2.2019

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust crop protection

SOLAR NPK micro

от УРАЛХИМ

SOLAR NPK micro – линейка водорастворимых комплексных удобрений **с микроэлементами.**

www.solar.uralchem.com

- **100% растворимость в воде**
- **Наличие необходимых микроэлементов в доступной для растений хелатной форме**
- **Отсутствие тяжёлых металлов, натрия и хлора**

Старт

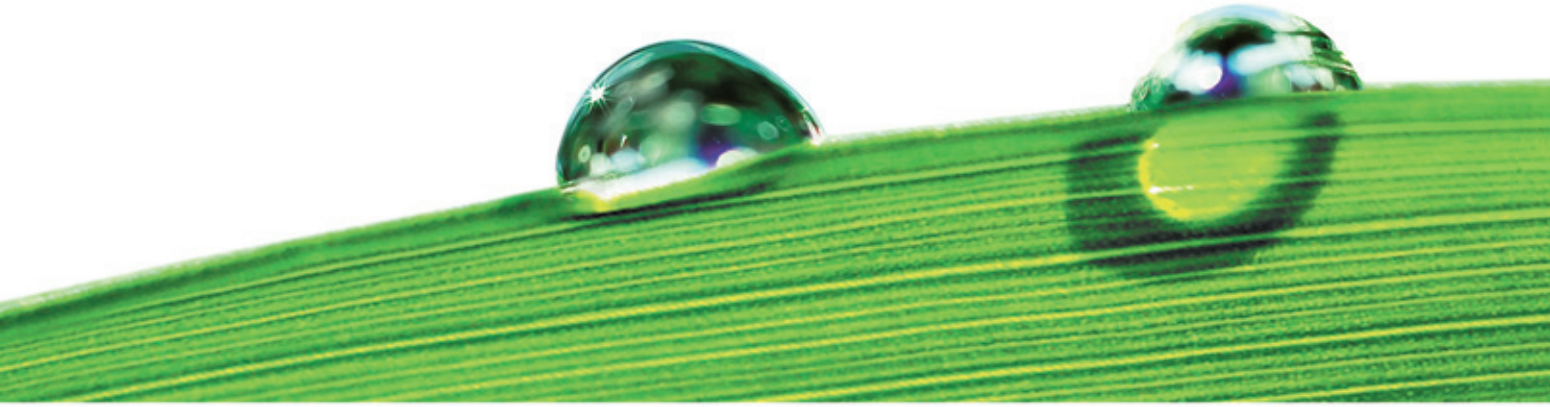
15:30:15+2MgO+МЭ
15:31:15+МЭ
11:40:11+2MgO+МЭ
13:40:13+МЭ

Универсал

18:18:18+3MgO+МЭ
19:19:19+МЭ
20:20:20+МЭ

Финал

14:7:30+3MgO+МЭ
15:7:30+3MgO+МЭ
12:6:36+2,5MgO+МЭ



УРАЛХИМ | тел.: +7 (495)721 89 89 | marketing@uralchem.com | solar.uralchem.com www.uralchem.ru

2.2019 ФЕВРАЛЬ –МАРТ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЛИ И СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ / USE OF SOIL AND AGRICULTURE SYSTEMS

А. П. Карабутов, В. Д. Соловиченко, В. В. Никитин, Е. В. Навольнева. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов 3

A. P. Karabutov, V. D. Solonichenko, V. V. Nikitin, E. V. Navolneva. Reproduction of Soil Fertility, Productivity and Energy Efficiency of Crop Rotations

ПЛОДОРОДИЕ / FERTILITY

С. В. Лукин, Д. В. Жуйков. Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях 10

S. V. Lukin, D. V. Zhuikov. Monitoring of Sulphur Content in Soils, Plants and Organic Fertilizers

Ю. А. Азаренко, Ю. И. Ермохин, Ю. В. Аксенова. Цинк в почвах агроценозов Омского Прииртышья и эффективность применения цинковых удобрений 13

Yu. A. Azarenko, Yu. I. Yermokhin, Yu. V. Aksenova. Zinc in Soils of Agrocenosis of Omsk Region and Efficiency of Zinc Fertilizers Application

О. А. Макаров, Е. Н. Кубарев, О. А. Чистова, О. В. Карева, А. С. Крикуненко, А. С. Балджиев. Магнитная восприимчивость почв на придорожных территориях 17

O. A. Makarov, E. N. Kubarev, O. A. Chistova, O. V. Kareva, A. S. Krikunenko, A. S. Baldzhiev. The Magnetic Susceptibility of Soils of the Road Side

Т. П. Лифаненкова, Р. В. Бижоев. Роль биологических ресурсов в воспроизводстве плодородия орошаемого чернозема обыкновенного в Центральном Предкавказье 20

T. P. Lifanenkova, R. V. Bizhoev. Role of Biological Resources in Reproduction of Fertility of Irrigated Ordinary Chernozem in the Central Ciscaucasia

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО / FIELD CROPS

Л. М. Лукьянчук, Е. С. Бутовец, Е. Л. Чайкина. Влияния различных концентраций биологически активного препарата ДВ 47-50 на сорта сои приморской селекции 24

L. M. Lukyanchuk, E. S. Butovets, E. L. Chaikina. Influence of Different Concentrations of Biologically Active Preparation DV 47-50 on Soybean Varieties, Developed in Primorsky Krai

А.К. Уланов, Л.В. Будажапов, А.С. Билтуев. Экономическая оценка возделывания полевых культур в земледелии сухой степи Забайкалья 27

A. K. Ulanov, L. V. Budajapov, A. S. Biltuev. Economic Value of Cultivation of Field Crops in the Dry Steppe of the Trans-baikal

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:
С. А. Балюк, академик НААН Украины, доктор сельскохозяйственных 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. Коломейченко, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Кулинцев, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Лапа, академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук
М. А. Мазиров, доктор биологических наук
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук
П. А. Чекмарев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
И. Ф. Храмцов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Р. Ф. Байбеков
ВЕРСТКА
Н. Ю. Луценко

КОНТАКТЫ:
Тел./факс: +7 916 241 63 43

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

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

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

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

Подписано в печать 08.02.19
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”. 2019.

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

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ / SOIL CULTIVATION

З. С. Щебарскова, Е. Г. Кипаева, Д. С. Кадралиев, К. В. Исаев. Влияние предпосевной обработки почвы на урожайность зелёной массы люцерны сорта Астраханочка 31

Z. S. Shebarskova, E. G. Kipaeva, D. S. Kadraliev, K. V. Isayev. Influence of Pre-Sowing Tillage on Green Mass Yield of Alfalfa ‘Astrakhanochka’

О. К. Боронтов, П. А. Косякин, Е. Н. Манаенкова. Влияние основной обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства почвы при возделывании сахарной свёклы 33

O. K. Borontov, P. A. Kosyakin, E. N. Manaenkova. Influence of Soil Tillage and Fertilizers on Soil Nutritive Regime and Physical Properties in Cultivation of Sugar Beet

СОРТА И СЕМЕНА / GRADES AND SEEDS

И. А. Филатова. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева 36

I. A. Filatova. Productivity of Pea and Elements of a Crop Structure Depending on Seeding Rates

А. В. Алабушев, А. Е. Романюкин, Н. А. Ковтунова, Е. А. Шишова, В. В. Ковтунов. Использование многокритериальной оценки в селекции сорго сахарного 39

A. V. Alabushev, A. E. Romanyukin, N. A. Kovtunova, E. A. Shishova, V. V. Kovtunov. Use of Multi-Criteria Estimation in Sweet Sorghum Breeding

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ / PLANT PROTECTION

А. М. Шпанев, В. В. Смук. Пространственное размещение сорных растений в посадках картофеля 42

A. M. Shpanev, V. V. Smuk. Spatial Distribution of Weeds in Potato Plantings

А. А. Слободчиков. Эффективность защиты сортов яровой пшеницы от вредных организмов 45

A. A. Slobodchikov. Efficiency of Protection of Spring Wheat Varieties from Pests

Уважаемые читатели!

В 2019 г. наш журнал будет, как и прежде, выходить 8 раз в год, в первый и второй месяцы каждого квартала. Наш подписной индекс в каталоге Роспечати 70329. Возможна подписка через редакцию как на бумажную, так и электронную версию журнала.

