличению урожайности, в третий год испытаний этот вариант опыта был исключен.

В 2019 г. в варианте с двукратным применением регулятора роста было

1. Влияние регулятора роста на урожайность риса, т/га

Год (фактор А)	Способ обработки (фактор В)	Сорт (фактор С)				Средняя урожайность по сортам, т/га
		Ивушка		Рыжик		
		урожайность, т/га	прибавка, %	урожайность, т/га	прибавка, %	
2018	без обработки	6,33	–	6,36	–	6,35
	обработка семян	6,49	2,5	6,58	3,5	6,54
	обработка в фазе кущения	6,92	9,3	7,18	12,9	7,05
	обработка в фазе кущения + в фазе выметывания	7,92	25,1	8,46	33,0	8,19
	обработка в фазе выметывания	6,86	8,4	7,23	13,7	7,05
	среднее	7,05	11,3	7,36	15,8	7,21
2019	без обработки	6,23	–	6,63	–	6,43
	обработка семян	6,40	2,7	6,85	3,3	6,23
	обработка в фазе кущения	6,89	10,6	7,41	11,8	7,15
	обработка в фазе кущения + в фазе выметывания	7,69	23,3	8,49	28,1	8,09
	обработка в фазе выметывания	6,76	8,5	7,50	13,1	7,13
	среднее	6,94	11,3	7,56	14,1	7,2
2020	без обработки	5,64	–	5,90	–	5,77
	обработка в фазе кущения	6,20	9,9	6,56	11,2	6,38
	обработка в фазе кущения + в фазе выметывания	7,12	26,2	7,32	24,1	7,22
	обработка в фазе выметывания	6,07	7,7	6,62	12,2	6,45
	среднее	6,46	14,6	6,83	15,83	6,68
Среднее	без обработки	6,07	–	6,30	–	6,19
	обработка в фазе кущения	6,67	11,0	7,05	11,9	6,86
	обработка в фазе кущения + в фазе выметывания	7,58	24,9	8,10	28,4	7,84
	обработка в фазе выметывания	6,56	8,1	7,12	13,0	6,84
	среднее	6,94	14,7	7,42	17,8	7,18
$НСР_{05}$ фактор А = 0,85; фактор В = 0,67; фактор С = 1,06; АВ = 1,16; АС = 1,83; ВС = 1,50; АВС = 2,60						

определено содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и хлорофилла *b*) в листьях растений. Для этого высечку листа диаметром 0,5 см помещали в 25 мл этанола, выдерживали сутки при 45 °С, затем с использованием спектрофотометра Genesys 8 (Thermo Spectronic, Англия) измеряли оптическую плотность экстракта для хлорофилла *a* при длине волны 665 нм, для хлорофилла *b* – при длине волны 649 нм. Расчет содержания пигментов осуществляли по формулам Лихтенталлера (*Lichtentaller H. K., Wellburn A. R. Determinations of total extracts in different solvents // Biochemical Society Transactions. 1983. Vol. 11. No. 5. P. 591–592*). Отбор проб осуществляли в следующие сроки: в фазе кущения, в фазе трубкования, в фазе выметывания, в фазе восковой спелости зерна.

2. Влияние регулятора роста на структуру урожая растений сортов риса (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Высота растений, см	Длина метёлки, см	Количество зёрен в метёлке, шт.	Масса зерна с главной метёлки, г	Масса 1000 зёрен, г
Ивушка					
Контроль	83,6	24,0	103,4	2,04	25,3
Семена	85,4	25,2	107,6	2,20	25,4
Кущение	87,7	26,1	125,1	2,57	27,3
Выметывание	86,8	26,0	130,0	2,51	26,7
Кущение+ выметывание	90,2	27,5	141,5	2,60	27,5
$НСР_{05}$	1,1	1,0	3,4	0,11	0,5
Рыжик					
Контроль	75,1	15,2	124,4	2,15	28,2
Семена	78,4	16,3	137,0	2,25	28,4
Кущение	80,7	17,0	165,3	2,50	29,0
Выметывание	79,0	16,5	158,3	2,73	29,8
Кущение+ выметывание	82,2	17,6	177,1	3,00	30,5
$НСР_{05}$	2,7	0,9	10,2	0,22	0,7

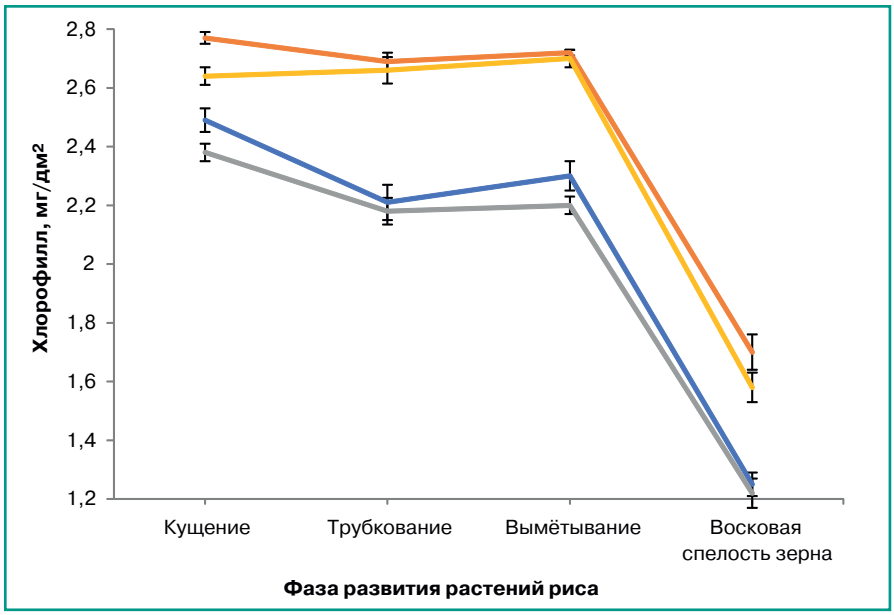
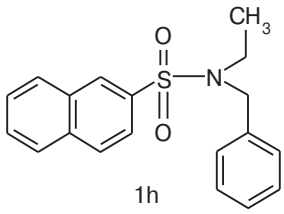


Рис. 1. Содержание хлорофилла a в листьях вегетирующих растений риса: — контроль (Ивушка); — обработка растений (Ивушка); — контроль (Рыжик); — обработка растений (Рыжик).

По результатам лабораторных исследований на проростках риса для изучения в условиях полевого мелкоделяночного опыта было отобрано соединение N-бензил-N-этилнафталин-2-сульфониламид (соединение 1h), проявившее рострегулирующую активность на уровне 20...22 %:



Обработка вегетирующих растений продуктом 1h обеспечивала достоверное и стабильное повышение урожая (табл. 1). Лучшие в опыте результаты отмечены при двукратном использовании регулятора роста в фазе кущения и фазе выметывания: среднее увеличение урожайности за трехлетний период у сорта Ивушка составило 24,9 %, Рыжик – 28,4 %. При однократном использовании соединения 1h ростстимулирующий эффект на обоих сортов культуры был существенно ниже, чем при двукратном. В целом, во всех вариантах опыта исследуемый регулятор роста проявлял более высокую стимулирующую активность на растениях сорта Рыжик.

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа показали, что вклад погодных условий (фактор А) в общее влияние регулятора роста на продуктивность риса составляет 21,4 %, сорта (фактор В) – 7,3 %, способа применения регулятора роста (фактор С) – 63,0 %.

Увеличение урожайности выступает закономерным следствием

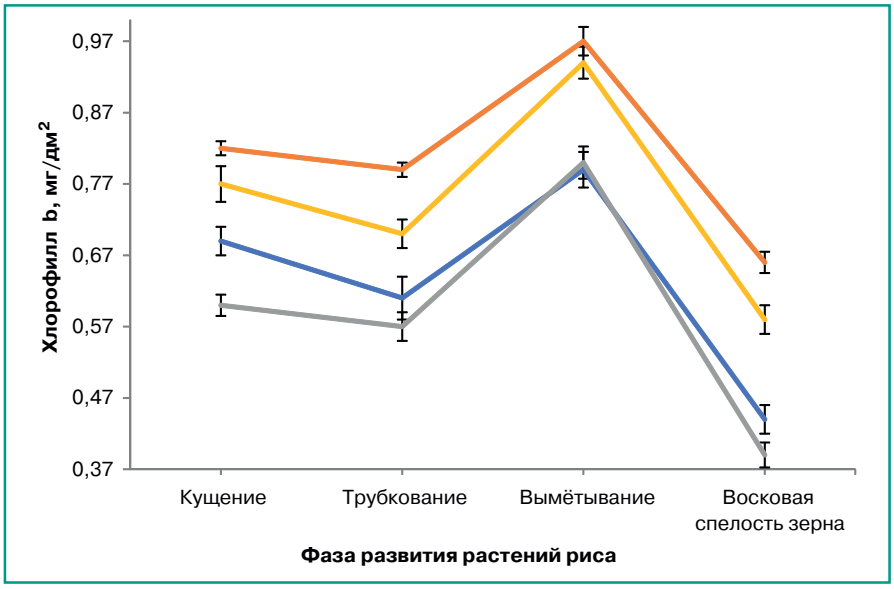


Рис. 2. Содержание хлорофилла b в листьях вегетирующих растений риса: — контроль (Ивушка); — обработка растений (Ивушка); — контроль (Рыжик); — обработка растений (Рыжик).

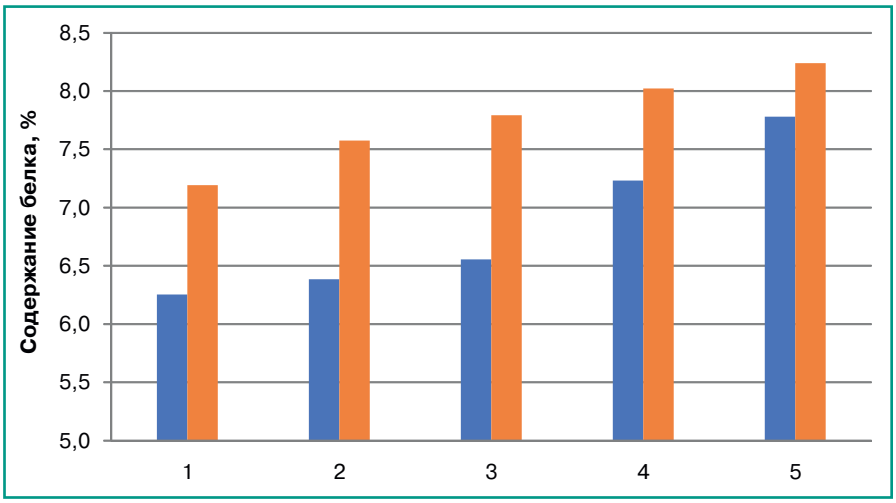


Рис. 3. *Содержание белка в зерне риса сортов Ивушка и Рыжик (среднее за 2018–2020 гг.): 1 – контроль, 2 – обработка семян, 3 – обработка растений в фазе кущения, 4 – обработка растений в фазе выметывания, 5 – обработка растений в фазы кущения и выметывания: ■ – Ивушка; ■ – Рыжик.*

положительного влияния регулятора роста на развитие органов, формирующих структуру урожая культуры (табл. 2). В результате двукратного нанесения регулятора роста на растения риса сорта Ивушка длина метелки увеличивалась, относительно контроля, в среднем на 14,6 %, количество зерен в метелке – на 36,8 %, масса зерна с главной метелки – на 27,5 %, масса 1000 зерен возрастала на 6,3 %.

Аналогичное влияние продукта 1h отмечено на растениях сорта риса Рыжик: при двукратном применении препарата высота растений увеличилась на 9,4 %, длина метелки – на 15,8 %, количество зерен в метелке – на 42,4 %, масса зерна с главной метелки – на 39,5 %, масса 1000 зерен – на 8,1 %.

Применение регулятора роста оказало положительное влияние на фотосинтетическую активность культуры (рис. 1). У растений сорта Ивушка после первого нанесения препарата содержание хлорофилла *a* возрастало на 11,2 %, по отношению к контрольному варианту, после второй обработки (в фазе выметывания) – на 18,3 %. У сорта Рыжик оно увеличивалось соответственно на 10,9 % и 22,7 %. Более существенный вклад в повышение фотосинтетического потенциала растений оказывала двукратная обработка регулятором роста.

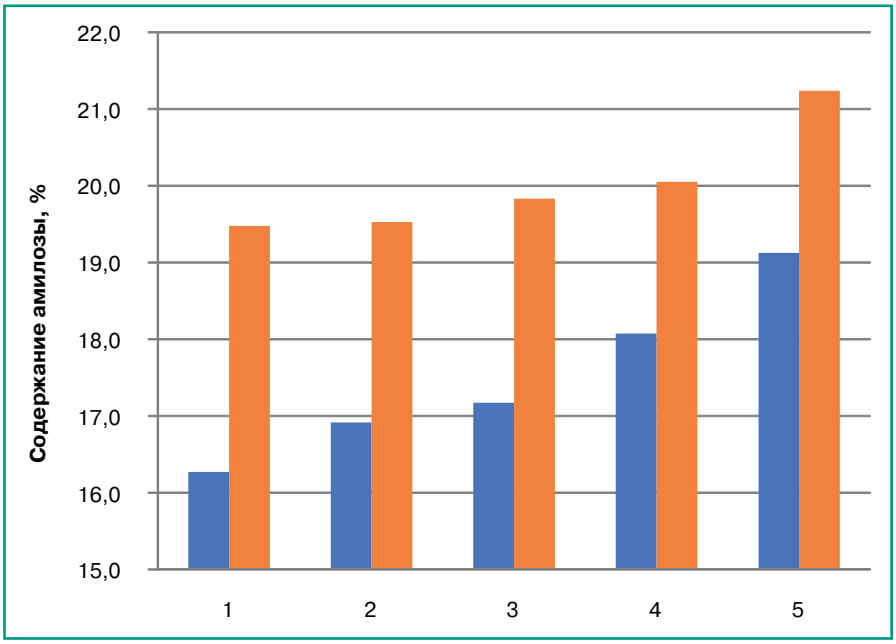


Рис. 4. *Содержание амилозы в зерне риса сортов Ивушка и Рыжик (среднее за 2018–2020 гг.): 1 – контроль, 2 – обработка семян, 3 – обработка растений в фазе кущения, 4 – обработка растений в фазе выметывания, 5 – обработка растений в фазы кущения и выметывания: ■ – Ивушка; ■ – Рыжик.*

Содержание хлорофилла *b* в растениях обоих сортов риса под влиянием регулятора роста было также выше, чем в контроле (рис. 2). После первой обработки в фазе кущения концентрация пигмента у сорта Ивушка возрастала на 18,8 %, у сорта Рыжик – на 28,3 %. После второй обработки в фазе выметывания содержание хлорофилла *b* было выше, чем в контроле, соответственно на 22,8 % и 17,5 %.

Усиление фотосинтетического потенциала, согласно литературным данным [3], положительно влияет на рост и развитие растений риса, что в свою очередь, внесло вклад в увеличение продуктивности культуры.

Применение испытуемого соединения благоприятно влияло и на качество зерна риса. Так, при двукратной обработке регулятором роста содержание белка в зерне сорта риса Ивушка возросло, относительно контроля, на 0,98 %, сорта Рыжик – на 1,05 % (рис. 3).

Кроме того, использование ростегулятора повышало содержание амилозы (рис. 4). Наибольшую в опыте величину этого показателя отмечали при двукратной обработке посевов. В зерне сорта Ивушка в этом варианте она составляла 19,1 %, сорта Рыжик – 21,2 %, что было соответственно на 2,8 и 1,8 % выше, чем в контроле.

Таким образом, двукратное применение N-бензил-N-этилнафталин-2-сульфониламида в нормах по 30 г/га в фазы кущения и выметывания достоверно увеличивало сбор зерна риса с единицы площади. Средняя за три года прибавка урожая сорта Ивушка составила 24,9 %, Рыжик – 28,4 %. Это обусловлено положительным влиянием регулятора роста на развитие органов, формирующих структуру урожая, и фотосинтетическую активность растений. Использование препарата способствовало увеличению высоты растений на 7,9...9,4 %, длины метелки – на 14,6...15,8 %, количества зерен в метелке – на 36,8...42,4 %, массы зерна в метелке – на 27,5...39,5 % и массы 1000 зерен – на 8,2...8,3 %. Под влиянием регулятора роста содержание белка в зерне риса обоих сортов повышалось, по сравнению с контролем, на 0,98...1,05 %, амилозы – на 1,76...2,85 %. Синтезированное соединение перспективно в качестве действующего вещества для разработки нового регулятора роста риса.

Литература.

1. Костылев П. И Технологические и биохимические качества зерна риса //

Зерновое хозяйство России. 2009. № 2. С. 31–36.

2. Малышева Н. Н., Кизинёк С. В. Экономические аспекты производства риса на мелиоративных системах Краснодарского края // Научный журнал российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1. С. 200–216. doi: 10.31774/2222-1816-2020-1-200-216.

3. Тютерева Е. В., Дмитриева А. А., Войцеховская О. В. Хлорофилл b как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 5. С. 843–855.

4. Костылев П. И., Репкина Н. В., Калиевская Ю. П. Влияние Бензихола на урожайность зерна риса // Зерновое хозяйство России. 2015. № 5. С. 36–39.

5. Альбит в комплексной системе защиты риса / В. В. Караченцев, В. С. Ковалев, А. К. Злотников и др. // Защита и карантин растений. 2018. № 12. С. 25–28.

6. Чернышева Н. В., Барчукова А. Я., Дирин В. В. Влияние препарата Гидрогумин на рост и развитие растений риса, урожайность и качество его зерна // Труды КубГАУ. 2016. № 62. С. 127–132. doi: 10/21515/1999-1703-62-127-132.

7. Response of rice to foliar application of plant growth regulator on growth and yield of rice / K. Suseendran, C. Kalaiyarasan, S. Jawahar, et al. // Plant Archives. 2020. Vol. 20. No. 1. P. 1510–1514.

8. A potential retardant for lodging resistance in direct seeded rice (Oryza sativa L.) / U. R. Sinniah, S. Wahyuni, B. S. A. Syahputra, et al. // Canadian Journal of Plant Science. 2012. Vol. 92 (1). P. 13–18. doi: 10.4141/cjps2011-089.

9. Exogenously applied plant growth regulators affect heat-stressed rice pollens / S. Fahad, S. Hussain, S. Saud, et al. // Journal of Agronomy and Crop Science. 2016. Vol. 202. No. 2. P. 139–150. doi: 10.1111/jac.12148.

10. Effects of salt stress on rice growth, development characteristics and the regulating ways / S. Hussain, J.-H. Zhang, C. Zhong, et al. // Journal of Integrative Agriculture. 2017. Vol. 16. No. 11. P. 2357–2374. doi: 10.1016/S2095-3119(16)61608-8.

11. Basuchaudhuri P. 1-Naphthaleneacetic acid in rice cultivation // Current Science. 2016. Vol. 110. No. 1. P. 52–56. doi: 10.18520/cs/v110/i1/52-56.

12. Synthesis of several substituted pyridine-3-sulfonil chlorides, - sulfonic acids and - sulfonil amides / L. V. Dyadyuchenko, I. G. Dmitrieva, D. Yu. Nazarenko, et al. // Chemistry of heterocyclic compounds. 2014. Vol. 50. No. 9. P. 1259–1269.

13. Новые регуляторы роста и антидоты для экологизированной защиты растений / Л. В. Дядюченко, Д. Ю. Назаренко, А. А. Балахов и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2017. № 133. С. 475–485. doi: 10.21515/1990-4665-133-037.

14. Ростегулирующая активность производных нафталинсульфониламидов и пиразолопиридинов на растениях томатов / Л. В. Дядюченко, В. В. Тараненко, В. С. Муравьев и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2019. № 152. С. 249–256. doi: 10.21515/1990-4665-152-021.

Efficiency of new growth regulator for rice plants

V. V. Taranenko,
L. V. Dyadyuchenko,
V. S. Muravyov
Federal center of biological plant protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. *The study determined the efficiency of a new growth regulator based on naphthalene-2-sulfanylamide derivatives for rice plants. The primary assessment of the synthesized compounds was carried out under laboratory conditions; according to the results, the N-benzyl-N-ethylnaphthalene-2-sulfanylamide compound was selected for field study. The effect was 20–22%. Small-scale field experiments were carried out on meadow chernozem, weakly alkalinized, heavy loamy soil using two varieties of rice: long-grain variety Ivushka and short-grain, with a red-brown coloured pericarp, variety Ryzhik. The experiments involved the treatment of seeds with a growth regulator before sowing, as well as of vegetative plants in the tillering or sprouting phases and their combination. The rate of application of the preparation when treating seeds was 150 g/t, vegetative plants – 30 g/ha. Plants without growth regulator treatment served as control. Seed treatment with the growth regulator did not significantly affect the yield of both rice varieties. The best results were obtained with the double application of N-benzyl-N-ethylnaphthalene-2-sulfanylamide. The increase in grain yield of rice Ivushka on average over three years of the research was 24.9%, of Ryzhik variety – 28.4%. A single application of the growth regulator in the tillering phase provided an increase in the value of this indicator by 9.9% and 12.0%, respectively, in the ear formation phase – by 8.2 and 13.0%. With the influence of the growth regulator, the plant height, the panicle length, the number of grains per panicle, the mass of grains in a panicle, and the mass of 1000 grains increased. The grain quality also improved: the protein content increased by 0.98% (Ivushka variety) and 1.05% (Ryzhik variety), the amylose content – by 2.85% and 1.76%, respectively. In general, the responsiveness of Ryzhik variety to the use of the growth regulator is higher than that of Ivushka variety.*

Keywords: *rice (Oryza sativa L.); Ivushka variety; Ryzhik variety; plant growth regulator; synthesis; screening; naphthalenesulfanylamide; yield structure; yield increase; protein; amylose.*

Author Details: *V. V. Taranenko, Cand. Sc. (Agr.), research fellow; L. V. Dyadyuchenko, Cand. Sc. (Chem.), head of laboratory (e-mail: ludm.dyadiuchenko@yandex.ru); V. S. Muravyov, junior research fellow.*

For citation: *Taranenko VV, Dyadyuchenko LV, Muravyov VS [Efficiency of new growth regulator for rice plants]. Zemledelie. 2021; (5): 32-6. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-32-36.*

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-36-40
УДК 633.521:631.521

Влияние агротехнологических элементов возделывания на формирование фотосинтетического аппарата и урожайность льна-долгунца сорта Универсал*

Н. Н. КУЗЬМЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru)
В. И. ИЛЬИНА, старший научный сотрудник
Федеральный научный центр лубяных культур, Обособленное подразделение научно-исследовательский институт льна, ул. Луначарского, 35, Торжок, Тверская обл., 172002, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния агротехнологических элементов возделывания (нормы высева и дозы удобрения) на фотосинтетическую деятельность и урожайность среднеспелого сорта льна-долгунца Универсал. Работу выполняли в 2017–2019 гг. в полевом двухфакторном опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в условиях Тверской области. Схема опыта включала следующие варианты: норма высева (фактор А) – 20 и 24 млн всхожих семян на 1 га; доза минеральных удобрений (фактор В) – без удобрений (0), $N_{15}P_{30}K_{60}$, $N_{30}P_{60}K_{90}$. Посев нормой 20 млн всхожих семян на 1 га способствовал повышению чистой продуктивности фотосинтеза льна-долгунца, по отношению к норме 24 млн всхожих семян на 1 га, на 0,52 г/м^2 в сутки (на 15 %). Доза удобрения $N_{15}P_{30}K_{60}$ обеспечивала наиболее высокую чистую продуктивность фотосинтеза. Повышение дозы удобрения приводило к нарастанию листовой поверхности на 0,75 тыс. м^2/га (на 13 %) с одновременным снижением чистой продуктивности фотосинтеза на 1,17 г/м^2 в сутки (23 %). Оптимальная

**Работа выполнена по Госзаданию № 075-00853-19-00 при финансовой поддержке Минобрнауки.*

площадь листьев для формирования наибольшей урожайности льносемян (7,0 ц/га) составила 52,6 тыс. м²/га и была получена при сочетании нормы высева 20 млн всхожих семян на 1 га с дозой удобрения $N_{15}P_{30}K_{60}$. Для формирования наибольшей урожайности льноволокна (18,8 ц/га) и хорошего качества волокнистой льнопродукции оптимальная площадь листьев составляла 68,3 тыс. м²/га и была получена при сочетании нормы высева 24 млн всхожих семян на 1 га с дозой удобрения $N_{15}P_{30}K_{60}$. Дальнейшее увеличение дозы удобрений не обеспечивало достоверного роста урожайности и качества продукции.

Ключевые слова: *лен-долгунец (Linum usitatissimum), норма высева, доза удобрения, фотосинтетическая активность, урожайность.*

Для цитирования: *Кузьменко Н. Н., Ильина В. И. Влияние агротехнологических элементов возделывания на формирование фотосинтетического аппарата и урожайность льна-долгунца сорта Универсал // Земледелие. 2021. № 5. С. 36–40. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-36-40.*

Лен-долгунец – важнейшая прядильная культура, дающая одновременно два вида продукции – волокно и семена. По своим биологическим свойствам лен-долгунец существенно отличается от других сельскохозяйственных культур. В первую очередь тем, что основная продукция – льняное волокно формируется в вегетативном органе – стебле [1].

Сорт играет важную роль в повышении эффективности производства льна-долгунца в современных условиях. Его доля в формировании высокого урожая продукции хорошего качества может составлять 30...35 % [2]. Потенциал современных сортов льна-долгунца очень высок. Содержание волокна в стеблях может достигать 30...35 %, урожайность льноволокна – превышать 20 ц/га, льносемян – 14 ц/га. Сорта льна-долгунца, созданные в последние годы, характеризуются устойчивостью к полеганию и комплексу заболеваний [3, 4, 5]. Однако, несмотря на высокую продуктивность современных сортов льна-долгунца, реализовать их биологические возможности в производственных условиях удается в лучшем случае на 30...35 %. В полной мере реализовать генетический потенциал сорта можно только при максимальной аккумуляции факторов внешней среды на единице площади посева и компенсации лимитирующих факторов агротехническими приемами [6, 7].

Уровень урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе льна-долгунца, зависит от площади листьев и продуктивности фотосинтеза, которые изменяются под влиянием внешних условий и технологий возделывания [8, 9, 10]. Для получения высокой продуктивности растений необходимо обеспечить формирование фотосинтетического аппарата оптимальных размеров при повышенном уровне чистой продуктивности фотосинтеза. Однако при чрезмерном разрастании листьев возникает взаимозатенение растений, а недостаточная освещенность приводит, как правило, к снижению чистой продуктивности фотосинтеза [1, 11].

Ускоренное нарастание площади листьев льна-долгунца отмечается в период быстрого роста, включая бутонизацию, что совпадает с активным ростом растений в высоту и интенсивным формированием волокна в стебле [1, 9]. Максимальная площадь листьев в посевах льна формируется к началу цветения. В оптимальных условиях к началу цветения при густоте 22...24 млн шт./га она составляет до 63...66 тыс. м²/га. Максимальная площадь листьев в посеве может достигать 88 тыс. м²/га. Наибольшие абсолютные величины чистой продуктивности фотосинтеза – 10...12 г/м² в сутки у раннеспелого сорта льна И-7 отмечали в фазе бутонизации при максимальной площади листьев 30...38 тыс. м²/га. К цветению площадь листьев увеличивалась на 2...10 тыс. м²/га при снижении чистой продуктивности фотосинтеза и вновь она повышалась только после цветения, когда начинали формироваться органы плодоношения. Позднеспелые сорта льна-долгунца, как правило, имеют больший размер листовой поверхности, чем раннеспелые [1].

Оптимальная площадь листьев не остается постоянной в разные годы и сильно зависит от уровня солнечной активности и условий возделывания [1, 8]. К сожалению, в производственных условиях невозможно добиться постоянной, близкой к оптимальной площади листьев на протяжении длительного периода времени. Важно сформировать ее в период, наиболее подходящий по условиям для формирования урожая.