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

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10201
УДК 631.452: 631.51: 631.582: 631.82: 631.86

Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов

А. П. КАРАБУТОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник (e-mail: karabut.ap@mail.ru)
В.Д. СОЛОВИЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией (e-mail: laboratoria.plodorodiya@mail.ru)
В.В. НИКИТИН, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: valentin_1937@list.ru)
Е.В. НАВОЛЬНЕВА, научный сотрудник
Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН, ул. Октябрьская, 58, Белгород, 308001, Российская Федерация

В 1987 г. в Белгородском аграрном научном центре заложен длительный стационарный полевой опыт по изучению влияния различных севооборотов, способов основной обработки почвы и удобрений на плодородие почвы, продуктивность сельскохозяйственных культур и их биоэнергетическую эффективность. Севообороты пятипольные с различной структурой посевных площадей. Применяли три способа основной обработки почвы: вспашка, безотвальная и минимальная обработки. Изучали раздельное и совместное внесение различных доз минеральных и органических удобрений. За пять ротаций наибольшую продуктивность показал зернопаропропашной севооборот, по сравнению с другими севооборотами, на 0,40...0,69 тыс. зерн. ед./га. Основное влияние на продуктивность культур оказали минеральные удобрения (66 %) и навоз (19 %). Наибольшее воздействие на содержание гумуса в почве оказывали структура посевных площадей севооборота (63 %) и навоз (28 %). Насыщение пропашными культурами сопровождалось снижением содержания органического вещества в почве. Зернотравянопропашной севооборот обеспечил повышение содержания гумуса, по сравнению с зернопаропропашным, на 0,45 %. Минеральные удобрения способствовали повышению содержания гумуса в почве в зернотравянопропашном севообороте, снижению темпов дегумификации в зернопропашном и усилению её в зернопаропропашном севообороте, а совместное применение NPK с навозом обеспечивало стабилизацию и повышение содержания гумуса в почве. В среднем за пять ротаций самый высокий энергетический коэффициент в опыте был отмечен в зернотравянопропашном севообороте (4,7), несколько меньший (4,0) – в севообороте с чистым паром и минимальный (3,7) – в зернопропашном. Более интенсивная отвальная обработка (вспашка) увеличивала энергетические затраты, но их компенсировала прибавка урожаев культур. Максимальный биоэнергетический коэффициент отмечен при совместном внесении в севооборотах минеральных удобрений в одинарных дозах ($N_{42...62}P_{62}K_{62}$) на фоне 16 т/га севооборотной площади навоза.

Ключевые слова: *биологизация, продуктивность, плодородие, севооборот, обработка почвы, удобрения, биоэнергетическая эффективность, биоэнергетический коэффициент.*

Для цитирования: *Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов / А. П. Карабутов, В. Д. Соловиченко, В. В. Никитин и др. // Земледелие. 2019. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10201.*

В последние годы тема биологизации земледелия стала популярной на различных агропромышленных форумах, в печатных изданиях и агрономических дискуссиях. Главные составляющие повышенного внимания к этому вопросу – текущие проблемы земледелия, выражающиеся в негативных тенденциях в агроэкологии, снижении плодородия почв, необходимости ресурсосбережения и роста урожайности сельскохозяйственных культур.

Искомые резервы ресурсосбережения – снижение затрат на операции по механической обработке почвы, на которые приходится до 35...40 % энергии, затрачиваемой в полевом цикле возделывания культур [1].

Основные направления биологизации земледелия – повышение плодородия почв; производство безопасной продукции растениеводства; внесение в почву органических удобрений, в том числе животноводческих отходов, пожнивных остатков, сидератов; биологические методы защиты растений и использование энергосберегающих технологий обработки почв [2].

Результаты многих исследований свидетельствуют о снижении продуктивности пашни при переходе к менее энергоёмким минимальным или нулевым обработкам [3, 4, 5]. Основными причинами таких негативных последствий, наряду с другими, считают увеличение засоренности посевов, заболеваемости сельскохозяйственных культур, ухудшение питательного и водно-воздушного режимов почв.

Особого внимания требует поверхностное или неглубокое внесение минеральных удобрений при минимизации обработки почвы для обеспечения растений элементами питания в условиях недостаточного увлажнения. Опыты показали, что при вспашке 15 % минеральных удобрений находятся в слое 0...10 см, 38 % – в слое 10...20 см, 47 % – в слое 20...30 см; а при бесплужной обработке – соответственно 55, 31, 14 % [5]. При этом даже у зерновых культур с их мочковатой корневой системой по вспашке 38 % корней находится в слое 0...10 см, 17 % – глубже 30 см, а при поверхностной обработке – соответственно 49 и 10 % [6].

В аспекте биологизации земледелия довольно существенно влияние минеральных удобрений на экологию. В. Г. Минеев (1993) сгруппировал основные причины роста различных издержек (в том числе экологических) при использовании минеральных удобрений. Среди них несовершенство технологии транспортировки, хранения, смешивания и внесения удобрений; отсутствие научного подхода к их применению; водная эрозия и дефляция верхнего слоя почвы; неудовлетворительные физико-химические свойства минеральных удобрений. В то же время применение минеральных удобрений с соблюдением научных норм и нормативов агрономически обосновано, не ухудшает экологические параметры агроценоза и качество его продукции [7, 8].

В системе питания растений имеется значительный резерв для биоло-

гизации и ресурсосбережения путем вовлечения в биохимический (малый) круговорот биологического азота, что возможно в основном благодаря фиксации молекулярного азота симбиотическими бактериями бобовых культур. Однолетние бобовые вовлекают в биологический круговорот до 100, а многолетние бобовые травы – до 300 кг/га азота, причем 1/3 его часть остается в почве после уборки урожая; коэффициент азотфиксации составляет 50...80 % [7].

Важнейшие факторы биологизации земледелия и повышения плодородия почвы – содержание органического вещества, его динамика в почве, прежде всего, трансформация в гумус. Почвы Центрально-Черноземной зоны (ЦЧЗ) за 100 лет потеряли 30...50 % гумуса от исходных запасов. С 1950 по 1981 гг. по ЦЧЗ среднегодовая убыль гумуса в пахотном слое составляла около 1 т/га при ежегодном поступлении растительных остатков в количестве 2,8...3,0 т/га, что соответствует образованию менее 0,5 т/га гумуса. Снижение содержания гумуса в пахотных почвах обусловлено уменьшением поступления растительных остатков и изменением процессов их гумификации.

В связи с тем, что многолетние травы обогащают почву растительными остатками, оптимизация их доли в структуре пашни – непременное условие простого и расширенного воспроизводства плодородия черноземов. Однако в связи с тем, что травопольные севообороты менее продуктивны, чем интенсивные пропашные, в современном земледелии они менее популярны, хотя доля многолетних трав в пашне должна быть увязана в формате «плодородие – продуктивность». Принято считать, что доля бобовых трав (однолетних и многолетних) и культур (зернобобовых) должна составлять не менее 20...30 % от посевных площадей севооборотов [7]. Кроме насыщения бобовыми травами и культурами, увеличивающими содержание симбиотического азота и гумуса в почве, положительную роль в биологизации земледелия играет научно-обоснованное применение минеральных и органических удобрений [9, 10].

Так, в Белгородской области в 2011 г. принята программа биологизации земледелия. Ее выполнение способствовало получению в течение последних 5 лет высоких урожаев зерновых культур (4,4...4,9 т/га) и сахарной свёклы (40,0 т/га и более).

Постоянно меняющийся паритет цен на ресурсы и сельскохозяйственную продукцию также стимулирует распространение в земледелии ЦЧР биологизированых элементов земледелия, повышающих плодородие почв, продуктивность культур и их биоэнергетическую эффективность [11].

Цель наших исследований – определить влияние факторов интенсификации и биологизации земледелия на воспроизводство плодородия почвы и биоэнергетические показатели возделывания сельскохозяйственных культур.

Работу проводили в Белгородском ФАНЦ РАН в длительном стационарном полевом опыте, заложенном в 1987 г. на чернозёме типичном среднемощном малогумусном тяжелосуглинистом на лёссовидном суглинке с содержанием в пахотном слое 5,1...5,3 % гумуса, 52...58 мг/кг подвижного фосфора и 95...105 мг/кг калия, с $pH_{сол.}$ – 5,8...6,4 [12].

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

севооборот и насыщенность его пропашными культурами (фактор А) – зернотравянопропашной (ЗТП), 20 % (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень + эспарцет песчаный – травы 1 г.п. – травы 2 г.п.); зернопропашной (ЗП), 40 % (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на силос – горох); зернопаропропашной (ЗПП), 60 % (озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – кукуруза на зерно – чистый пар);

способ основной обработки почвы (фактор В) – отвальная (О); безотвальная плугом без отвалов (Б); минимальная дискатором (М);

органические удобрения (фактор С) – без удобрений (0); навоз, 40 т/га (1); навоз, 80 т/га (2);

минеральные удобрения (фактор D) – без удобрений (0); одинарная ($N_{42}P_{62}K_{62}$ – зернотравянопропашной, $N_{62}P_{62}N_{62}$ – зернопропашной, $N_{52}P_{62}K_{62}$ – зернопаропропашной севооборот) доза (1); двойная ($N_{84}P_{124}K_{124}$ – зернотравянопропашной, $N_{124}P_{124}N_{124}$ – зернопропашной, $N_{104}P_{124}K_{124}$ – зернопаропропашной севооборот) доза (2).