Для большинства современных сортов льна-долгунца (Дипломат, Тонус, Надежда и др.) оптимальная норма высева в товарных посевах составляет 20...22 млн/га всхожих семян, что обеспечивает густоту стеблестоя к уборке 1500...1700 растений на 1 м² при полевой всхожести 70...85 % [6, 12]. Некоторые генотипы отличаются более высокой теневыносливостью и возделывать их можно без снижения уровня урожайности с более высокими нормами высева. Например, позднеспелый сорт Росинка характеризуется устойчивостью к полеганию и формированием высокой урожайности продукции хорошего качества при норме высева 28 млн всхожих семян на 1 га [13].

В то же время культура проявляет отрицательную реакцию на сильное снижение освещенности. Загущение посевов при высоких нормах высева сверх оптимальной величины приводит к уменьшению чистой продуктивности фотосинтеза, высоты растений, интенсивности накопления органической массы и, как результат, продуктивности [1].

При чрезмерном загущении посевов льна-долгунца вследствие слабого доступа света к листьям формируется малопрочная древесина, состоящая из тонкостенных слаболигнифицированных клеток. Такие растения полегают уже в фазе бутонизации или цветения. В посевах увеличивается количество подседа, снижается выровненность стеблестоя, урожайность и качество льнопродукции. При заниженных нормах высева формируются стебли большого диаметра с повышенным содержанием древесины, в которых формируется низкокачественное волокно [1, 6]. На формирование листового аппарата, урожайность и качество продукции большое влияние оказывает также уровень минерального питания [8, 14].

Знание основных особенностей фотосинтетической деятельности льна-долгунца позволяет целенаправленно управлять продукционным процессом путем использования различных агротехнологических приемов возделывания культуры.

Цель исследования – изучить влияние агротехнологических элементов возделывания на фотосинтетическую деятельность и урожайность льна-долгунца нового среднеспелого сорта Универсал.

Работу проводили на опытном поле Научно-исследовательского института льна – обособленного подразделения Федерального научного центра лубяных культур в Торжокском районе Тверской области в 2017–2019 гг. в полевом двухфакторном опыте, заложенном методом расщепленных делянок.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов:

норма высева семян (фактор А) – 20 и 24 млн шт./га;

доза удобрения (фактор В) – без удобрений (0), $N_{15}P_{30}K_{60}$ и $N_{30}P_{60}K_{90}$.

Площадь опытной делянки первого порядка составляла 90 м², второго – 25 м², повторность в опыте трехкратная. Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая, имевшая в годы исследований следующие агрохимические показатели пахотного слоя: содержание гумуса – низкое (1,15...1,27 %), реакция среды – от средне- до слабокислой (pH_{KCl} 4,6...5,3), содержание подвижного (по Кирсанову) фосфо-

ра – очень высокое (260...450 мг/кг), подвижного (по Кирсанову) калия – от среднего до повышенного (92...142 мг/кг).

Объект исследований – новый среднеспелый сорт льна-долгунца многоцелевого назначения Универсал селекции НИИ льна. Потенциальная урожайность семян сорта составляет до 10,6 ц/га, волокна – 18,9 ц/га. Характеризуется улучшенными качественными параметрами и свойствами волокна – тонковолокнистый с высоким содержанием целлюлозных компонентов (88,7 %), высокой декортикационной способностью стебля и равномерным распределением волокна по всей длине. Рекомендован для производства высококачественной целлюлозы. Сорт высокоустойчив к ржавчине, фузариозному увяданию, устойчив к полеганию и засухе. Включен в Госреестр селекцинных достижений РФ по Северо-Западному, Центральному и Волго-Вятскому регионам.

Лен-долгунец в опыте возделывали в соответствии с рекомендованной для зоны технологией с максимальным использованием серийных машин и оборудования. Удобрения вносили под ранневесеннюю культивацию вручную. Посев осуществляли селекционной сеялкой СЛ-16. Учет урожая проводили вручную поделяночно сплошным методом с вязкой в снопы и последующим обмолотом на молотилке МС-60. Оценку качества льнопродукции осуществляли в НИИ льна. Урожайные показатели приведены к стандартным по влажности и чистоте. Учеты и наблюдения в опыте проводили в соответствии с действующими методическими указаниями (*Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. Торжок, 1978. 71 с.*). Площадь листьев определяли в двух несмежных повторениях опыта весовым методом в начале фазы цветения и в полное цветение. Чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали по формуле, предложенной Киддом, Вестом и Бриггсом (*Практикум по физиологии растений / под ред. Н. Н. Третьякова. – 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Колос, 1982. 271 с.*).

О потенциальной возможности растения сформировать урожайность можно судить по мощности его фотосинтетического аппарата. Между суммарной площадью листьев льна-долгунца и урожайностью льносоломы существует прямая положительная связь. При этом у позднеспелых сортов отмечается более высокая площадь листьев и, соответственно, большая урожайность, чем у ранне- и среднеспелых сортов. Слабое развитие листовой поверхности чаще всего ограничивает продуктивность растений. Изменить размер и площадь листьев, увеличить продуктивность культуры можно при использовании агроприемов, направленных на улучшение питания растений и создание оптимальной густоты посева с целью более полного использования ФАР.

1. Формирование листовой поверхности у растений сорта льна-долгунца Универсал (2017–2019 гг.)

Норма высева семян, млн шт./га (фактор А)	Доза удобрения (фактор В)	Количество листьев на 1 растении, шт.	Площадь листовой пластинки, см²
Начало цветения			
20	$N_0P_0K_0$	58	0,37
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	68	0,44
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	84	0,52
	среднее	70	0,44
24	$N_0P_0K_0$	70	0,42
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	69	0,46
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	79	0,38
	среднее	73	0,42
Среднее	$N_0P_0K_0$	64	0,40
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	68	0,45
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	82	0,45
	среднее	72	0,43
$НСР_{05}$ частных различий для фактора А		4	0,29
$НСР_{05}$ частных различий для фактора В		8	0,13
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора А		6	0,17
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора В		6	0,92
Цветение			
20	$N_0P_0K_0$	60	0,50
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	88	0,50
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	89	0,56
	среднее	79	0,52
24	$N_0P_0K_0$	71	0,46
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	81	0,50
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	77	0,52
	среднее	76	0,49
Среднее	$N_0P_0K_0$	66	0,48
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	84	0,50
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	83	0,54
	среднее	78	0,51
$НСР_{05}$ частных различий для фактора А		19	0,37
$НСР_{05}$ частных различий для фактора В		9	0,95
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора А		11	0,21
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора В		6	0,07

Влияние изучаемых агроприемов на продукционный процесс и показатели фотосинтетической деятельности растений сорта льна-долгунца Универсал было различным. Высота растений с изменением нормы высева семян существенно не менялась. Их воздушно-сухая масса уменьшалась с повышением нормы высева семян с 70,9 до 64,8 г в расчете на 250 растений. Удобрения оказывали положительное влияние на величины этих показателей. В фазе цветения при их использовании высота растений в среднем была больше, чем в варианте без удобрения, на 6,2...15,1 см, воздушно-сухая масса – на 32,3...42,5 г, что в дальнейшем оказало влияние на формирование урожайности льнопродукции.

Нарастание площади листовой поверхности у сорта Универсал проходило до фазы цветения. Количество листьев на растении и размер листовой пластинки увеличивались по мере роста и развития растений льна. Наибольшее в опыте количество листьев на 1 растении (84...89 шт.) отмечали в разреженном посеве при сочетании с дозой удобрения $N_{30}P_{60}K_{90}$. Площадь листовой пластинки при этом составляла в зависимости от срока проведения анализа 0,52...0,56 см² (табл. 1).

Густоту стояния растений льна в посеве определяли норма высева и полевая всхожесть семян, которая составляла от 64 до 76 %. С увеличением нормы высева с 20 до 24 млн всхожих семян на 1 га в среднем независимо от дозы удобрения густота стеблестоя льна-долгунца возрастала с 1373 до 1822 шт./м², в результате площадь листовой поверхности в посеве повысилась с 50,2 до 63,8 тыс. м²/га, при этом прирост фитомассы составил 2,5 г/м² в сутки. Однако чистая продуктивность фотосинтеза при норме высева 24 млн всхожих семян на 1 га имела тенденцию к снижению на 0,52 г/м² и составила 3,46 г/м² в сутки (табл. 2).

С увеличением уровня удобренности растений льна площадь листовой поверхности и прирост фитомассы закономерно повышались. Наиболее высокая в опыте чистая продуктивность фотосинтеза – 4,98 г/м² в сутки в среднем независимо от нормы высева отмечена при внесении удобрений в дозе $N_{15}P_{30}K_{60}$. Увеличение

дозы удобрений до $N_{30}P_{60}K_{90}$ повышало площадь листовой поверхности до наибольших в опыте величин (65,4 тыс. м²/га), однако это не обеспечивало дальнейшего роста чистой продуктивности фотосинтеза. Она достоверно снижалась до 3,82 г/м² в сутки (на 23 %).

Уменьшение чистой продуктивности фотосинтеза при увеличении листовой поверхности объясняется большим затенением растений и недостаточной освещенностью нижних листьев, что отмечается в работах других исследователей [1, 11].

Анализ морфологических признаков показал, что общая высота и техническая длина растений льна при норме высева 20 и 24 млн всхожих семян на 1 га находились на одном уровне (табл. 3). Применение удобрений увеличивало общую высоту в среднем на 5,8...6,2 см (при $НСР_{05}$ = 3,4), техническую длину – на 5,9...6,3 см (при $НСР_{05}$ = 3,1). Наибольшее количество коробочек (3,9 шт. на 1 растение) отмечали при норме высева 20 млн всхожих семян на 1 га. Применение удобрений обеспечивало повышение величины этого показателя на 0,6...0,7 шт. (при $НСР_{05}$ = 1,0). Диаметр стебля льна был меньше в более густом посеве, применение удобрений повышало величину этого показателя.

Показатель мыклости (отношение технической длины стебля к диаметру стебля) косвенно отражает качество волокна. Чем больше его величина, тем выше выход и качество льноволокна. Средняя мыклость продукции товарно-сортовых посевов льна-долгунца находится в пределах 400...700 ед. При норме высева 24 млн всхожих семян на 1 га она в среднем составляла 588 ед., что было на 53 ед. выше величины этого показателя при норме высева 20 млн всхожих семян на 1 га. Применение удобрений снижало величину этого показателя на 11...31 ед. Наиболее высокая мыклость – 592 ед. отмечена без внесения удобрений при норме высева 24 млн всхожих семян на 1 га.

Показатель сбежистости (разница между диаметром стебля у семядольного колена и у начала разветвления) определяет форму стеблей льна. Стебли с формой близкой к цилиндрической дают больший выход и лучшее качество волокна. Чем меньше величина этого показателя, тем выше качество. В наших исследованиях самая низкая сбежистость отмечена при обеих нормах высева без применения удобрений – 0,59 и 0,60 ед. (см. табл. 3).

Общее содержание волокна в стеблях льна по вариантам опыта в среднем составляло 31,4 %. Самым низким в опыте оно было без внесения удобрений – 30,5 и 30,2 % при нормах высева соответственно 20 и 24 млн шт./га. Улучшение условий минерального питания повышало выход волокна в среднем на 1,9 и 1,3 % соответственно дозам $N_{15}P_{30}K_{60}$ и $N_{30}P_{60}K_{90}$. Наиболее высокое содержание волокна в опыте – 32,6 % отмечали при сочетании нормы высева 20 млн всхожих семян на 1 га с дозой удобрения $N_{15}P_{30}K_{60}$.

При изменении нормы высева с 20 до 24 млн шт. на 1 га урожайность льнотресты увеличивалась (табл. 4) на 5,1 ц/га (при $НСР_{05}$ – 8,4 ц/га), всего волокна – на 2,3 ц/га (при $НСР_{05}$ – 2,0 ц/га). При этом семенная продуктивность снижалась на 0,4 ц/га (при $НСР_{05}$ – 0,6 ц/га).

Применение удобрений в дозе $N_{15}P_{30}K_{60}$ независимо от нормы высева семян в среднем по опыту обеспечивало достоверную прибавку урожайности: семян – 1,3 ц/га (при $НСР_{05}$ = 1,2 ц/га), тресты – 11,3 ц/га (при $НСР_{05}$ = 6,1 ц/га) и всего волокна – 3,8 ц/га (при $НСР_{05}$ = 2,9 ц/га). Дальнейший рост урожайности при увеличении дозы удобрений до $N_{30}P_{60}K_{90}$ был несущественным.

Наиболее эффективным сочетанием агротехнических приемов для сорта льна-долгунца Универсал, обеспечивающим самый высокий в опыте урожай волокнистой льнопродукции, был вариант с нормой высева 24 млн всхожих семян на 1 га и дозой удобрения $N_{15}P_{30}K_{60}$, в котором урожайность льнотресты с самым высоким номером (1,75) составляла 44,8 ц/га, всего волокна – 18,8 ц/га, при площади листовой поверхности 63,2 тыс. м²/га. Наибольшую семенную продуктивность (7,0 ц/га) отмечали при сочетании нормы высева 20 млн всхожих семян на 1 га с дозой удобрения $N_{15}P_{30}K_{60}$ при площади листовой поверхности 52,6 тыс. м²/га.

Результаты наших исследований согласуются с данными других авторов, которые отмечают, что для формирования максимальной урожайности волокна оптимальная площадь листьев должна быть выше, чем для накопления наибольшей урожайности семян [1].

2. Влияние нормы высева семян и уровня удобренности на показатели фотосинтетической активности льна-долгунца (2017–2019 гг.)

Норма высева семян, млн шт./га (фактор А)	Доза удобрения (фактор В)	Площадь листовой поверхности, тыс. м²/га	Прирост фитомассы, г/м² в сутки	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м² в сутки
20	$N_0P_0K_0$	35,6	12,1	3,40
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	52,6	27,8	5,29
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	62,4	20,2	3,24
	среднее	50,2	20,0	3,98
24	$N_0P_0K_0$	59,9	7,8	1,31
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	63,2	29,6	4,68
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	68,3	30,1	4,40
	среднее	63,8	22,5	3,46
Среднее	$N_0P_0K_0$	47,8	10,0	2,36
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	57,9	28,7	4,98
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	65,4	25,2	3,82
	среднее	57,0	21,3	3,72
$НСР_{05}$ частных различий для фактора А		16,8	3,7	0,30
$НСР_{05}$ частных различий для фактора В		4,5	1,1	0,33
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора А		9,7	2,1	1,70
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора В		3,2	0,8	0,23

3. Морфологические признаки растений льна-долгунца в зависимости от приемов возделывания (2017–2019 гг.)