Навоз вносили один раз за ротацию под сахарную свёклу.

Биоэнергетическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур оценивали по методике Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии [13].

Результаты статистической обработки свидетельствуют о достоверном влиянии структуры севооборота, способов основной обработки почвы и удобрений на продуктивность выращиваемых культур на 95 %-ном уровне вероятности. Наибольшее долевое участие изучаемых факторов в формировании продуктивности культур отмечено в севооборотах при внесении удобрений, особенно минеральных. Среди взаимодействия факторов достоверным оказалось взаимодействие севооборота и минеральных удобрений, а также органических и минеральных удобрений. Среди оцениваемых факторов наибольшее влияние (η = 0,74), долевое участие (66,5 %) на продуктивность севооборотов оказало применение минеральных удобрений. Однако в перспективе их воздействие будет ослабевать в связи с увеличением плодородия почвы при биологизации земледелия (рост содержания органического вещества, улучшение структуры, уменьшение плотности сложения, повышение внутрипочвенной водопроницаемости и, как следствие, более высокие запасы продуктивной влаги в период вегетации культур, что положительно скажется на их развитии и формировании урожая). Кроме того, продуктивность севооборотов на 19 % обусловлена внесением навоза и на 13 % насыщением пропашными культурами (табл. 1).

1. Результаты дисперсионного анализа влияния факторов на продуктивность севооборотов, 1987–2016 гг.

Фактор	Критерий Фишера		Корреляция, η	Долевое участие, %
	$F_ф$	F_{05}		
A	27,56	5,14	0,36	12,84
B	15,75	3,55	0,08	0,79
C	215,00	3,17	0,39	19,24
D	2829,87	3,05	0,74	66,50
AD	3,06	2,43	0,06	0,14
CD	4,87	2,43	0,06	0,23

В среднем за пять ротаций без применения удобрений продуктивность зернопаропропашного севооборота была на 0,40 тыс. зерн. ед./га выше, чем зернопропашного, и на 0,69 тыс. зерн. ед./га, чем зернотравянопропашного (табл. 2). На фоне максимальных в опыте доз внесения удобрений различия по величине этого показателя севооборотов усиливались, преимущество зернопаропропашного севооборота перед зернопропашным и зернотравянопропашным достигало в среднем 0,99 тыс. зерн. ед./га, что объясняется, прежде всего, высокой долей в этом севообороте пропашных культур, отличающихся большей продуктивностью и отзывчивостью на улучшение агрофона.

Вспашка на неудобренных фонах обеспечивала повышение продуктивности севооборотов, относительно

2. Продуктивность севооборотов в зависимости от насыщенности их пропашными культурами, способа основной обработки почвы и применения органических и минеральных удобрений, тыс. зерн. ед./га, 1987–2016 гг.

Севооборот (фактор А)	Обработка (фактор В)	Навоз (фактор С)	Минеральные удобрения (фактор D)			Среднее
			0	1	2	
ЗТП	О	0	3,57	5,03	5,73	4,78
		1	4,26	5,52	6,10	5,29
		2	4,73	6,01	6,80	5,85
		среднее	4,19	5,52	6,21	5,31
	Б	0	3,54	4,94	5,66	4,71
		1	4,24	5,40	6,03	5,22
		2	4,89	5,96	6,66	5,84
		среднее	4,22	5,43	6,12	5,26
	М	0	3,54	5,12	5,52	4,73
		1	4,13	5,33	5,90	5,12
		2	4,64	5,96	6,65	5,75
		среднее	4,10	5,47	6,02	5,20
	среднее	0	3,55	5,03	5,64	4,74
		1	4,21	5,42	6,01	5,21
		2	4,75	5,98	6,70	5,81
		среднее	4,17	5,47	6,12	5,25
ЗП	О	0	3,99	5,55	6,29	5,28
		1	4,73	6,13	6,74	5,87
		2	5,23	6,73	7,41	6,46
		среднее	4,65	6,14	6,81	5,87
	Б	0	3,82	5,47	6,30	5,20
		1	4,71	6,10	6,85	5,89
		2	5,15	6,74	7,41	6,43
		среднее	4,56	6,10	6,85	5,84
	М	0	3,72	5,38	6,10	5,07
		1	4,56	5,96	6,60	5,71
		2	5,07	6,48	7,16	6,24
		среднее	4,45	5,94	6,62	5,67
	среднее	0	3,84	5,47	6,23	5,18
		1	4,67	6,06	6,73	5,82
		2	5,15	6,65	7,33	6,38
		среднее	4,55	6,06	6,76	5,79
ЗПП	О	0	4,31	6,06	6,94	5,77
		1	5,15	6,77	7,47	6,46
		2	5,73	7,38	8,25	7,12
		среднее	5,06	6,74	7,55	6,45
	Б	0	4,32	5,99	6,84	5,72
		1	5,14	6,58	7,29	6,34
		2	5,72	7,28	7,99	7,00
		среднее	5,06	6,62	7,37	6,35
	М	0	4,08	5,76	6,68	5,51
		1	5,10	6,49	7,18	6,26
		2	5,55	7,04	7,76	6,78
		среднее	4,91	6,43	7,21	6,18
	среднее	0	4,24	5,94	6,82	5,66
		1	5,13	6,61	7,31	6,35
		2	5,67	7,23	8,00	6,97
		среднее	5,01	6,59	7,38	6,33
Среднее	О	0	3,96	5,55	6,32	5,27
		1	4,71	6,14	6,77	5,87
		2	5,23	6,71	7,49	6,47
		среднее	4,63	6,13	6,86	5,87
	Б	0	3,89	5,47	6,27	5,21
		1	4,70	6,03	6,72	5,82
		2	5,25	6,66	7,35	6,42
		среднее	4,61	6,05	6,78	5,82
	М	0	3,78	5,42	6,10	5,10
		1	4,60	5,93	6,56	5,69
		2	5,09	6,49	7,19	6,26
		среднее	4,49	5,95	6,62	5,68
	среднее	0	3,88	5,48	6,23	5,19
		1	4,67	6,03	6,68	5,79
		2	5,19	6,62	7,34	6,38
		среднее	4,58	6,04	6,75	5,79

$НСР_{05}$ для факторов: А – 0,32; В – 0,19; С – 0,11; D – 0,06.

минимальной обработки почвы, в среднем на 0,18 тыс. зерн. ед./га. На фоне минеральных удобрений преимущество вспашки усиливалось и при двойных дозах их внесения совместно с навозом разница возрастала до 0,3 тыс. зерн. ед./га.

Применение удобрений обеспечивало большее увеличение продуктивности севооборотов, причем, тем сильнее, чем выше доза их внесения. Так, использование навоза повышало выход продукции в севооборотах в среднем на 0,79...1,31, а минеральных удобрений на 1,60...2,35 тыс. зерн. ед./га, по отношению к фонам без удобрений. Совместное применение органических и минеральных удобрений в наибольшей степени способствовало изменению продуктивности севооборотов, возраставшей на 2,15...3,46 тыс. зерн. ед./га.

При анализе результатов статистической оценки влияния изучаемых факторов на один из основных показателей почвенного плодородия – содержание гумуса – установлено, что севооборот и удобрения, в отличие от способов основной обработки, достоверно влияют на величину этого показателя. При этом с содержанием гумуса в почве установлена положительная сильная связь ($\eta = 0,70$) насыщенности севооборота пропашными культурами и средняя ($\eta = 0,54$) – доз внесения навоза. Соответственно наибольшее влияние на содержание гумуса в почве отмечено для факторов «севооборот» (63 %) и «органические удобрения» (28 %), тогда как суммарная доля влияния способов обработки почвы и минеральных удобрений на величину этого показателя составляла около 8 % (табл. 3).

На неудобренных фонах зернотравянопропашной севооборот обеспечивал увеличение содержание гумуса в слое почвы 0...30 см на 0,46 %, по сравнению с зернопаропропашным севооборотом, а при внесении минеральных удобрений в двойных дозах преимущество севооборота с многолетними травами составляло 0,67 % (табл. 4).

Усиление положительного действия севооборота с многолетними травами при внесении минеральных удобрений объясняется изменением содержания гумуса за длительный период. Так, за 25 лет двойные дозы минеральных удобрений обеспечили повышение содержания гумуса в почве в севообороте с многолетними травами и снижение интенсивности дегумификации в зернопропашном, а в севообороте с чистым паром это привело к увеличению потерь гумуса. Следует предположить, что повышенный уровень минерального питания, снижение засорённости посевов, увеличение влагообеспеченности в поле с чистым паром, зафиксированные экспериментально в зернопаропропашном севообороте, создают благоприятные условия для развития почвенной биоты и доминирования процессов минерализации.