Норма высева, млн шт./га (фактор А)	Доза удобрения (фактор В)	Общая высота растений, см	Техническая длина, см	Количество коробочек на 1-ом растении, шт.	Диаметр стебля, мм	Мыклость	Сбежистость
20	$N_0P_0K_0$	69,1	60,0	3,4	1,12	559	0,59
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	74,7	66,3	4,2	1,26	543	0,65
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	75,1	65,6	4,1	1,36	504	0,70
	среднее	73,0	64,0	3,9	1,25	535	0,65
24	$N_0P_0K_0$	69,4	60,2	3,0	1,05	592	0,60
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	75,4	66,4	3,4	1,18	587	0,63
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	75,8	66,4	3,7	1,20	586	0,66
	среднее	73,5	64,3	3,4	1,14	588	0,63
Среднее	$N_0P_0K_0$	69,2	60,1	3,2	1,08	576	0,60
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	75,0	66,4	3,8	1,22	565	0,64
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	75,4	66,0	3,9	1,28	545	0,68
	среднее	73,2	64,2	3,6	1,19	562	0,64
$НСР_{05}$ частных различий для фактора А		7,8	4,7	0,5	0,19		
$НСР_{05}$ частных различий для фактора В		4,8	3,1	1,4	0,83		
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора А		4,5	8,1	0,3	0,11		
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора В		3,4	4,4	1,0	0,06		

4. Урожайность льнопродукции и ее качество в зависимости от приемов возделывания льна-долгунца (2017–2019 гг.)

Норма высева, млн шт./га (фактор А)	Доза удобрения (фактор В)	Урожайность льнопродукции, ц/га			№ льнотресты по ГОСТ 24383-89
		семян	тресты	всего волокна	
20	$N_0P_0K_0$	5,5	29,7	12,4	1,25
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	7,0	39,0	16,0	1,75
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	6,9	39,4	16,2	1,50
	среднее	6,5	36,0	14,9	1,50
24	$N_0P_0K_0$	5,1	34,1	14,3	1,50
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	6,2	44,8	18,8	1,75
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	6,8	44,4	18,4	1,50
	среднее	6,0	41,1	17,2	1,58
Среднее	$N_0P_0K_0$	5,3	31,9	13,4	1,38
	$N_{15}P_{30}K_{60}$	6,6	41,9	17,4	1,75
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	6,8	41,9	17,3	1,50
	среднее	6,2	38,6	16,0	1,54
$НСР_{05}$ частных различий для фактора А		1,1	14,4	3,4	
$НСР_{05}$ частных различий для фактора В		1,6	8,6	4,2	
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора А		0,6	8,4	2,0	
$НСР_{05}$ главных эффектов для фактора В		1,2	6,1	2,9	

Таким образом, при возделывании среднеспелого сорта льна-долгунца Универсал минеральные удобрения оказывали большее влияние на формирование листовой поверхности, чем норма высева семян. Наиболее эффективной в опыте дозой удобрения была $N_{15}P_{30}K_{60}$, внесение которой в сочетании с нормой высева 20 млн всхожих семян на 1 га обеспечивало максимальную в эксперименте урожайность льносемян (7,0 ц/га) и наиболее высокую чистую продуктивность фотосинтеза (5,29 г/м^2 в сутки) при площади листовой поверхности 52,6 тыс. м^2/га. Максимальная в опыте урожайность льноволокна (18,8 ц/га) хорошего качества формируется при оптимальной площади листьев 68,3 тыс. м^2/га, которая достигается при сочетании нормы высева 24 млн всхожих семян на 1 га с дозой удобрения $N_{15}P_{30}K_{60}$. Чистая продуктивность фотосинтеза при этом снижается до 4,68 г/м^2 в сутки, а урожайность льносемян – до 6,2 ц/га.

Литература.

1. Тихомирова В. Я., Сорокина О. Ю. Лен-долгунец. Биологические особенности. Управление формированием урожая и его качества: научное издание. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2011. 158 с.

2. Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых и среднеокультуренных почвах в условиях Псковской области / А. Д. Степин, М. Н. Рысев, Т. А. Рысева и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (6). С. 764–776. doi: org./10.30766/2072-9081.2020.21.6.764-776.

3. Data on genetic polymorphism of flax (linum usitatissimum L.) pathogenic fungi of Fusarium, colletotrichum, aureobasidium, Septoria, and melampsora genera / R. O. Novakovskiy, E. M. Dvorianinova, T. A. Rozhmiva, et al. // Data in Brief. 2020. T. 31. C. 105710. doi: 10.1016/j.dib.2020.1055710.

4. Трабурова Е. А., Рожмина Т. А., Андреева И. А. Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности в условиях ЦН // Аграрная наука Евро-Северо-Достока. 2020. № 21 (6). С. 688–696.

5. Differential gene expression in response to Fusariumoxysporum infection in resistant and susceptible of flax (Linum usitatissimum L.) / A. A. Dmitriev, G. S. Krasnov, T. A. Rozhmina, et al. // BMC Plant Biol. 2017: URL. https://bmcpalantbiol.biomedcentral.com/articles.doi:10.1186/s12870-017-1192-2 (дата обращения: 06.02.2020).

6. Понажев В. П. Влияние методов создания оригинальных семян льна-долгунца на их урожайность и качество // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 4. С. 46–49.

7. Понажев В. П., Янышина А. А. Методы создания обновленных семян льна-долгунца и эффективность их применения в семеноводстве // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 9. С. 39–43.

8. Параметры фотосинтеза масличных культур семейства Brassicaceae / Т. А. Прахова, А. Н. Кшникаткина, Г. Н. Ильина и др. // Аграрный научный журнал. 2020. № 5. С. 34–37. doi: 10.28983/asj.y2020i5pp34-37.

9. Корепанова Е. В., Фатыхов И. И. Фотосинтетическая деятельность льна-долгунца Восход и Синичка при разных нормах высева // Аграрный вестник Урала. 2011. № 10 (89). С. 6–7.

10. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность льна масличного ВНИИМК 620 при разных способах посева и нормах высева / В. Н. Гореева, И. Ш. Фатыхов, У. В. Корепанова Е. В. и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 1. С. 40–43.

11. Тихомирова В. Я. О теневыносливости сортов льна-долгунца // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2007. № 4. С. 49–51.

12. Приемы повышения урожайности льна-долгунца / О. Ю. Сорокина, Н. Н. Кузьменко, Т. П. Сухопалова др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 8. С. 18–23. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10804

13. Кузьменко Н. Н., Ильина В. И. Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева семян // Земледелие. 2016. № 2. С. 33–35.

14. Никитин С. В. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов // Успехи современного естествознания. 2017. № 1. С. 33–38.

Influence of agrotechnological elements of cultivation on the formation of the photosynthetic apparatus and the yield of fibre flax of Universal variety

N. N. Kuzmenko, V. I. Ilyina
Flax Research Institute – branch of Federal Scientific Center of Bast-Fiber Crops Breeding, ul. Lunacharckogo, 35, Torzhok, Tverskaya obl., 172002, Russian Federation

Abstract. *The study aimed to determine the influence of agrotechnological elements of cultivation (seeding rate and fertilizer dose) on the photosynthetic activity and productivity of mid-ripening fibre flax Universal. The work was carried out in 2017–2019 in a two-factor field experiment on sod-podzolic medium loamy soil in the Tver region. The experimental design included the following options: seeding rate (factor A) – 20 and 24 million germinating seeds per 1 ha; the dose of mineral fertilizer (factor B) – without fertilizers (0), N15P30K60, N30P60K90. The rate of 20 million germinating seeds per 1 ha contributed to an increase in the net productivity of photosynthesis of flax by 0.52 g/m2 per day (by 15 %), in relation to the norm of 24 million germinating seeds per 1 ha. The dose of N15P30K60 provided the highest net productivity of photosynthesis. An increase in the fertilizer dose led to an increase in the leaf surface by 750 m2/ha (by 13 %), but a decrease in the net productivity of photosynthesis by 1.17 g/m2 per day (by 23 %). The optimal leaf area for the formation of the highest yield of flax seeds (700 kg/ha) was 52.6 thousand m2/ha, which was obtained by combining the seeding rate of 20 million germinating seeds per 1 ha with the fertilizer dose of N15P30K60. To form the highest yield of flax fibre (1.88 t/ha) and good quality of fibrous flax products, the optimal leaf area was 68.3 thousand m2/ha, which was obtained by combining the seeding rate of 24 million germinating seeds per 1 ha with the fertilizer dose of N15P30K60. An increase in the dose of fertilizers did not provide a reliable increase in yield and product quality.*

Keywords: *fibre flax (Linum usitatissimum); seeding rate; fertilizer dose; photosynthetic activity; yield.*

Author Details: *N. N. Kuzmenko, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru); V. I. Ilyina, senior research fellow.*

For citation: *Kuzmenko NN, Ilyina VI [Influence of agrotechnological elements of cultivation on the formation of the photosynthetic apparatus and the yield of fibre flax of Universal variety]. Zemledelie. 2021; (5):36-40. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-36-40.*

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45
УДК 633.19:631.524.85

Роль сорта в стабилизации производства зерна в широком диапазоне агроклиматических факторов

А. И. ГРАБОВЕЦ, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: grabovets_ai@mail.ru)
К. Н. БИРЮКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный Ростовский аграрный научный центр,
ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский р-н, Ростовская обл., 346735, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения особенностей купирования негативных погодных факторов во всём их диапазоне путем возделывания новых сортов озимых пшеницы и тритикале, а также применения отдельных агроприёмов. Работу выполняли в 2012–2020 гг. на Дону. Изучали реакцию 16 сортов пшеницы и 21 сорта тритикале на засуху, весенние заморозки и внесение минеральных удобрений. Стандартами служили пшеница Дон 105, тритикале Каприз. Схемы использования минеральных удобрений включали внесение под основную обработку аммофоса (P_{52} и P_{104}) и проведение на этом фоне в фазы выхода в трубку и перед колошением растений корневых и некорневых подкормок азотными (46...104 кг д.в.) и жидкими комплексными (50 кг/га N_7P_{18}) удобрениями. Вегетационные сезоны 2012, 2013, 2015, 2018, 2020 гг. характеризовались как крайне засушливые, остальные были благоприятными. Наиболее адаптированными к засухе оказались сорта озимой пшеницы Тарасовская 70, Донская лира, Губернатор Дона, Золушка, Северодонецкая юбилейная, урожайность которых в засушливые годы была выше средней по опыту на 12...15 %. Более толерантными к засухе оказались сорта озимой тритикале Ацтек, Донслав, Пилигрим, Атаман Платов, Приам, Капрал, урожайность которых превысила среднюю в опыте на 0,54...0,66 т/га. Весенние заморозки разной интенсивности наблюдали в 2000, 2003, 2005, 2011, 2019 гг. Особенно выделился 2000 г. (-10...-11 °С). У сортов пшеницы Донская лира, Богема, Северодонецкая юбилейная, Губернатор Дона урожайность в этих условиях была самой высокой, и в среднем по этим генотипам составляла 5,76 т/га при средней в опыте 4,78 ц/га. Реакция сортов пшеницы и тритикале на внесение минеральных удобрений была обусловлена генетическими особенностями. По прибавкам урожайности (до 4...5 ц/га) выделились сорта пшеницы Донская лира, Губернатор Дона, Золушка, Боярыня, тритикале – Атаман Платов, Рамзес, Капрал, Зимогор.

Ключевые слова: *сорт, засухоустойчивость, весенние заморозки, агрофон, некорневые подкормки, урожай, зерно.*

Для цитирования: *Грабовец А. И., Бирюков К. Н. Роль сорта в стабилизации производства зерна в широком диапазоне агроклиматических факторов // Земледелие. 2021. № 5. С. 41–45. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45.*

Прогнозы изменения климата довольно противоречивы. Почти полное согласие достигнуто только в вопросе глобального потепления, но сценарии будущего состояния климата и возможной реакции агроэкосистем весьма неопределенны [1]. В первые два десятилетия XXI в. на севере Ростовской области отмечали усиление континентальности климата и нарастание аридности. Среднегодовая температура воздуха, в сравнении с 1900–1990 гг., выросла на 3,2 °С (метеопост Тарасовское опытное поле). При этом на севере Ростовской области в 5...7 лет за десятилетие наблюдали засуху [2]. Сумма осадков в регионе в среднем за год составляет 450...460 мм. Однако наметилась четкая тенденция их перераспределения на осенне-зимний период, количество летних осадков за 1950–2018 гг. уменьшилось со 146 до 121 мм. Индекс аридности (отношение среднегодового количества осадков к средней температуре за год) в 2001–2010 гг. был равен 4,90, в 2011–2020 гг. – 4,47, а в 80–90 гг. прошлого века – 6,44 (данные метеопоста Тарасовское опытное поле).

Усиление континентальности климата усугубляется частыми суховеями, наблюдаемыми летом, весной и осенью. Холодная погода зимой чередуется с длительными оттепелями, во время которых возможно возобновление вегетации озимых с последующими возвратными заморозками. В зимний период стали обычными притертые ледяные корки, поскольку часть осадков выпадает в виде дождя. Заморозки часто бывают в апреле (и даже мае) во время активной вегетации растений [3].

Сорт и технология позволяют нивелировать влияние перечисленных негативных факторов на урожайность зерна. Поэтому использование адаптивных и стрессоустойчивых сортов выступает как инновационный фактор [4]. Их ценность зависит не только от абсолютных значений продуктивности, но и в значительной мере от экологической пластичности, способности сорта в различных условиях внешней среды формировать экономически значимую урожайность [5]. На сегодняшний день создано достаточно много сортов озимых пшеницы и тритикале нового поколения. Их отличает высокий потенциал продуктивности, широкая экологическая пластичность, хорошее качество зерна. Современная аграрная наука подтверждает, что использование лучших районированных сортов обеспечивает прибавку урожая до 50 % [6].