3. Результаты дисперсионного анализа влияния факторов на содержание гумуса в слое 0...30 см чернозёма типичного, 2012–2016 гг.

Фактор	Критерий Фишера		Корреляция, η	Долевое участие, %
	$F_ф$	F_{05}		
А*	6,3	5,1	0,70	63,3
В	2,8	3,6	0,19	4,2
С	41,4	3,2	0,54	28,2
D	8,6	3,1	0,15	4,1

4. Содержание гумуса в зависимости от вида севооборота, способа обработки почвы и применения органических и минеральных удобрений в пятой ротации в слое 0…30 см, % к массе, 2012–2016 гг.

Севооборот (фактор А)	Обработка (фактор В)	Навоз (фактор С)	Минеральные удобрения (фактор D)			Среднее
			0	1	2	
ЗТП	О	0	5,41	5,54	5,64	5,53
		1	5,56	5,69	5,78	5,68
		2	5,69	5,82	5,91	5,81
		среднее	5,55	5,68	5,78	5,67
	Б	0	5,46	5,59	5,69	5,58
		1	5,61	5,73	5,83	5,72
		2	5,74	5,86	5,96	5,85
		среднее	5,60	5,73	5,83	5,72
	М	0	5,51	5,64	5,74	5,63
		1	5,66	5,78	5,88	5,77
		2	5,79	5,91	6,01	5,90
		среднее	5,65	5,78	5,88	5,77
	среднее	0	5,46	5,59	5,69	5,58
		1	5,61	5,73	5,83	5,72
		2	5,74	5,86	5,96	5,85
		среднее	5,60	5,73	5,83	5,72
ЗП	О	0	5,10	5,16	5,17	5,14
		1	5,43	5,49	5,50	5,47
		2	5,47	5,53	5,54	5,51
		среднее	5,33	5,39	5,40	5,38
	Б	0	5,16	5,22	5,23	5,20
		1	5,49	5,55	5,56	5,53
		2	5,53	5,59	5,61	5,58
		среднее	5,39	5,45	5,47	5,44
	М	0	5,20	5,26	5,28	5,25
		1	5,53	5,59	5,60	5,57
		2	5,58	5,63	5,63	5,61
		среднее	5,44	5,49	5,50	5,48
	среднее	0	5,15	5,21	5,23	5,20
		1	5,48	5,54	5,55	5,53
		2	5,53	5,58	5,59	5,57
		среднее	5,39	5,45	5,46	5,43
ЗПП	О	0	4,95	5,01	4,97	4,98
		1	5,31	5,37	5,33	5,34
		2	5,39	5,44	5,40	5,41
		среднее	5,22	5,27	5,23	5,24
	Б	0	5,01	5,07	5,03	5,04
		1	5,37	5,43	5,39	5,40
		2	5,45	5,50	5,46	5,47
		среднее	5,28	5,33	5,29	5,30
	М	0	5,08	5,14	5,10	5,11
		1	5,44	5,49	5,45	5,46
		2	5,51	5,57	5,53	5,54
		среднее	5,34	5,40	5,36	5,37
	среднее	0	5,01	5,07	5,03	5,04
		1	5,37	5,43	5,39	5,40
		2	5,45	5,50	5,46	5,47
		среднее	5,28	5,34	5,30	5,30
Среднее	О	0	5,15	5,24	5,26	5,22
		1	5,43	5,52	5,54	5,50
		2	5,52	5,60	5,62	5,58
		среднее	5,37	5,45	5,47	5,43
	Б	0	5,21	5,29	5,32	5,27
		1	5,49	5,57	5,59	5,55
		2	5,57	5,65	5,68	5,63
		среднее	5,42	5,50	5,53	5,49
	М	0	5,26	5,35	5,37	5,33
		1	5,54	5,62	5,64	5,60
		2	5,63	5,70	5,72	5,68
		среднее	5,48	5,56	5,58	5,54
	среднее	0	5,21	5,29	5,32	5,27
		1	5,49	5,57	5,59	5,55
		2	5,57	5,65	5,67	5,63
		среднее	5,42	5,50	5,53	5,48

$НСР_{05}$ для факторов: А – 0,29; В – 0,09; С – 0,03; D – 0,05.

Применение навоза увеличивало содержание гумуса во всех севооборотах на 0,28…0,36 %, по отношению к фону без удобрений. Совместное внесение минеральных удобрений и навоза в наибольшей степени способствовало накоплению гумуса в почве, в таких вариантах его содержание было на 0,36…0,46 % выше, чем в контроле, хотя удвоение доз минеральных удобрений в комбинации с навозом не приводили к достоверным изменениям величины этого показателя.

По биоэнергетической эффективности различия между севооборотами менее значительны. Наибольший в опыте выход энергии обеспечивал зернотравянопропашной севооборот (82,4 ГДж/га), несколько меньше он был в зернопаропропашном (79,9 ГДж/га) и зернопропашном (78,3 ГДж/га) севооборотах (табл. 5).

Самый высокий выход энергии в среднем по трем севооборотам, как и в каждом по отдельности, отмечен на фоне отвальной вспашки. В среднем по всем фонам чистая энергия в урожае сельскохозяйственных культур по вспашке составила 81,7 ГДж/га, по безотвальной обработке – 80,4 ГДж/га, по минимальной – 78,4 ГДж/га.

Применение минеральных удобрений и навоза обеспечивало увеличение выхода чистой энергии с гектара, тем большее, чем выше были дозы внесения, и в соответствии с изменениями продуктивности севооборотов. Максимальный в опыте выход энергии (101,2 ГДж/га) отмечен при совместном внесении двойных доз навоза и минеральных удобрений.

Наибольшая величина биоэнергетического коэффициента, учитывающего не только выход энергии с 1 га в виде урожая и накопления органического вещества, но и её затраты при возделывании сельскохозяйственных культур, установлена для зернотравянопропашного севооборота (4,7). В других севооборотах он был равен 3,7…4,0. Коэффициент биоэнергетической эффективности в среднем был одинаковым по способам основной обработки почвы. Применение удобрений увеличивало биоэнергетическую эффективность, причём действие навоза и минеральных удобрений оказалось примерно одинаковым (коэффициент равен 4,0…4,1). Максимальная в опыте биоэнергетическая эффективность (4,4) отмечена при совместном применении одинарных доз минеральных удобрений и двойных доз навоза.

Таким образом, наибольшая продуктивность в нашем эксперименте отмечена для зернопаропропашного севооборота, включающего в свою структуру максимальное количество полей интенсивных культур, а наивысшая биоэнергетическая эффективность и способность к увеличению содержания гумуса в почве – для зернотравянопропашного севооборота. Среди способов обработки почвы вспашка обеспечивала более высокую продуктивность севооборотов, чем минимальная обработка, а по биоэнергетическим эффективности и способности накапливать гумус в почве все варианты были равнозначными.

5. Влияние вида севооборотов и способов основной обработки почвы на биоэнергетическую эффективность применения удобрений, 1987–2016 гг.

Удобрение, доза		Севооборот			Способ обработки почвы			Среднее
Навоз	NPK	ЗТП	ЗП	ЗПП	О	Б	М	
Выход энергии, ГДж/га								
0	0	57,2	52,0	54,3	55,8	54,9	52,8	54,5
0	1	77,4	74,0	75,2	77,1	75,8	73,8	75,6
0	2	88,6	84,4	85,9	87,8	86,7	84,4	86,3
1	0	67,5	62,9	65,0	65,9	65,5	64,1	65,1
1	1	85,0	82,1	83,4	85,4	83,2	81,8	83,5
1	2	94,6	90,8	92,3	94,0	93,1	90,8	92,6
2	0	74,0	69,4	71,6	72,9	71,6	70,5	71,7
2	1	92,9	89,9	91,2	93,1	91,7	89,1	91,3
2	2	104,3	98,9	100,6	103,6	101,4	98,8	101,2
Среднее		82,4	78,3	79,9	81,7	80,4	78,4	
Биоэнергетический коэффициент								
0	0	4,20	3,21	3,54	3,67	3,66	3,62	3,6
0	1	4,73	3,70	3,97	4,15	4,12	4,12	4,1
0	2	4,69	3,59	3,87	4,07	4,05	4,03	4,0
1	0	4,53	3,59	3,92	3,96	4,03	4,05	4,0
1	1	4,81	3,85	4,17	4,32	4,24	4,27	4,3
1	2	4,68	3,67	3,97	4,12	4,11	4,09	4,1
2	0	4,56	3,69	4,02	4,04	4,09	4,14	4,1
2	1	4,90	3,97	4,33	4,43	4,40	4,37	4,4
2	2	4,85	3,79	4,14	4,31	4,25	4,22	4,3
Среднее		4,7	3,7	4,0	4,1	4,1	4,1	

Максимальное в опыте положительное влияние на продуктивность севооборотов и биоэнергетическую эффективность оказывало совместное применение минеральных и органических удобрений. Насыщение севооборотов пропашными культурами и вспашка усиливали воздействие удобрений на их продуктивность, а сочетание минеральных удобрений и навоза улучшали положительное влияние многолетних трав на содержание гумуса в почве.

В целом в результате исследований установлено, что использование чернозёмов без включения в структуру севооборотов многолетних трав, в систему удобрения – навоза, может привести к деградации почвенного плодородия. Для его повышения, а также решения задач по ресурсо- и энергосбережению, необходимо принимать меры по биологизации земледелия посредством включения в севооборот до 20...40 % многолетних трав от общей площади пашни и внесения за ротацию севооборота 40...80 т/га навоза под пропашные культуры совместно с минеральными удобрениями в количестве не менее $N_{42...62}P_{62}K_{62}$.

Литература.

1. Мареев В. Ф., Манюкова И. Г. Ресурсосберегающие способы основной обработки почвы // Агрохимический вестник. 2007. № 4. С. 4–6.

2. Чекмарёв П. А., Лукин С. В. Итоги реализации программы биологизации земледелия в Белгородской области // Земледелие. 2014, № 8 С. 3–6.

3. Способы основной обработки почвы, урожай и качество зерна / Г. Н. Черкасов, Д. В. Дубовик, Е. В. Шутов и др. // Земледелие. 2011. № 5. С. 18–19.

4. Дубовик Д. В., Чуян О. Г. К оценке ресурсного потенциала агроландшафтов для управления урожаем сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 12. С. 43–47.

5. Волков А. И. Кириллов Н. А. Эффективность нулевой обработки почвы в полевом севообороте // Сахарная свёкла. 2018. № 9. С. 34–37.

6. Кондратенко В. Н, Хмельницкий А. А. Какому способу основой обработки почвы отдать предпочтение // Сахарная свекла. 2002. № 12. С. 28.

7. Листопадов И. Н. Минимизация, а не упрощение // Земледелие. 2007. № 1. С.25–27.

8. Минеев В. Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. 415 с.

9. Комбинация приёмов / В. В. Никитин, В. Д. Соловиченко, А. П. Карабутов и др. // Агробизнес. 2018. № 7. С. 82–87.

10. Карабутов А. П., Уваров Г. И. Изменение агрохимических показателей чернозёма при длительном применении удобрений и обработок // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 7. С. 25–28.

11. Щербаков А. П., Васенев И. И. Экологические проблемы плодородия почв в Центрально-Черноземной области (к 100-летию особой экспедиции В. В. Докучаева) // Почвоведение. 1994. № 8. С. 83–96.

12. Соловиченко В. Д., Тютюнов С. И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. Белгород: Отчий край, 2013. 371 с.

13. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / В. М. Володин, Р. Ф. Ерёмина, А. Е. Федорченко и др. Курск: ЮМЭСК, 1999. 48 с.

Reproduction of Soil Fertility, Productivity and Energy Efficiency of Crop Rotations

A. P. Karabutov, V. D. Solonichenko, V. V. Nikitin, E. V. Navolneva

Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the RAS, ul. Oktyabr'skaya, 58, Belgorod, 308001, Russian Federation

Abstract. *In 1987, in Belgorod Agrarian Scientific Center a long stationary field test was founded to investigate the influence of different crop rotations, tillage methods, and fertilization on soil fertility, crop productivity and their bioenergy efficiency. It was studied five-field crop rotations with a different structure of the sown area. Three tillage methods were used: ploughing, non-moldboard cultivation and minimum tillage. The separate and combined application of different doses of mineral and organic fertilizers was studied. For five rotations, the greatest productivity was shown by a grain-fallow-row crop rotation; its productivity increased by 400–690 grain unit/ha in comparison with other crop rotations. Application of mineral fertilizers and manure had the greatest influence on crop productivity, 66% and 19%, respectively. Mainly, the structure of the sown area and manure application influenced the humus content in the soil, 63% and 28%, respectively. Saturation of crop rotation with row crops significantly reduced the content of organic matter in the soil. A grain-grass-row crop rotation increased the content of humus by 0.45% compared to the grain-fallow-row crop rotation. Mineral fertilizers contributed to the increase in humus content in the grain-grass-row crop rotation, to the reduction of the rate of dehumification in a grain-row crop rotation and its strengthening in the grain-fallow-row crop rotation; and the joint application of NPK with manure contributed to the stabilization and increase in the humus content in the soil. On average over five rotations the highest energy ratio was noted the grain-grass-row crop rotation (4.7), the lower one was in crop rotation with bare fallow (4.0) and the minimum ratio was in the grain-row crop rotation (3.7). More intensive moldboard treatment (ploughing) increased the energy consumption, but compensated them by the increase in the crop yield. The maximum bio-energetic factor was noted at the joint application of mineral fertilizers in single doses (N42–62P62K62) against the background of the application of manure in the dose of 16 t/ha.*

Keywords: *biologization; productivity; fertility; crop rotation; soil cultivation; fertilizers; bioenergy efficiency; bioenergy coefficient.*

Author Details: *A. P. Karabutov, Cand. Sc. (Agr.), research fellow (e-mail: karabut.ap@mail.ru). D. Solonichenko, D. Sc. (Agr.), head of laboratory (e-mail: laboratoria.plodorodiya@mail.ru); V. V. Nikitin, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: valentin_1937@list.ru); E. V. Navolneva, research fellow.*

For citation: *Karabutov A. P., Solonichenko V. D., Nikitin V. V., Navolneva E. V. Reproduction of Soil Fertility, Productivity and Energy Efficiency of Crop Rotations. Zemledelie. 2019. No. 2. Pp. 3–7 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10201.*

ЕС Белла и ЕС Генезис: там, где привыкли работать на результат!

Подсолнечник занимает ключевые позиции в структуре глобального российского севооборота. Поразительно, но в прошлом, экстремально засушливом году, аграриям удалось собрать рекордный урожай – более 12 млн т. Для сравнения: в сельхозсезоне-2017, более благополучном по погодным условиям, этот показатель остановился на отметке 8,1 млн т.

Наука работает на производство

Характерно, что рост валового сбора семечки произошел не только из-за увеличения площадей: выросла и средняя урожайность. Однако полученные результаты – не предел, и отечественным аграриям предстоит много работы. Ведь, согласно «майским указам», к 2024 году Россия должна в два раза увеличить объем валового сбора масличных культур – включая подсолнечник.

Но как добиться этой цели в условиях меняющегося климата и сложной фитосанитарной обстановки, актуальной для многих хозяйств? Ответ на данный вопрос заключается в использовании современных селекционных достижений.

Одним из лидеров в данном направлении является «Евралис», чьи гибриды подсолнечника в нашей стране предлагает компания «Байер». Эти продукты доказали свою продуктивность в разных почвенных и природно-климатических регионах. Но мы остановимся на двух представителях линейки – раннеспелых ЕС Белла и ЕС Генезис.

Есть ЕС Белла и ЕС Генезис – будет и урожай

Когда говорят о преимуществах раннеспелых гибридов, то на первое место ставят именно сроки созревания. Ведь они позволяют выращивать культуру в условиях короткого сезона, получать ранний урожай, а также хорошую прибыль от его реализации. Но у каждой медали есть обратная сторона, и к «ахиллесовой пяте» раннеспелых продуктов традиционно относят низкую урожайность.

Как показывает практика, ЕС Белла легко разрывает данный шаблон. Потенциал ее урожайности достигает 50 ц/га, а масличности – 50%. Разумеется, это максимум, на который можно рассчитывать при соблюдении множества факторов – четкой агротехники, надежной защиты растений, благоприятных погодных условий.

А теперь обратимся к опыту множества российских хозяйств. Здесь ЕС Белла выращивают в производственных масштабах, чьи условия несоизмеримо далеки от идеальных. Данный опыт говорит о том, что гибрид легко формирует урожайность от 30 ц/га и выше. В качестве примера приведем несколько показательных цифр.

Итак, Белгородская область, ЗАО «Бобравское»: урожайность ЕС Белла составила 31,7 ц/га.

Воронежская область, КФХ «Баранников»: средний сбор семечки с гектара составил 36,3 ц.

Краснодарский край, ЗАО «Лебяжье-Чипигинское»: урожайность гибрида поднялась до 38,8 ц/га.