В технологии выращивания пшеницы и тритикале одним из основных резервов остается экономически выгодная технология использования удобрений, в том числе в легкодоступной для растений форме [7]. Поэтому подбор адаптивных сортов, поиск оптимальных агротехнических приемов их возделывания до сих пор актуальны в конкретных почвенно-климатических условиях [8]. Особенно это связано с ежегодным появлением новых сортов.

Цель исследования – изучение реакции сортов пшеницы и тритикале собственной селекции на применение отдельных элементов агротехнологии в условиях меняющегося климата для выявления генотипов, стабильно формирующих урожаи в разном диапазоне сред.

1. Регионы допуска и реализованная урожайность ряда сортов озимой пшеницы и озимой тритикале (2012–2020 гг.)

Озимая пшеница			Озимая тритикале		
сорт	регион допуска	реализованная урожайность, т/га	сорт	регион допуска	реализованная урожайность, т/га
Вестница	6, 7	11,2	Рамзес	5, 6	11,1
Боярыня	6, 7	10,6	Зимогор	4, 5, 6, 11	12,9
Губернатор Дона	5, 6, 7, 8, 9	11,42	Рамзай	3, 6	10,6
Донская лира	5, 6, 7, 8	10,15	Донслав	5, 6	10,6
Донэко	5, 6, 7, 8, 9	10,09	Атаман Платов	3, 5, 6, 7	11,12
Золушка	6, 8	9,2	Ацтек	4, 5, 6, 7, 9	10,5

Эксперименты выполняли в 2012–2020 гг. в северо-западной зоне Ростовской области. Почва опытного участка – среднемощный южный карбонатный чернозем. Мощность гумусового горизонта – 60...70 см. Содержание гумуса в пахотном слое составляло 3,6 % (ГОСТ 2613-91), гидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 67 мг/кг, общего азота ($N\text{-}NO_3$+ $N\text{-}NH_4$, по Гинзбургу) в пахотном слое почвы – 12 мг/кг почвы, подвижных форм фосфора и калия (по ГОСТ 26204-91) – 25 и 320 мг/кг соответственно, сумма поглощенных оснований (по ГОСТ 27281-88) – 68 мг-экв./100 г [9].

Материалом для исследования были 16 сортов озимой пшеницы и 21 сорт озимой тритикале собственной селекции. Предшественник – черный пар. Посев озимых проводили в оптимальные для зоны сроки (5...10 сентября) с нормой высева 4 млн всхожих семян/га. Глубина заделки семян – 4...5 см. Площадь делянки 50 м², повторность опыта трехкратная.

Работы по уходу за растениями выполняли по мере необходимости и в сжатые сроки. Уборку осуществляли прямым комбайнированием в фазе полной спелости зерна комбайном Сампо 500.

Схема внесения минеральных удобрений под пшеницу и тритикале включала следующие варианты: 1) без удобрений (контроль); 2) N_{50} (150 кг/га аммиачной селитры) + N_7P_{18} (50 кг/га жидких комплексных удобрений – ЖКУ); 3) N_{50} (150 кг/га аммиачной селитры) + N_{30} (65 кг/га карбамида); 4) $N_{12}P_{52}$ в основное внесение (100 кг/га аммофоса); 5) $N_{12}P_{52}$ + N_{50} + N_7P_{18}; 6) $N_{12}P_{52}$ + N_{50} + N_{30}; 7) $N_{24}P_{104}$ в основное внесение (200 кг/га аммофоса); 8) $N_{24}P_{104}$ + N_{50} + N_7P_{18}; 9) $N_{24}P_{104}$ + N_{50} + N_{30}. Фосфорные удобрения вносили под основную обработку и по вегетации, азотные – в виде корневых и некорневых подкормок. Варианты 1...3 были приняты за относительно низкий агрофон, 4...6 – за средний, 7...9 – за высокий. Стандарт на низком фоне – вариант без внесения фосфорных удобрений под вспашку; на среднем фоне – внесение 1 ц аммофоса ($N_{12}P_{52}$) под вспашку; на высоком агрофоне – внесение 2 ц аммофоса под вспашку. На этих фонах изучали действие корневого внесения азота и некорневого внесения ЖКУ.

Посев проводили как при наличии влаги в почве, так и при ее отсутствии в посевном слое в соответствии с методикой. Формирование зерновки и налив зерна в 2012, 2013, 2015, 2018, 2020 гг. проходили в очень жестких условиях по увлажнению. Запас доступной влаги в метровом слое почвы составлял всего 10...40 мм, наблюдали высокие температуры воздуха. Сезоны 2014, 2016, 2017, 2019 гг. были в целом благоприятными для возделывания изучаемых культур.

Засухоустойчивость сортов оценивали по степени снижения урожайности, в сравнении со средней величиной этого показателя по всей выборке в засушливые годы. Дополнительную оценку проводили в острозасушливые годы (2012, 2013, 2015) путем определения быстроты и степени увядания, отмирания нижних листьев и урожая с единицы площади (*Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Госагропром СССР, 1989. 162 с.*). По этой же методике проводили оценку устойчивости сортов к весенним заморозкам и полеганию. Устойчивость зерна к прорастанию на корню у всех изученных сортов пшеницы и тритикале определяли по ГОСТ 27676-88 на приборе Perten F N 1500 фирмы Falling Number. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием критерия Фишера.

Один из показателей экологической пластичности сорта – география его возделывания. Наиболее широкий ареал допуска у сортов озимой пшеницы Губернатор Дона, Донэко, Донская лира, которые возделывают в 4...5 регионах Российской Федерации (табл. 1). Сорта Вестница, Боярыня, Золушка допущены к использованию по Северо-Кавказскому и Средневолжскому регионам, при этом их реализованная урожайность превышает 10 т/га (Губернатор Дона в 2014 г. на Обоянском государственном сортоучастке Курской области – 11,42 т/га; Донэко в Краснодарском НИИ сельского хозяйства им. П.П.Лукьяненко в 2010 г. – 10,09 т/га; Донская лира в Курском НИИ агропромышленного производства в 2008 г. – 10,15 т/га).

Сорта озимой тритикале Алмаз и Ацтек также разрешены к использованию в пяти регионах. Сорт Зимогор можно высевать в Восточно-Сибирском регионе (Бурятия, Иркутская область, Тыва, Якутия, Хакасия и др.). Лидерами по урожайности среди сортов тритикале были Зимогор (12,9 т/га),

2. Урожайность сортов-лидеров по засухоустойчивости, т/га

2012 г.		2013 г.		2015 г.	
сорта-лидеры	урожайность	сорта-лидеры	урожайность	сорта-лидеры	урожайность
Озимая пшеница					
Донская лира	3,40	Боярыня	3,97	Тарасовская 70	5,18
Вестница	3,20	Тарасовская 70	3,85	Донна	5,00
Донэко	3,07	Донна	3,75	Донэра	4,88
Среднее по опыту (16 сортов)	2,86	Среднее по опыту (16 сортов)	3,49	Среднее по опыту (16 сортов)	4,49
$НСР_{05}$ = 0,20 т/га		$НСР_{05}$ = 0,23 т/га		$НСР_{05}$ = 0,27 т/га	
Озимая тритикале					
Ацтек	4,35	Пилигрим	5,21	Донслав	5,34
Легион	3,97	Донслав	5,17	Пилигрим	5,03
Топаз	3,95	Ацтек	4,97	Ацтек	4,96
Среднее по опыту (12 сортов)	3,69	Среднее по опыту (12 сортов)	4,67	Среднее по опыту (10 сортов)	4,68
$НСР_{05}$ = 0,26 т/га		$НСР_{05}$ = 0,24 т/га		$НСР_{05}$ = 0,23 т/га	

3. Устойчивость ряда новых сортов тритикале к прорастанию на корню и полеганию (2018–2020 гг.)

Показатель	Сорт					
	Каприз, стандарт	Азнавур	Аргус	Блюз	Приам	Форте
Число падения, с	88	215	157	154	139	108
Устойчивость к полеганию, балл	5,4	8,4	8,2	8,4	9	8,2

Рамзес (11,1 т/га), Атаман Платов (11,12 т/га). У остальных сортов она находилась на уровне 10,5...10,8 т/га (см. табл. 1).

Требование к влаге у сортов дифференцировано. Одни сравнительно хорошо переносят засуху, другие хуже приспособлены к таким условиям и при недостатке влаги резко снижают урожаи. Масса зерна с единицы площади – интегральный показатель засухоустойчивости сорта [10]. Анализ результатов исследования 16 сортов озимой пшеницы за три года с наиболее острой засухой во второй половине лета свидетельствует, что каждый год засухоустойчивость разных сортов проявлялась по-разному в силу компенсационных физиологических взаимосвязей. В один год выделялись одни сорта, в другой другие (табл. 2). При этом состав лучших по засухоустойчивости сортов менялся, но Тарасовская 70 и Донна попадали в список сортов-лидеров в течение двух лет подряд. Их средняя урожайность в 2013 и 2015 гг. составила 4,52 и 4,38 т/га соответственно (при средней по опыту 3,99 т/га).

Средняя урожайность озимой тритикале (изучали 10...12 сортообразцов) по результатам исследований в засушливые годы была на 0,74 т/га выше, чем у пшеницы (см. табл. 2). Это свидетельствует о большей устойчивости культуры к негативному влиянию засухи. Следовательно, замена части посевов пшеницы на тритикале может служить резервом увеличения валового производства зерна в неблагоприятных условиях. Лидерами по засухоустойчивости среди сортов озимой тритикале в 2012 г. был Ацтек, в 2013 г. – Пилигрим, в 2015 г. – Донслав. Их урожайность превышала среднюю по опыту на 0,54...0,66 т/га. Этого удалось достичь благодаря хорошей выполненности зерен и большему их количеству в колосе. Сорта Пилигрим и Донслав характеризовались хорошей засухоустойчивостью и в 2013 и 2015 гг. соответственно. Их урожайность превышала среднюю в опыте на 0,35...0,66 т/га.

Изменения климата вызывают не только засуху, но и ряд других отрицательных факторов. В частности, понижение среднесуточных температур из-за ливней в предуборочный период, такой «температурный шок» зачастую провоцирует начало прорастания зерна на корню.

Адаптированность генотипа к этому процессу можно выявить по показателю числа падения. У устойчивых сортов тритикале оно варьирует в интервале 100 ...300 с и более, пшеницы превышает 200 с. У лучших по величине этого показателя новых сортов тритикале, для которой эта проблема более актуальна, чем для пшеницы, число падения варьировало от 108 до 215 с, что выше, чем у стандарта, на 20...127 с (табл. 3). В среднем по новым сортам величина этого показателя составила 155 с или выше, чем у стандарта, на 67 с.

Все изученные сорта пшеницы и тритикале характеризовались высокой устойчивостью к полеганию (8,2...9,0 баллов), что свидетельствует об их технологичности при уборке.

Еще один негативный фактор – заморозки в апреле–мае, когда происходит интенсивный рост растений. Весенние заморозки разной интенсивности проявлялись в 2000, 2003, 2005, 2011, 2019 гг. Наиболее характерным в этом отношении был май 2020 г. Большее поражения после заморозков отмечали на посевах озимой пшеницы. Ее растения находились на стадии 1...2 междоузлия, а температура воздуха опускалась до -10 °С. У группы устойчивых к заморозкам сортов урожайность находилась на уровне 5,76 т/га. Самый высокий урожай сформировали сорта Донская лира, Вольная заря, Богема, Былина Дона (5,94, 5,84, 5,76 и 5,71 т/га соответственно). У неустойчивых сортов она в среднем составляла 4,82 т/га. В посевах озимой тритикале вследствие ее более высокой устойчивости к заморозкам дифференциации по сортам не выявлено (табл. 4).

4. Урожайность озимой пшеницы при наиболее сильном весеннем заморозке (2020 г.)

Устойчивые к стрессору		Неустойчивые к стрессору	
сорт или селекционная линия	урожайность, т/га	сорт или селекционная линия	урожайность, т/га
Донская лира	5,94	Дон 107	5,06
Вольная заря	5,84	Октава 15	5,04
978/16	5,78	Безостая 100	4,92
Богема	5,76	Мирабель 20	4,89
Былина Дона	5,71	Пальмира 18	4,86
Акапелла	5,68	Алексеич	4,76
Пафос	5,60	Сварог	3,96
Среднее	5,76	Среднее	4,78
$НСР_{05}$ = 0,22 т/га		$НСР_{05}$ = 0,38т/га	

Суммарное водопотребление (*Е*) озимых культур складывается из атмосферных осадков (*Х*) и изменения запасов почвенной влаги (*ΔW*). Уровень грунтовых вод на опытном участке находился на глубине более 4 м, ввиду чего их в водном балансе не учитывали. При разном уровне агрофона выявлены определенные закономерности в изменении водного режима почвы и коэффициента водопотребления (*Кв*).

Наиболее рационально посевы озимой пшеницы расходовали почвенную влагу на высоком агрофоне, что отражает наименьший коэффициент водопотребления – 460 м³/т. Самые высокие затраты влаги на формирование единицы продукции отмечены на низком агрофоне. Расход воды увеличился на 109 м³/т (табл. 5).