Аналогичные показатели – по гибриду ЕС Генезис. Потенциал его урожайности достигает 50 ц/га, масличности – 48%. Но и в довольно «суровых» производственных условиях ЕС Генезис неизменно выходит в лидеры.

Возникает вопрос: за счет чего происходит формирование столь высоких и качественных урожаев у раннеспелых продуктов? Факторов несколько, поэтому перечислим основные.

Скажем «нет» засухе

Засуха является одним из лимитирующих факторов урожайности подсолнечника. Оба гибрида – ЕС Белла и ЕС Генезис, – формируют мощную, хорошо развитую корневую систему, способную проникать в нижние ярусы почвы. На такой глубине даже в условиях сильной почвенной засухи содержатся запасы воды, необходимые для оптимального развития растений.

Кроме того, «выручает» и раннеспелость гибридов. Известно, что жизнеспособность пыльцы напрямую зависит от температурного режима и относительной влажности воздуха. У таких ранних продуктов как ЕС Белла и ЕС Генезис процессы цветения и опыления обычно протекают до наступления пика засухи. Избежав критического периода, растения закладывают крупную, выполненную корзинку.

Разумеется, это не все генетические факторы, влияющие на засухоустойчивость подсолнечника. Среди прочих – особая форма и наклон корзинки, а также другие морфологические характеристики, помогающие гибридам ЕС Белла и ЕС Генезис формировать достойные урожаи даже в экстремальных условиях.

Не оставить шансов заразихе

Следующий пункт, которому селекционеры «Евралис» уделяют повышенное внимание, связан с созданием заразихоустойчивых гибридов. ЕС Белла – яркий представитель этого семейства. Она проявляет генетическую устойчивость ко всем известным расам этого растений-паразита – от A до G и выше.

В свою очередь, ЕС Генезис обладает двойным механизмом устойчивости к заразихе. Первый, как и в случае с гибридом ЕС Белла, вызван улучшенной генетикой. Второй механизм связан с устойчивостью ЕС Генезис к гербицидам из класса имидазолинонов. Следовательно, гибрид подходит к возделыванию по производственной системе Clearfield Plus, не оставляющей ни одного шанса заразихе.

Это крайне важно, ведь заразиха обладает уникальной для мира растений способностью формировать новые, более агрессивные расы. И существуют регионы, в которых данная проблема получила максимальное распространение. Местные аграрии вынуждены предпринять максимум мер, чтобы сдержать нашествие заразихи и предотвратить появление новых рас. Именно для таких регионов ЕС Генезис подходит идеально.

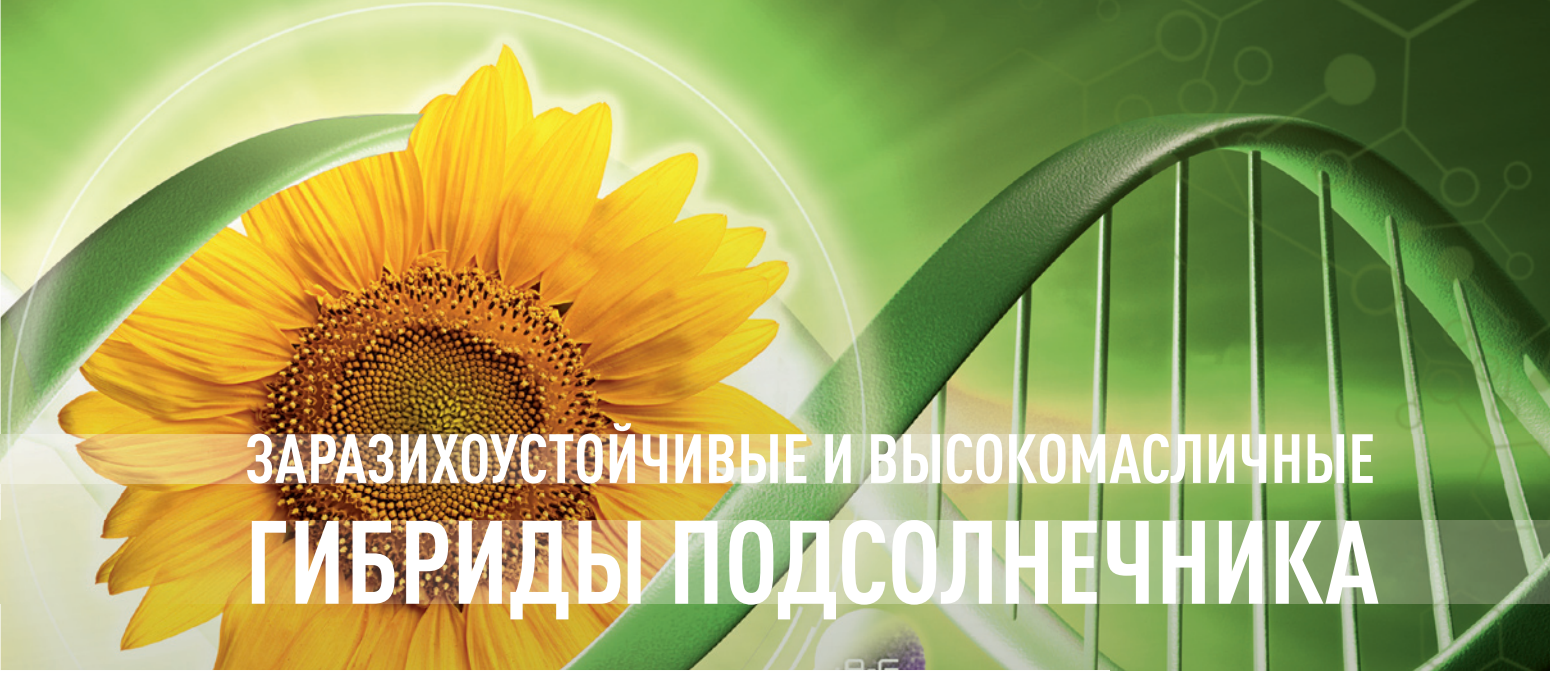
Каким бы ни был новый сельхозсезон, задача аграриев – снизить возможные риски до минимальных отметок и получить достойный урожай независимо от внешних факторов.

ЕС Белла и ЕС Генезис: там, где привыкли работать на результат!

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

BAYER

EURALIS
Creating seeds and trust



ЗАРАЗИХОУСТОЙЧИВЫЕ И ВЫСОКОМАСЛИЧНЫЕ ГИБРИДЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА

ЕС ГЕНЕЗИС

РАННИЙ

ПЕРВЫЙ ЗАРАЗИХОУСТОЙЧИВЫЙ ГИБРИД ПОДСОЛНЕЧНИКА С СИСТЕМОЙ CLEARFIELD® PLUS

- Вегетационный период 100–105 дней
- Высокий и стабильный урожай
- Быстрый старт и раннее развитие
- Пригоден для выращивания по технологии MiniTill
- Высокий уровень устойчивости к полеганию
- Хорошее опыление корзинки
- Масличность – в пределах 50%

- Высокий уровень толерантности к болезням, в том числе к ржавчине
- Устойчивость к заразихе, OR A-G
- Высота растений 160–170 см
- Регион возделывания – Центр, Юг, Восток, Запад – территории с недостатком влаги и возможным поражением заразихой

ЕС БЕЛЛА

РАННИЙ

ЛИДЕР ПО ЗАРАЗИХОУСТОЙЧИВОСТИ В РАННЕМ СЕГМЕНТЕ

- Вегетационный период 100–105 дней
- Быстрый старт и раннее развитие
- Обладает широким ареалом адаптации
- Пластичный и стабильный гибрид
- Отличная устойчивость к засухе и стрессам
- Устойчив к полеганию, не боится загущения

- Высокий уровень толерантности к болезням
- Масличность – в пределах 50%
- Устойчивость к заразихе, OR > G
- Регион возделывания – рекомендован для всех регионов возделывания с возможным поражением новыми расами заразихи

на правах рекламы

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

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10202
УДК 631.416.9

Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях

С. В. ЛУКИН[1], доктор сельскохозяйственных наук, директор
Д. В. ЖУЙКОВ[2], аспирант (e_mail: oaem_agrohim_31@mail.ru)
[1]Центр агрохимической службы «Белгородский», ул. Щорса, 8, Белгород, 308027, Российская Федерация
[2]Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»), ул. Победы, 85, к. 14, Белгород, 308015, Российская Федерация

Исследования проводили с целью анализа многолетних данных мониторинга содержания серы в агроценозах на территории Белгородской области. Почвенный покров представлен в основном черноземами типичными, выщелоченными и обыкновенными. В работе использовали материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв, а также результаты локального агроэкологического мониторинга на десяти реперных объектах в лесостепной зоне области. В течение 2010–2018 гг. происходило увеличение содержания подвижных форм серы в почвах. Тем не менее, в 2015–2018 гг. 90,4 % обследованных почв относилось к категории низкообеспеченных этим минеральным элементом. На территории участка «Ямская степь» государственного заповедника «Белогорье» в верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта (10...20 см) черноземов типичных и выщелоченных содержание подвижной серы находится в пределах 2,9...4,5 мг/кг. Наибольшая концентрация подвижных форм серы отмечена в почвах сельскохозяйственных угодий Яковлевского (4,7 мг/кг), Шебекинского (4,1 мг/кг), Прохоровского и Чернянского (3,9 мг/кг) районов. Самые низкие величины этого показателя характерны для Ровеньского (2,0 мг/кг), Краснояружского (1,9 мг/кг) и Грайворонского (1,7 мг/кг) районов Белгородской области. Основной антропогенный источник поступления серы в агроценозы – органические удобрения, уровень внесения которых достиг в годы последнего цикла агрохимического обследования 7,8 т/га посевной площади. При внесении дозы 100 кг/га азота с навозными стоками в почву поступает 7,1 кг/га серы, навозом КРС – 12,5, компостом соломопомётным – 12,3 кг/га. Из числа бобовых культур, возделываемых в области, наиболее высоким содержанием серы в семенах характеризуется соя (0,30 %) и белый люпин (0,22 %). Наиболее низкую концентрацию этого элемента отмечали в основной продукции гороха (0,12 %). В соломе сои и белого люпина содержание серы значительно меньше, чем в семенах, а в соломе гороха – немного больше.

Ключевые слова: *сера, почва, чернозем, соя, горох, белый люпин.*

Для цитирования: *Лукин С. В., Жуйков Д. В. Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях // Земледелие. 2019. № 2. С. 10–12. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10202.*

Разработка современных систем удобрения сельскохозяйственных культур должна базироваться на актуальных результатах агрохимического мониторинга, отражающего обеспеченность почв подвижными формами макро-, мезо- и микроэлементов. Очень важная роль в минеральном питании растений принадлежит сере, которую чаще всего относят к мезоэлементам. Сера – один из компонентов всех белков, она входит в состав трех незаменимых аминокислот: цистеина, цистина, метионина. Важнейшая функции серы в белках – образование дисульфидных связей в полипептидных цепях при формировании пространственной структуры белков [1]. Сера участвует в таких важнейших жизненных процессах, как дыхание, фотосинтез, синтез белков и масел, первичная ассимиляции азота из почвы. Усиливая развитие клубеньковых бактерий на корнях бобовых растений, этот минеральный элемент способствует фиксации азота из атмосферы [2].

Сера слабо реутилизируется, поэтому ее недостаток преимущественно сказывается на молодых листьях в виде осветления зеленой окраски. Чем выше уровень азотного питания, тем больше потребность растений в сере. При отношении серы к азоту в растении менее 1:16 синтез белка снижается, и азот аккумулируется в нитратной форме. Поэтому ее дефицит более заметен при использовании повышенных доз азота [3]. В то же время избыток серы более вреден, чем её недостаток. В такой ситуации, которая наблюдается на засоленных почвах, наступает угнетение и даже гибель растений [4]. Согласно Гигиеническим нормативам ГН 2.1.7.2041-06 предельно допустимая концентрация (ПДК) серы в почве составляет 160 мг/кг.

Сера широко распространена в природе: содержится в минералах, почве, живых организмах, встречается как в свободном состоянии, так и в составе различных химических соединений. Кларк этого элемента в почвах по Виноградову равен 850 мг/кг**.** Корни растений усваивают серу из почвы в виде сульфатов, некоторое ее количество поглощается листьями из воздуха в виде сернистого газа.

Долгое время вопросам питания растений этим элементом не придавали особого значения, что было связано с применением минеральных удобрений, содержащих достаточное количество сопутствующей серы, и с поступлением в агроценозы техногенной серы от промышленных предприятий. Однако переход на применение комплексных удобрений, не содержащих серу, и больший вынос питательных элементов из почвы с возросшими урожаями сельскохозяйственных культур, привели к дефициту этого элемента в некоторых регионах страны [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Почвы Центрального Черноземья характеризуются в основном низкой обеспеченностью подвижной серой [11].

Цель исследования – анализ многолетних данных мониторинга содержания серы в агроценозах на территории Белгородской области.

В почвенном покрове лесостепной зоны Белгородской области шире всего представлены черноземы типичные и выщелоченные, степной – черноземы обыкновенные. Среднемноголетний гидротермический коэффициент на территории этого субъекта Федерации

1. Вариационно-статистические показатели содержания серы в органических удобрениях, %

Показатель	Стоки навозные (2,22 % сухого вещества)	Компост соломопометный (56 % сухого вещества)	Навоз КРС (25 % сухого вещества)
Число проб (n)	74	48	24
Среднее содержание ($\bar{x}\pm t_{05}s_{\bar{x}}$)	0,02±0,002	0,35±0,04	0,09±0,01
Пределы варьирования (lim)	0,01...0,06	0,15...0,71	0,04...0,16
Коэффициент вариации (V)	33,7	35,7	39,2

2. Динамика распределения пахотных почв по содержанию подвижной серы, %

Годы	Группировка почв по содержанию подвижной серы, мг/кг почвы			Средне-взвешенное содержание, мг/кг
	низкое < 6,0	среднее 6,0…12,0	высокое > 12,0	
1990–1994	48,2	45,7	6,1	6,80
1995–1999	70,0	27,7	2,3	5,47
2000–2004	65,7	10,9	1,1	3,47
2005–2009	97,2	2,5	0,3	2,60
2010–2014	95,0	4,1	0,9	2,80
2015–2018	90,4	8,4	1,2	3,30

варьирует от 0,9 на юго-востоке до 1,2 на западе. В среднем за 2015–2018 гг. общая посевная площадь составила 1428,5 тыс. га.

В статье представлены материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв, а также результаты локального агроэкологического мониторинга на десяти реперных объектах в лесостепной зоне, где почвенный покров представлен черноземами выщелоченными. Лабораторные исследования проводили в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский».

Подвижные формы серы из почвы извлекали раствором хлористого калия (ГОСТ 26490-85). Валовое содержание серы в растениеводческой продукции определяли согласно действующим методическим указаниям (М.: Росинформагротех, 2004).

При статистической обработке результатов испытаний проводили расчет доверительного интервала для средних значений ($\bar{x} \pm t_{05} s_{\bar{x}}$) и коэффициента вариации (V).

Главный природный источник серы в почвах – почвообразующие породы. Основной антропогенный источник поступления серы в агроценозы на территории Белгородской области на сегодняшний день – органические удобрения. Если в 2005–2009 гг. уровень их внесения составлял всего 1,2 т/га посевной площади, то в 2010–2014 гг. он увеличился до 4,8, а в 2015–2018 гг. – до 7,8 т/га. Основные используемые органические удобрения достаточно сильно отличаются по химическому составу. Для того чтобы внести с ними дозу азота 100 кг/га потребуется около 35,7 т/га навозных стоков, или 13,9 т/га навоза КРС, или 3,5 т/га компоста соломопомётного. С таким количеством органического вещества будет внесено в почву соответственно 7,1, 12,5 и 12,3 кг/га серы (табл. 1).

Использование серосодержащих минеральных удобрений в области мало распространено. Например, в 2018 г. внесли всего 1,9 тыс. т (в физической массе) сульфата аммония, с которым в почву поступило около 460 т серы (в среднем 0,32 кг/га).

Важный антропогенный источник серы для агроценозов – промышленные выбросы в атмосферу диоксида этого минерального элемента. Большую часть серы в виде SO_2 почва адсорбирует непосредственно из атмосферы в процессе газообмена, часть попадает с атмосферными осадками. Если в 1990 г. выброс диоксида серы в атмосферу области из стационарных источников находился на уровне 32,4 тыс. т, то в 2004 г. – только 11,2 тыс. т, в 2017 г. его объемы увеличились до 22,4 тыс. т.

По результатам фонового агроэкологического мониторинга, проводимого на территории участка «Ямская степь» государственного заповедника «Белогорье», установлено, что в верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта (10…20 см) черноземов типичных и выщелоченных содержание подвижной серы находится в пределах 2,9…4,5 мг/кг. По современной оценочной шкале, используемой для пахотных почв, это соответствует низкому уровню обеспеченности.