5. Водный баланс озимой пшеницы на плакоре в зависимости от уровня агрофона в среднем за 2012–2020 гг. (n=10...12)

Агрофон	ΔW, м³/га	Х, м³/га	Е, м³/га	У, т/га	Кв, м³/т
Низкий (без удобрений)	1067	1494	2561	4,50	569
Средний ($N_{12}P_{52}$)	925	1494	2419	4,71	514
Высокий ($N_{24}P_{104}$)	801	1494	2295	4,99	460

У наиболее урожайных сортов пшеницы Донская лира, Вольная

6. Урожайность озимых пшеницы и тритикале при внесении аммофоса под вспашку (2012–2020 гг.), т/га

Культура	Без удобрений	Аммофос	
		100 кг/га ($N_{12}P_{52}$)	200 кг/га ($N_{24}P_{104}$)
Озимая пшеница (12 сортообразцов)	3,97	4,35	4,60
Озимая тритикале (12 сортообразцов)	5,57	5,96	6,14
$НСР_{05}$: по культурам – 0,29 т/га; по агрофонам – 0,12 т/га; межфакторная – 0,28 т/га			

7. Эффективность подкормок азотным и жидким комплексным удобрениями в среднем по сортам (2012–2020 гг.), т/га

Общий агрофон	Урожайность			
	озимая пшеница (12 сортообразцов)		озимая тритикале (12 сортообразцов)	
	стандарт*	N_{50}+ N_7P_{18}	стандарт	N_{50}+ N_7P_{18}
Низкий (без удобрений)	3,97	4,78	5,57	6,42
Средний ($N_{12}P_{52}$)	4,35	4,83	5,96	6,42
Высокий ($N_{24}P_{104}$)	4,60	5,20	6,14	6,64
$НСР_{05}$ (подкормка)	0,41		0,43	

**на низком агрофоне – вариант без внесения фосфорных удобрений под вспашку; на среднем – 1 ц аммофоса ($N_{12}P_{52}$) под вспашку; на высоком – 2 ц аммофоса под вспашку.*

заря, Богема, Былина Дона, Золушка коэффициент водопотребления, в сравнении со средними значениями в опыте, был меньше на 14...18 %, увеличиваясь от среднего к высокому агрофону. У тритикале аналогичная картина отмечена по сортам Ацтек, Донслав, Азнавур, Аргус, Атаман Платов, Приам (соответственно 16...19 %).

Урожай зерна на конкретном поле определяется макроэлементом, находящимся в минимуме. На северо-западе Ростовской области – это фосфор. Оптимальным содержанием считают 30...40 мг/кг доступных фосфатов [11]. В засушливых условиях внесение фосфорсодержащих удобрений под предпосевную культивацию из-за связывания P_2O_5 кальцием и переходом его в недоступную форму становится малоэффективным. В наших исследованиях на северном Дону из-за недостаточного увлажнения почвы максимальную отдачу фосфорных туков отмечали при внесении под отвальную вспашку пара на глубину 18...20 см. Реакция на основное внесение удобрений у сортов пшеницы и тритикале была разной. Особенно это проявилось в благоприятном 2016 г., когда урожайность озимой пшеницы варьировала от 9,14 т/га (Боярыня) до 7,20 т/га (Донстара), тритикале – от 11,12 т/га (Атаман Платов) до 10,07 т/га (Пилигрим). Таким образом, в складывающихся погодно-климатических реалиях успех может гарантировать выращивание минимум двух-трех сортов озимой пшеницы и (или) тритикале [12].

Опыт с удобрениями проводили много лет и фосфор на участке вносили систематически. Несмотря на ежегодный уравнительный посев овса, на неудобренном агрофоне количество доступных фосфатов и урожай зерна был достаточно высокими: озимая пшеница – 3,97 т/га, тритикале – 5,57 т/га. При внесении P_{52} под вспашку прибавка в среднем по пшенице составила 0,38 т/га, по тритикале – 0,39 т/га (табл. 6). Причем увеличения содержания в почве доступных фосфатов не наблюдали. Это происходило только после внесения P_{104} – уровень фосфатов увеличился на 13,4 мг/кг. Урожайность зерна пшеницы в этом варианте дополнительно выросла на 0,25 т/га, тритикале – на 0,18 т/га.

8. Урожайность озимых пшеницы и тритикале в среднем при совместном применении фосфорных и азотных удобрений (2012, 2013, 2015 гг.), т/га

Культура	Без удобрений	100 кг/га аммофоса+150 кг/га селитры+65 кг/га карбамида	200 кг/га аммофоса+150 кг/га селитры+65 кг/га карбамида
Озимая пшеница (12 сортообразцов)	4,95	5,72	6,00
Озимая тритикале (12 сортообразцов)	6,03	6,85	7,09
$НСР_{05}$: по культурам – 0,32; по агрофонам – 0,22; межфакторная – 0,29			

Большую роль в условиях засухи играют жидкие комплексные удобрения (ЖКУ), которые наносят на вегетирующие растения. Усвояемость фосфора из этих удобрений составляет 60...80 % и его целесообразно использовать в период от выхода в трубку до колошения.

Высокая отзывчивость озимых пшеницы и тритикале (средняя прибавка урожая по сортам 0,81 и 0,85 т/га соответственно) на внесение N_{50} рано весной в сочетании с подкормкой ЖКУ в фазе стеблевания на низком агрофоне (табл. 7) объясняется тем, что растения в этот период остро нуждаются в азоте и фосфоре, которые необходимы для формирования в первую очередь колоса. В жидком комплексном удобрении фосфор находится в легкоусвояемой форме, поэтому его сразу используют растения. При улучшении условий минерального питания эффективность подкормок снижалась – прибавки урожая озимой пшеницы составляли 0,48...0,60 т/га, тритикале – 0,46...0,50 т/га.

Высокие валовые сборы зерна у изучаемых сортов, особенно при засухах, обеспечивает внесение азота в разные фазы развития растений. Особенно результативной была некорневая подкормка озимых пшеницы и тритикале карбамидом в фазе колошения на фоне предварительного внесения 150 кг/га аммиачной селитры ранней весной. Средняя урожайность озимой пшеницы при ее проведении увеличилась, по сравнению с фоном без удобрений, на 0,77...1,05 т/га, озимой тритикале – на 0,82...1,06 т/га (табл. 8).

При внесении азота была установлена четкая зависимость величины прибавок от количества доступных фосфатов в почве. Сорт в этом случае роли не играл. Результаты опыта еще раз подтверждают значимость макроэлемента, который находится в минимуме (в нашем случае фосфор). Его недостаток приводит к непродуктивному использованию других макроэлементов (в нашем примере – азот).

Выводы. Среди изучаемых генотипов озимой пшенице по засухоустойчивости выделены сорта Тарасовская 70, Донна, Донская лира, Губернатор Дона, Золушка, Северодонецкая юбилейная, превышавшие по урожаю в засушливые годы другие сорта в среднем на 12...15 %. У тритикале такими сортами были Ацтек, Донслав, Пилигрим, Атаман Платов, Приам, Капрал с прибавками 0,54...0,66 т/га.

Урожайность группы морозоустойчивых сортов пшеницы находилась на уровне 5,76 т/га. Наибольшей она была у сортов Донская лира, Вольная заря, Богема, Былина Дона (5,94, 5,84, 5,76 и 5,71 т/га соответственно). У менее устойчивых генотипов урожайность находилась на уровне 4,82 т/г. Вследствие высокой устойчивости к заморозкам дифференциации по сортам озимой тритикале не выявлено.

Судя по числу падения, устойчивость к прорастанию на корню пшеницы в годы исследований была высокой. У тритикале лучшими среди генотипов оказались Азнавур, Аргус и Блюз (154...215 сек.).

При основном внесении сложных удобрений урожайность сортов пшеницы в благоприятном 2016 г. варьировала от 9,14 т/га у Боярыни до 7,20 т/га у Донстара, у тритикале – от 11,12 т/га у сорта Атаман Платов до 10,07 т/га у Пилигрима.

Существует заметная дифференциация сортов по реакции на агрофон: у пшеницы при использовании карбамида прибавка урожая варьировала в пределах 0,77... 1,05 т/га, у тритикале – 0,82...1,06 т/га, при

внесении ЖКУ – 0,48...0,81 т/га и 0,46...0,85 т/га соответственно. Прибавки при некорневом использовании карбамида и ЖКУ зафиксированы во все годы, в том числе при засухах.

Литература.

1. Волкова Л. В., Щенникова И. Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур // Теоретическая и прикладная экология. 2020. №3. С. 140–146. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146.

2. Технология возделывания озимых пшеницы и тритикале на Дону в условиях нарастания засух / А. И. Грабовец, В. Е. Зинченко, К. Н. Бирюков и др. Ростов-на-Дону: изд."Юг", 2015. 140 с.

3. Потанин В. Г., Алейников А. Ф., Степочкин П. И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 3. С. 347–353. doi: 10.18699/VJ17.252.

4. Гордей С. Н., Сацюк И. В., Урбан Э. П. Направление и основные результаты селекции озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в Республике Беларусь // Весці Нацыянальнай академіі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2019. Т. 57. № 4. С. 444–453. doi: 10.29235/1817-7204-2019-57-4-444-453.

5. Жученко А. А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии (эколого-генетические основы). Теория и практика. М.: Агрорус, 2010. 1053 с.

6. Адаптивная агротехнология возделывания новых сортов озимой пшеницы на территории Терско-Сулакской подпровинции / Н. Р. Магомедов, Д. С. Магомедова, С.О. Ахмедова и др. // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 2. С. 171–179. doi: 10.18470/1992-1098-2017-2-171-179.

7. Пасько С. В. Эффективность сортов озимой пшеницы при внесении удобрений // Земледелие. 2009. № 7. С. 41–42.

8. Чернова В. Л., Подгорный С. В., Скрипка О. В. Урожайность и параметры адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5. С. 21–25. doi: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-21-25.

9. Губанов Я. В., Иванов Н. Н. Озимая пшеница. М.: ВО «Агропромиздат», 1990. 127 с.

10. Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Тритикале. Ростов-на-Дону: изд. "Юг", 2019. 440 с.

11. Грабовец А. И., Бирюков К. Н. Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи // Земледелие. 2018. № 7. С. 36–39. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10710.

12. Хлопюк М. С., Хлопюк П. М., Пикуль А. Н. Продуктивность и параметры адаптивности некоторых сортов озимой тритикале // Кормопроизводство. 2016. № 8. С. 40–43.

Role of the variety in the stabilization of grain production in a wide range of agroclimatic factors

A. I. Grabovets, K. N. Biryukov
Federal Rostov Agrarian Scientific Center, ul. Institutskaya, 1, pos. Rassvet, Aksaiskii r-n, Rostovskaya obl., 346735, Russian Federation

Abstract. *The research aimed to determine the peculiarities of the relief of negative weather factors in their entire range by cultivating new varieties of winter wheat and triticale, as well as using certain agricultural methods. The work was carried out in 2012–2020 in the Don region. We studied the response of 16 wheat varieties and 21 triticale varieties to drought, spring frosts and the application of mineral fertilizers. Wheat Don 105, triticale Kapriz served as the standards. The schemes for the use of mineral fertilizers included the application of ammophos (P52 and P104) for the main treatment and, against this background, root and foliar dressings with nitrogen (46–104 kg a.s.) and liquid complex (50 kg/ha N7P18) fertilizers in the phases of stem elongation and before heading of plants. Vegetation seasons of 2012, 2013, 2015, 2018, and 2020 were characterized as extremely dry, the rest were favourable. Winter wheat varieties Tarasovskaya 70, Donskaya Lira, Gubernator Dona, Zolushka, and Severodonetskaya Jubilejnaya were the most adapted to drought, in dry years the yield of them was higher than the average one by 12–15%. The varieties of winter triticale Atstek, Donslav, Piligrim, Ataman Platov, Priam, and Kapral turned out to be more tolerant to drought, the yield of them exceeded the average one by 0.54–0.66 t/ha. Spring frosts of varying intensity were observed in 2000, 2003, 2005, 2011, 2019. Particularly strong frosts were observed in 2000 (10–11 C below zero). The wheat varieties Donskaya Lira, Bogema, Severodonetskaya Jubileynaya, and Gubernator Dona had the highest yield under these conditions, and the average productivity for these genotypes was 5.76 t/ha, with an average value of 4.78 t/ha in the experiment. The reaction of wheat and triticale varieties to the application of mineral fertilizers was caused by genetic characteristics. In terms of yield increases (up to 400–500 kg/ha), wheat varieties Donskaya Lira, Gubernator Dona, Zolushka, Boyarynya, and triticale varieties Ataman Platov, Ramzes, Kapral, Zimogor were distinguished*

Keywords: *variety; drought resistance; spring frosts; agricultural background; foliar dressing; yield; grain.*

Author details: *A. I. Grabovets, Corresponding member of the RAS, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: grabovets_ai@mail.ru); Biryukov K. N., Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow.*

For citation: *Grabovets AI, Biryukov KN [Role of the variety in the stabilization of grain production in a wide range of agroclimatic factors]. Zemledelie. 2021;(5):41-5. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45.*

doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-45-48
УДК 633.15: 631.855. 631.851.

Урожайность гибридов кукурузы в Орловской области в зависимости от абиотических факторов и удобрений

В. И. МАЗАЛОВ, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: mazalov-1958@mail.ru)
В. Г. НЕБЫТОВ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: nebuytov@yandex.ru)
Шатиловская сельскохозяйственная опытная станция – филиал Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур, пос. Шатилово, 79, Новодеревеньковский р-н, Орловская обл., 303623, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения урожайности гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции, а также ее изменения в зависимости от абиотических факторов и способов применения удобрений. Работу выполняли в Орловской области в 2008–2019 гг. на черноземе выщелоченном среднемощном тяжелосуглинистом. Продуктивность гибридов оценивали на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$. Эффективность ежегодного (P_{90}) и запасного (P_{270}) внесения двойного суперфосфата и фосфоритной муки изучали на фоне $N_{60}K_{60}$ и совместного их применения с навозом (24 т/га) на гибриде Краснодарский 194 МВ. При возделывании на юго-востоке Орловской области на зеленую массу перспективны раннеспелые гибриды кукурузы РОСС 199 МВ, РОСС 195 МВ, Машук 175 МВ, Машук 185 МВ, Краснодарский 194 МВ, Каскад 166 АСВ, Каскад 195 АСВ, Воронежский 158 СВ, а также среднеранние Воронежский 279 СВ, Докучаевский 250 МВ, Краснодарский 291 АМВ, Машук 250 СВ, Машук 220 СВ, Зерноградская 282 МВ, Белкорн 250 МВ. Отмечена тенденция стабилизирующего влияния последействия 24 т/га навоза и ежегодного применения суперфосфата P_{90} на фоне $N_{60}K_{60}$ на варьирование урожайности зеленой массы кукурузы от погодных условий. В среднем за 12 лет последействие 24 т/га навоза и азотно-калийные удобрения повышали урожай зеленой массы кукурузы, по отношению к контролю, на 54 и 58 %. Наибольший в опыте сбор зеленой массы кукурузы

в среднем за 12 лет отмечен от внесенного ежегодно и в запас суперфосфата: на фоне $N_{60}K_{60}$ – 56,0 и 55,9 т/га, на фоне навоза с $N_{60}K_{60}$ – 63,9 и 65,0 т/га. Урожайность зеленой массы кукурузы от ежегодного и запасного внесения фосфоритной муки на фоне $N_{60}K_{60}$ составила 53,6 и 53,7 т/га, навоза с $N_{60}K_{60}$ – 63,2 и 62,9 т/га.

Ключевые слова: *кукуруза (Zea mais L.), гибриды, способы внесения удобрений, суперфосфат, фосфоритная мука, выщелоченный чернозем.*

Для цитирования: *Мазалов В. И., Небытов В. Г. Урожайность гибридов кукурузы в Орловской области в зависимости от абиотических факторов и удобрений // Земледелие. 2021. №5. С. 45-48. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-45-48.*

В Орловской области с 1960 г. кукуруза стала основной силосной культурой, площадь посевов которой в 1980–1990 гг. достигали 120 тыс. га. К 2019 г. она сократились до 24,0 тыс. га. Одновременно, в связи с переходом на возделывание скороспелых гибридов, площадь посевов кукурузы на зерно расширилась с 0,20 до 59 тыс. га. Несмотря на уменьшение посевных площадей и объемов заготовки силоса, кукуруза остается основной силосной культурой. Возделывание ее раннеспелых гибридов в хозяйствах с высоким уровнем молочной продуктивности коров позволяет производить энергонасыщенный корм – силос из кукурузы с зерном в молочно-восковой спелости, питательностью 0,30...0,32 корм. ед. По нашим многолетним данным влажность зеленой массы кукурузы с зерном восковой спелости составляет 65...70 %, молочно-восковой – 70...76 %, молочной – 77...80 %, в фазе формирования початков – 81...83 %. Потери сухого вещества в процессе силосования при влажности массы 80...85 % достигают 10 %, 70...75 % – 3%, при влажности 60...65 % – практически отсутствуют. При силосовании массы с влажностью менее 60 % качество силоса сильно снижается, увеличиваются потери. Оптимальная влажность для закладки силоса из кукурузы составляет 60...75 %, что соответствует фазам молочно-восковой и восковой спелости зерна. В последние годы постоянно увеличивается количество гибридов с коротким вегетационным периодом, что дает возможность заготавливать более питательный корм – зерносенаж. В то же время следует отметить, что урожай зеленой массы и зерна кукурузы сильно варьирует по годам, а продуктивный потенциал гибридов в производстве реализуется не полностью [1, 2, 3]. В связи с усилением влияния стрессовых факторов, вызванных изменениями климата, особое значение придается подбору и распространению в производстве различных по скороспелости гибридов кукурузы, наиболее полно использующих местные почвенно-климатические условия [4, 5, 6].

Кукуруза – теплолюбивое растение и в условиях недостаточной суммы эффективных температур после появления всходов требовательна к наличию в почве подвижного фосфора [7]. Его дефицит задерживает рост и развитие цветков и зерен в початке. В получении устойчиво высоких урожаев раннеспелых и среднеранних гибридов силосной кукурузы на низкоплодородных почвах ведущее значение принадлежит удобрениям [8, 9], улучшающим химический состав получаемого силоса, содержание и сбор белка и других питательных веществ [10, 11, 12].

Цель исследований – изучение урожайности зеленой массы гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции в зависимости от абиотических факторов и способов внесения двойного суперфосфата и фосфоритной муки на фоне $N_{60}K_{60}$ или навоза с $N_{60}K_{60}$ на черноземе выщелоченном среднемощном тяжелосуглинистом.

Экологическое испытание гибридов в 3-кратной повторности проводили в 2008–2019 гг. на опытном поле Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции, предшественник – чистый пар. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый среднемощный на лессовидном карбонатном суглинке с высоким (6,64...6,94 %) содержанием гумуса (по Тюрину), средним (133...140 и 46...69 мг/кг) подвижного фосфора и калия (по Чирикову).

Технология выращивания кукурузы в экологическом испытании соответствовала зональным рекомендациям. Удобрения вносили весной под предпосевную культивацию по 90 кг д.в. NPK. Посев проводили в конце первой или начале второй декады мая сеялкой СПЧ-6. Учет урожая зеленой массы выполняли вручную в зависимости от погодных условий в конце второй или начале третьей декады сентября.

Эффективность доз и способов внесения фосфорных удобрений на фоне навоза и азотно-калийных удобрений исследовали в длительном полевом стационарном опыте на черноземе выщелоченном среднемощном тяжелосуглинистом. Опыт развернут в пространстве на четырех полях севооборота со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – кукуруза на силос (гибрид Краснодарский 194 МВ) – яровая пшеница. Суперфосфат и фосфоритную муку (P_9°С и P_{90}ф), вносили ежегодно и в запас в ротацию севооборота (P_{27}°С и P_{270}ф) по $N_{60}K_{60}$, а также на фоне последействия внесенного в пару навоза в дозе 24 т/га с $N_{60}K_{60}$.

Общая площадь опытных делянок 144...288 м². Повторность опыта 2-кратная. Основные экспериментальные результаты были обработаны с использованием метода дисперсионного анализа (*Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.*).

В 2008 и 2009 гг. температуры воздуха в июне и июле были близки к среднемноголетним, количество осадков в эти месяцы составляло соответственно 90...182 % и 78...139 % от климатической нормы. В 2010 и 2011 гг. сложились экстремально засушливые условия с повышенными температурами воздуха в июне и июле (больше среднемноголетних на 4,2...7,5 °С) и острым дефицитом осадков (28...52 % от нормы). В мае, июне, июле 2012 г. среднесуточные температуры воздуха превышали норму соответственно на 5,8, 0,9 и 2,4 °С, сумма осадков составила 104, 153 и 83 % нормы. В мае 2013 г. среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 7 °С, в июне – на 3°, в июле – на 0,2 °С, количество осадков составило 51...69 % от нормы. В 2014 г. среднесуточные температуры воздуха в мае были выше среднемноголетней на 1,4 °С, в июне – на 1,2...2,4 °С, при максимальных до 31 °С, сумма осадков составляла соответственно 125 и 52 % к среднемноголетней норме. В 2015 г. погодные условия были примерно такими же, как в 2014 г. В 2016 г. в мае среднесуточные температуры воздуха превышали обычные на 3,2 °С, в июне находились на уровне нормы, сумма осадков превышала среднемноголетнюю – 124 и 155% соответственно. Май, июнь и июль 2017 г. были прохладнее обычного соответственно на 1,5, 1,2 и 0,8 °С, а сумма осадков составила 80, 73 и 175 % климатической нормы. В 2018 г. в мае и июле среднесуточные температуры воздуха были выше среднемноголетних показателей соответственно на 4,1 и 1,3 °С, в июне – ниже на 0,9 °С, а количество осадков составило 69, 18 и 144 % среднемноголетней нормы. В 2019 г. погодные условия были близки к среднемноголетним.

Вследствие влияния погодных условий урожайность испытываемых гибридов кукурузы была подвержена существенному варьированию (табл. 1). Так, сбор зеленой массы раннеспелых гибридов Краснодарский 194 МВ, Машук 170 МВ изменялся в пределах 22,8...65,0 4 т/га и 27,3...57,4 т/га соответственно, среднераннего гибрида Докучаевский 250 МВ – 23,1...60,0 т/га.

К уборке при оптимальном или близком к оптимальному для сило-

1. Урожайность зеленой массы гибридов кукурузы* в экологическом испытании, т/га

Гибрид	Год											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
РОСС 140 СВ	37,1	44,4	–	34,0	45,0	–	–	–	52,0	–	–	–
РОСС 144 СВ	–	–	–	–	43,0	50,0	–	62,0	56,0	29,0	–	–
РОСС 199 МВ	42,8	47,4	33,7	49,1	57,2	–	–	–	62,0	–	–	–
РОСС 195 МВ	–	48,9	27,9	51,4	45,8	46,3	–	–	59,0	–	–	–
Краснодарский 194 МВ	22,8	36,5	29,2	42,7	65,0	60,3	–	–	56,0	–	–	–
Краснодарский 230 АМВ	–	39,8	–	38,1	50,2	–	–	–	53,0	–	–	–
Краснодарский 291 АМВ	42,8	52,1	33,8	42,8	46,9	65,2	–	–	58,0	–	–	–
Зерноградская 242 МВ	32,9	34,3	–	47,9	–	–	–	–	–	–	–	–
Зерноградская 282 МВ	40,0	41,8	38,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Зерноградская 354 МВ	38,6	39,6	–	42,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Катерина СВ	35,7	42,7	16,4	–	25,7	–	–	–	–	–	–	–
Машук 250 СВ	42,8	–	30,8	–	26,2	65,7	43,0	–	–	–	–	37,5
Машук 170 МВ	32,8	38,6	31,2		44,0	57,4	45,0	–	–	27,3	–	–
Машук 175 МВ	30,0	–	24,4	–	38,6	60,7	48,0	–	–	32,0	–	–
Машук 350 МВ	42,8	–	–	–	–	63,7	53,0	–	–	–	–	55,3
Машук 355 МВ	–	–	–	–	–	63,5	59,1	–	–	–	–	49,6
Машук 150 МВ	–	–	22,9	–	30,8	–	–	–	–	–	–	–
Машук 220 СВ	–	–	31,0	–	36,2	62,8	45,3	–	–	43,2	–	–
Машук 185 МВ	–	51,6	19,5	–	–	–	55,0	–	–	37,0	–	45,9
Ньютон МВ	28,6	31,7	28,0	–	32,8	50,3	45,0	–	–	43,9	–	–
Докучаевский 220	–	–	–	–	–	–	–	–	–	28,5	43,8	–
Докучаевский 190 СВ	–	–	–	–	–	–	–	57,0	59,0	28,3	44,8	–
Докучаевский 250 МВ	–	–	23,1	25,2	40,0	39,0	43,0	58,0	60,0	31,2	26,4	–
Российская 1	–	58,1	25,9	35,9	33,4	46,0	65,0	–	–	–	–	–
Докучаевский 1	–	53,2	–	–	32,0	35,0	61,0	59,0	61,0	–	–	–
Докучаевский 205	–	–	–	–	–	45,0	41,0	64,0	–	–	–	–
Кин ТГ 1/09	–	–	21,8	25,6	–	–	–	–	–	–	–	–
Родник 180 СВ	–	31,0	–	–	45,0	–	–	–	–	–	–	–
Родник 179 СВ	–	29,7	–	–	50,2	–	–	–	–	–	––	–
Родник 292 МВ	–	37,8	–	–	51,2	–	–	–	–	–	–	–
Белкорн 250 МВ	–	–	–	–	–	–	–	71,0	58,0	30,2	37,1	39,6
Каскад 166 АСВ	–	–	–	–	–	–	–	70,0	69,0	28,3	19,5	–
Каскад 195 СВ	–	–	–	–	–	–	–	73,0	65,0	29,4	31,7	–
Воронежский 279 СВ	–	–	–	–	–	–	–	75,0	72,0	35,1	–	–
Воронежский 158 СВ	–	–	–	–	–	–	–	60,0	70,0	–	37,3	–
$НСР_{05}$	9,1	2,2	1,5	1,9	2,7	2,0	1,6	8,0	4,0	12,2	13,6	10,7

** прочерки означают, что гибрид в этом году не возделывали.*

сования содержании влаги в зеленой массе в разные годы лучшие по урожайности результаты демонстрировали раннеспелые гибриды РОСС 199 МВ – 33,2...62,0 т/га, Машук 185 МВ – 37,0...55,0 т/га, РОСС 195 МВ – 48,9...51,4 т/га; Машук 170 МВ – 31,2 т/га; Краснодарский 194 МВ – 63,0...65,0 т/га, Машук 175 МВ – 48,0...60,7 т/га; РОСС 144 МВ – 62,0 т/га, Докучаевский 190 СВ – 44,8...59,0 т/га, Каскад 166 АСВ – 69,0...70,0 т/га, Каскад 195 АСВ – 65,0...73,0 т/га, Воронежский 158 СВ – 60,0...70,0 т/га. Из среднеранних по урожайности зеленой массы особо выделялись гибриды Краснодарский 291 АМВ – 52,1 т/га; Зерноградская 282 МВ – 38,8 т/га; Зерноградская 242 МВ – 42,2 т/га; Краснодарский 230 АМВ – 50,2 т/га; Краснодарский 291 АМВ – 65,2 т/га, Машук 250 СВ – 65,7 т/га, Машук 220 СВ – 43,2...62,8 т/га; Российская 1 – 65,0 т/га; Докучаевский 250 МВ – 58,0 т/га, Докучаевский 205 МВ – 60,0...64,0 т/га, Белкорн 250 МВ – 71,0 т/га, Воронежский 279 СВ – 35,1...72,0 т/га. Во все годы исследований раннеспелые и среднеранние гибриды кукурузы к уборке имели початки с зерном в фазе восковой спелости.

В опыте с удобрениями урожайность зеленой массы кукурузы в контроле в среднем за 12 лет составила 33,3 т/га с варьированием по годам от 16,8 до 56,2 т/га (табл. 2), коэффициент вариации величины этого показателя был наибольшим в опыте и составил 29 %.

Направленное регулирования условий минерального питания позволяет придать ежегодным колебаниям урожая культуры меньшую зависимость от неблагоприятных погодных факторов. Последействие навоза, внесенного в дозе 24 т/га в чистом пару, оказывало стабилизирующее влияние на величину этого показателя в 12-летней динамике. Коэффициент вариации имел самое низкое значе-

2. Влияние удобрений на урожай зеленой массы кукурузы, т/га

Вариант	Год												Сред-нее	V,%
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
Без удобрений (контроль)	42,7	32,0	34,4	56,2	34,4	31,2	31,2	22,5	32,8	33,1	16,8	32,1	33,3	29
$N_{60}K_{60}$	66,1	76,0	66,4	72,4	57,2	49,5	46,3	35,9	34,9	40,9	31,7	56,5	52,8	29
$N_{60}K_{60} + P_{90}$с	67,3	78,5	63,9	74,8	61,9	52,4	48,9	43,5	38,0	42,9	41,5	58,3	56,0	24
$N_{60}K_{60} + P_{270}$с	67,9	77,8	69,8	75,5	62,8	54,1	49,4	37,8	39,1	42,3	35,8	57,9	55,9	27
$N_{60}K_{60} + P_{90}$ф	68,2	76,9	61,9	71,5	59,1	51,2	46,7	36,4	37,4	41,2	34,1	58,2	53,6	27
$N_{60}K_{60} + P_{270}$ф	67,1	77,3	62,6	72,2	58,6	53,4	46,2	36,8	36,6	40,9	35,2	57,7	53,7	27
Навоз 24 т/га – фон	69,1	79,8	64,8	58,3	54,8	49,1	44,7	42,8	39,8	47,8	49,7	59,4	55,0	22
Фон + $N_{60}K_{60}$	71,7	81,2	66,7	102,9	63,7	54,4	56,5	42,2	43,1	52,5	48,3	63,7	62,2	28
Фон + $N_{60}K_{60} + P_{90}$с	73,9	83,2	68,5	103,5	68,5	53,9	58,6	44,2	44,9	53,3	51,6	63,1	63,9	27
Фон + $N_{60}K_{60} + P_{270}$с	73,7	83,4	78,4	104,0	70,4	53,3	58,4	43,9	44,7	54,3	51,2	63,7	65,0	28
Фон + $N_{60}K_{60} + P_{90}$ф	72,9	82,4	77,4	101,9	64,4	52,5	57,1	41,9	42,9	53,0	48,9	62,9	63,2	28
Фон + $N_{60}K_{60} + P_{270}$ф	72,7	82,5	77,5	100,5	64,5	52,2	57,3	41,5	42,5	52,5	48,4	62,5	62,9	28
$НСР_{05}$	4,7	5,4	2,4	1,8	5,6	1,8	2,1	4,81	2,10	2,04	4,51	2,03	–	

ние (V=22 %). В засушливых условиях ввиду низкой подвижности фосфора почвы улучшение питания растений этим минеральным элементом путем внесения удобрения оказывают существенное влияние на использование влаги сельскохозяйственными культурами [13]. В наших исследования ежегодное внесение суперфосфата P_{90} на фоне $N_{60}K_{60}$ обеспечивало повышение устойчивости формирования урожаев зеленой массы кукурузы, по сравнению с контролем (V=24 %).

Последействие 24 т/га навоза и азотно-калийные удобрения ($N_{60}K_{60}$) в среднем за 12 лет повышали сбор зеленой массы кукурузы, по сравнению с контролем, на 58 %. Наибольшую величину этого показателя за 12 лет отмечали при использовании суперфосфата на фоне $N_{60}K_{60}$ отдельно и в сочетании с последействием навоза. При его внесении ежегодно и в запас урожай зеленой массы кукурузы был практически одинаковым: на фоне $N_{60}K_{60}$ – 56,0 и 55,9 т/га, фоне $N_{60}K_{60}$ в сочетании с последействием навоза – 63,9 и 65,0 т/га.

Урожайность зеленой массы кукурузы от ежегодного и запасного внесения фосфоритной муки на фоне $N_{60}K_{60}$ составляла соответственно 53,6 и 53,7 т/га, на фоне последействия навоза с $N_{60}K_{60}$ – 63,2 и 62,9 т/га. В среднем за 12 лет и в динамике по годам различия между способами внесения фосфоритной муки на фонах с $N_{60}K_{60}$ или навоза с $N_{60}K_{60}$ находились в пределах ошибки опыта. То есть ее внесение в запас на ротацию севооборота на фоне $N_{60}K_{60}$ или навоза с $N_{60}K_{60}$ вполне оправдано.

Таким образом, на юго-востоке Орловской области для возделывания на зеленую массу перспективны раннеспелые гибриды РОСС 199 МВ, РОСС 195 МВ, Машук 175 МВ, Машук 185 МВ, Краснодарский 194 МВ, Каскад 166 АСВ, Каскад 195 АСВ, Воронежский 158 СВ, а также среднеранние Воронежский 279 СВ, Докучаевский 250 МВ, Краснодарский 291 АМВ, Машук 250 СВ, Машук 220 СВ, Зерноградская 282 МВ, Белкорн 250 МВ.

В среднем за 12 лет последействие навоза 24 т/га и ежегодное внесение $N_{60}K_{60}$ повышали урожайность зеленой массы кукурузы на 54 и 58 %, к контролю. Наибольшая в опыте величина этого показателя отмечена в вариантах с внесением суперфосфата ежегодно (P_{90}) или в запас (P_{270}) на фоне $N_{60}K_{60}$ отдельно (56,0 и 55,9 т/га) или в сочетании с последействием навоза (63,9 и 65,0 т/га). Урожайность зеленой массы кукурузы от ежегодного (P_{90}) и запасного (P_{270}) внесения фосфоритной муки на аналогичных фонах была несколько ниже. При этом в среднем и в динамике по годам различия между вариантами с разными способами внесения фосфоритной муки находились в пределах ошибки опыта, в связи с чем целесообразно ее внесение в запас на ротацию севооборота.

Литература.

1. Орлянский Н. А. Орлянская Н. А., Маслиев С. В. Сравнительное изучение урожайности и эффективности семеноводства трехлинейных и простых модифицированных гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4 (46). С. 14–17.
2. Кислинский К. М., Кислинский Н. К. Гибриды кукурузы разной спелости при возделывании на силос // Кормопроизводство. 2005. № 1. С. 21–22
3. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Параметры гибридов кукурузы, создаваемых для условий недостаточного и неустойчивого увлажнения // Зерновое хозяйство России. 2017. 49 (1). С. 29–34.
4. Привалов Ф. И., Лужинский Д. В., Надточаев Н. Ф. Развитие гибридов кукурузы разных групп спелости в зависимости от температурных условий // Кормопроизводство. 2018. № 10. С. 4–11.
5. Кошеляев В.В. Формирование зерновой продуктивности раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Среднего Поволжья // Сельскохозяйственная биология. 2003. № 3. С. 78–84.
6. Рост растений и продуктивность кукурузы в холодном климате / Т.К. Головко, И.В. Далькэ, Г.Т. Шморгунов, и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 2. С. 19 -23.
7. Стулин А. Ф. Влияние длительного применения удобрений в бессменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос элементов питания на черноземе выщелоченном // Агрохимия. 2007. № 1. С. 25–30.
8. Багринцева В.Н., Ивашененко И.Н. Оценка отзывчивости гибридов кукурузы на азотное удобрение // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 16-19.
9. Дьяченко Е.Н., Шевелев А.Т. Влияние извести и минеральных удобрений на урожайность кукурузы и содержание питательных элементов в серой лесной почве // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 6. С. 13-17.
10. Эффективность технологии возделывания кукурузы на силос в лесостепной зоне России / Н. А. Лопачев, А. Б. Дубов, Л. А. Наумкина и др. // Кормопроизводство. 2004. №4. С. 14-18.
11. Несмеянова Н. И., Зудилин С.Н., Боровкова А. С. Влияние удобрений на продуктивность кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья России // Кормопроизводство. 2004. № 10. С. 19–21.
12. Химический состав кормов в зависимости от способов основной обработки почвы и фонов питания / В.В. Медведев, В.Н. Фомин, М.М. Нафиков и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 1 (57). С. 32 -37.
13. Алексеев А. М., Гусев Н. А. Влияние минерального питания на водный режим растений. М.: АН СССР. 1957. 223 с.

Yield of corn hybrids in the Orel region, depending on abiotic factors and fertilizers

V. I. Mazalov, V. G. Nebytov
Shatilov Agricultural Experimental Station – branch of the Federal Scientific Center for Legumes and Groat Crops, pos. Shatilovo, 79, Novodereven'kovskii r-n, Orlovskaya obl., 303623, Russian Federation

Abstract. *The study aimed to determine the yield of corn hybrids bred in Russia and abroad as well as its changes depending on abiotic factors and fertilizer application. The work was carried out in the Orel region in 2008–2019 on leached medium-thick heavy loamy chernozem. The productivity of hybrids was evaluated against the background of the application of N90P90K90. The efficiency of the annual (P90) and reserve (P270) application of double superphosphate and the phosphorous meal was studied against the background of mineral fertilizers (N60K60) and their combined use with manure (24 t/ha) for hybrid Krasnodarsky 194 MV. For cultivation for green mass in the south-east of the Orel region, early-maturing corn hybrids ROSS 199 MV, ROSS 195 MV, Mashuk 175 MV, Mashuk 185 MV, Krasnodarsky 194 MV, Kaskad 166 ASV, Kaskad 195 ASV, Voronezhsky 158 SV and medium-early hybrids Voronezhsky 279 SV, Dokuchaevsky 250 MV, Krasnodarsky 291 AMV, Mashuk 250 SV, Mashuk 220 SV, Zernogradskaya 282 MV, Belkorn 250 MV. The aftereffect of 24 t/ha of manure and the annual application of superphosphate P90 against the background of N60K60 stabilizes the yield of the corn green mass, which varies depending on weather conditions. On average over 12 years, the aftereffect of 24 t/ha of manure and nitrogen-potassium fertilizers increased the yield of corn green mass by 54% and 58%, respectively, relative to the control. The highest yield of corn green mass on average over 12 years was noted in the options with superphosphate: 56.0 t/ha and 55.9 t/ha against the background of N60K60 and 63.9 t/ha and 65.0 t/ha against the background of combined application of manure and N60K60. The yield of corn green mass with the annual and reserve application of phosphorite meal was 53.6 and 53.7 t/ha against the background of N60K60, 63.2 and 62.9 t/ha against the background of the application of manure with N60K60.*

Keywords: *maize (Zea mays L.); hybrid; fertilization methods; superphosphate; phosphorite meal; leached chernozem.*

Author Details: *V. I. Mazalov, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: mazalov-1958@mail.ru); V. G. Nebytov, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: nebuytov@yandex.ru).*

For citation: *Mazalov VI, Nebytov VG [Yield of corn hybrids in the Orel region, depending on abiotic factors and fertilizers]. Zemledelie. 2021; (5):45-8 Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2021-5-45-48*

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

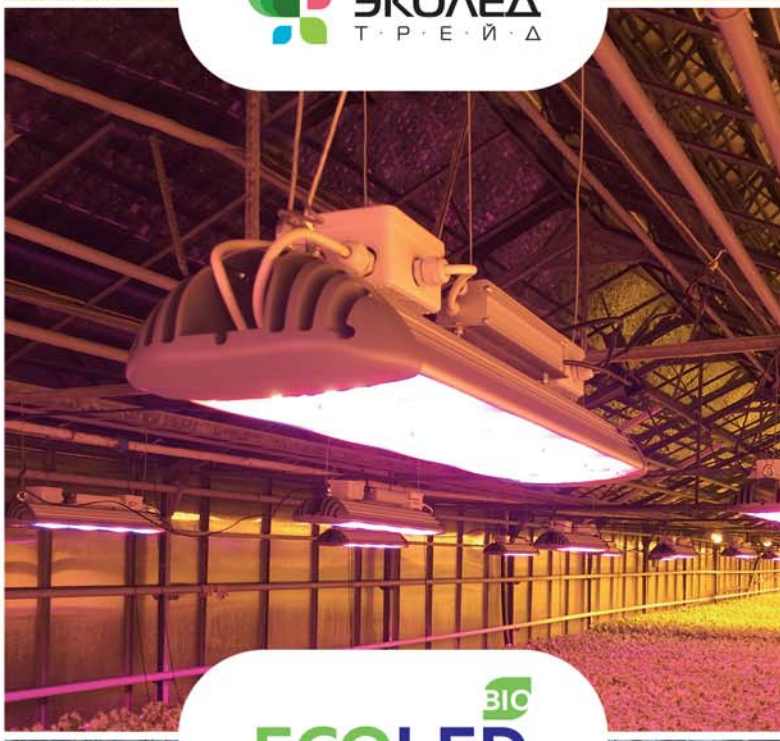
светильники межрядной досветки

Серия **F-SFERA** | 25 / 50 / 75 Вт

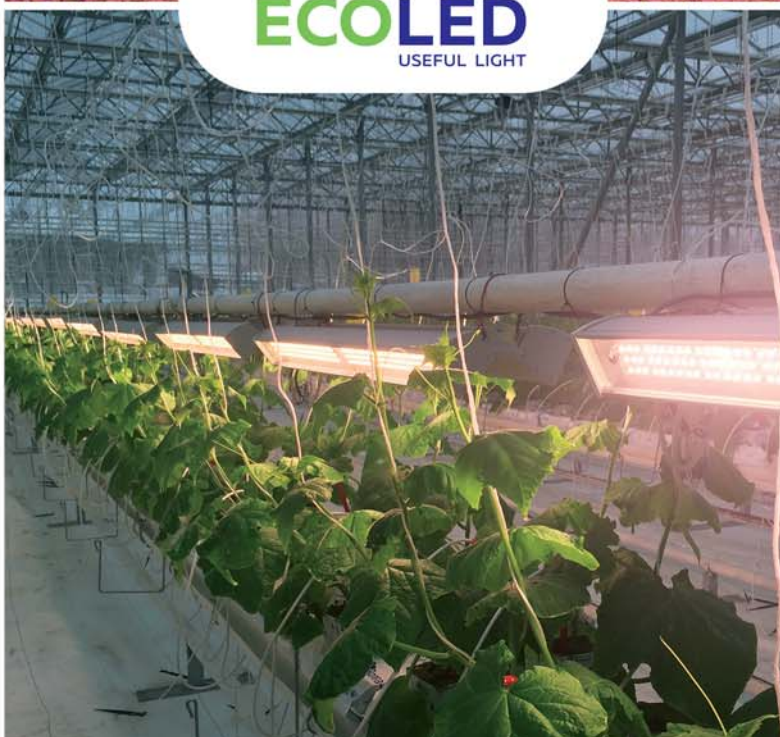
многоярусные сити-фермы

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. № 5.1 - 48. Индекс 70329.