3. Распределение почв пашни по содержанию подвижных форм серы в 2015–2018 гг., % от обследованной площади

Район	Группировка почв по содержанию подвижной серы, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг
	низкое <6	среднее 6…12	высокое >12	
Яковлевский	73,2	22,8	4,0	4,7
Шебекинский	86,9	10,7	2,4	4,1
Прохоровский	90,2	9,1	0,7	3,9
Чернянский	88,2	9,3	2,5	3,9
Белгородский	86,1	11,3	2,6	3,8
Красненский	92,3	7,7	0,0	3,7
Ракитянский	86,4	10,8	2,8	3,6
Валуйский	87,6	11,6	0,8	3,5
Корочанский	94,4	5,2	0,4	3,5
Алексеевский	84,7	13,6	1,7	3,4
Красногвардейский	88,9	10,1	1,0	3,4
Вейделевский	90,7	8,6	0,7	3,1
Борисовский	92,8	6,7	0,5	3,0
Новооскольский	95,2	4,2	0,6	3,0
Губкинский	94,0	5,7	0,3	2,9
Старооскольский	92,7	5,6	1,7	2,9
Ивнянский	94,3	5,5	0,2	2,8
Волоконовский	94,7	5,3	0,0	2,6
Ровеньский	98,1	1,6	0,3	2,0
Краснояружский	96,9	2,8	0,3	1,9
Грайворонский	95,1	4,2	0,7	1,7

По результатам сплошного агрохимического обследования наиболее высокое (6,8 мг/кг) средневзвешенное содержание подвижной серы в пахотных почвах области было зафиксировано в 1990–1994 гг. Затем оно неуклонно снижалась и достигло минимума (2,6 мг/кг) в 2005–2009 гг., что связано с сокращением поступления серы в агроценозы из всех антропогенных источников. В 2010–2014 гг. наметился небольшой рост величины этого показателя до 2,8 мг/кг, в 2015–2018 гг. – до 3,3 мг/кг. По результатам последнего цикла агрохимического обследования установлено, что 90,4 % обследованных почв области по содержанию подвижной серы относятся к категории низкообеспеченных, 8,4 % к среднеобеспечнным и только 1,2 % к категории высокообеспеченных (табл. 2).

В разрезе административных районов наибольшее содержание подвижных форм серы отмечено в почвах Яковлевского (4,7 мг/кг), Шебекинского (4,1 мг/кг), Прохоровского и Чернянского (3,9 мг/кг) районов. Самые низкие величины этого показателя характерны для Ровеньского (2,0 мг/кг), Краснояружского (1,9 мг/кг) и Грайворонского (1,7 мг/кг) районов Белгородской области. Географических закономерностей в распределении подвижных форм серы в зависимости от почвенно-климатических особенностей районов установлено не было (табл. 3). В ходе сплошного обследования фактов превышения ПДК содержания серы в пахотных почвах не выявлено.

По результатам наблюдений за динамикой подвижной серы в метровом

4. Динамика среднего содержания подвижных форм серы в почвах реперных участков, мг/кг

Глубина, см	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
0…20	2,2	2,4	2,6	2,9
21…40	1,5	1,5	2,3	1,5
41…60	1,2	1,4	2,1	1,1
61…80	1,6	1,6	2,0	1,0
81…100	1,8	2,0	1,9	1,1
0…100	1,7	1,8	2,2	1,5

5. Вариационно-статистические показатели содержания серы (S) в растениеводческой продукции, % абсолютно сухого вещества

Сельскохозяйственная культура		Число проб (n)	Среднее содержание ($\bar{x}\pm t_{05}s_{\bar{x}}$)	Пределы варьирования (lim)	Коэффициент вариации (V, %)
Соя	зерно	93	0,30±0,010	0,22...0,35	9,0
	солома	93	0,19±0,004	0,10...0,22	10,3
Люпин белый	зерно	20	0,22±0,02	0,17...0,28	14,9
	солома	20	0,07±0,01	0,05...0,11	31,8
Горох	зерно	22	0,12±0,004	0,11...0,13	6,7
	солома	22	0,14±0,003	0,13...0,15	4,1
Люцерна	сено	20	0,14±0,010	0,09...0,19	16,2
Клевер	сено	20	0,14±0,008	0,11...0,17	12,6
Эспарцет	сено	20	0,13±0,010	0,10...0,18	16,9

профиле почвы установлено, что в начале осени на реперных участках наибольшее содержание этого элемента характерно для пахотного слоя (0...20 см). Количество подвижной серы в слое 81...100 см достаточно сильно варьировало по годам: от 2,0 мг/кг (83,3 % от содержания в пахотном слое) в 2016 г., до 1,1 мг/кг (37,9 %) в 2018 г. (табл. 4). Закономерности профильного распределения величины этого показателя во многом обусловлены количеством выпавших осадков. Так, в августе 2016 г. выпало 108,9 мм осадков, 2018 гг. – 2,8 мм.

Элементный состав сельскохозяйственных растений изменяется в достаточно широких пределах, зависящих от культуры, обеспеченности почв элементами питания, уровня внесения удобрений, погодных условий, агротехники и др. В ряду биофильности, определяемой долевым участием химических элементов в построении живого вещества, сера занимает седьмое место [12]. Концентрация этого минерального элемента в растениях составляет 0,005...1,0 % [13]. К культурам, содержащим больше всего серы и наиболее чувствительным к ее недостатку в почве, относятся бобовые.

Наиболее высокое содержание серы зафиксировано в семенах сои (0,30 %) и белого люпина (0,22 %), в семенах гороха ее было намного меньше – всего 0,12 %. В соломе сои и белого люпина концентрация серы была значительно меньше, чем в семенах, а в соломе гороха немного больше. В продукции различных видов многолетних бобовых трав содержание серы было примерно одинаковым (табл. 5).

Существующее законодательство не регламентирует максимальное содержание серы в продуктах питания человека и кормах для сельскохозяйственных животных.

По результатам многолетнего мониторинга отмечено увеличение содержания подвижных форм серы в почвах Белгородской области в течение 2010–2018 гг. Тем не менее, в 2015–2018 гг. 90,4 % обследованных почв относилось к категории низкообеспеченных этим элементом. Основной антропогенный источник поступления серы в агроценозы – органические удобрения, уровень внесения которых достиг в последнем цикле обследования 7,8 т/га посевной площади. Из числа бобовых культур, возделываемых в области, наиболее высоким содержанием серы в основной продукции характеризуется соя (0,30 %) и белый люпин (0,22 %). Самое низкое содержание этого элемента отмечено в семенах гороха (0,12 %).

Литература.

1. Аристархов А. Н. Агрохимия серы. М.: ВНИИА, 2007. 272 с.
2. Кардиналовская Р. И. Реакция сельскохозяйственных культур на улучшение серного питания // Химия в сельском хозяйстве. 1984. № 3. С. 21–36.
3. Маслова И. Я. Оптимизация питания яровой пшеницы серой // Земледелие. 2010. № 1. С. 16–17.
4. Барахтенова Л. А., Николаевский Б. С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. Новосибирск: Наука, 1988. 86 с.
5. Воропаев В. Н. Содержание и динамика серы в почвах стационарного опыта Центрально-Черноземной зоны // Экология ЦЧО РФ. 2009. № 2. С. 73–78.
6. Сокаев К. Е. Сера в почвах Республики Северная Осетия Алания // Агрохимический вестник. 2003. № 6. С. 11–12.
7. Аристархов А. Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 5. С. 39–47.
8. Черкасов Е. А., Куликова А. Х., Лобачев Д. А. Динамика изменения плодородия почв Ульяновской области // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 10–17.
9. Чекмарев П. А., Маметов М. И., Семенова Н. В. Мониторинг плодородия пахотных почв Закамья Республики Татарстан // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 11. С. 9–16.
10. Попов В. В. Состояние плодородия пахотных земель в юго-восточных районах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 7–11. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10302.
11. Корчагин В. И. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв Воронежской области. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2017. 28 с.
12. Дерюгин И. П., Кулюкин А. Н. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур. М.: Агропромиздат, 1988. 270 с.
13. Куркаев В. Т., Шеуджен А. Х. Агрохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. 552 с.

Monitoring of Sulphur Content in Soils, Plants and Organic Fertilizers

S. V. Lukin[1], D. V. Zhuikov[2]
[1]Center of Agrochemical Service "Belgorodsky", ul. Shchorsa, 8, Belgorod, 308027, Russian Federation
[2]Belgorod State National Research University (NRU "BelSU"), ul. Pobedy, 85, k. 14, Belgorod, 308015, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to analyze the long-term data of monitoring the sulphur content in agrocenosis in the Belgorod region. The soil cover was represented mainly by typical, leached, and ordinary chernozems. We used the materials of continuous agrochemical survey of arable soils, as well as the results of local agro-ecological monitoring at ten reference objects in the forest-steppe zone of the region. During 2010–2018 there was an increase in the content of mobile forms of sulphur in the soils. However, in 2015–2018, 90.4% of the surveyed soils belonged to the category of poorly provided with this mineral element. On the territory of the Yamskaya Steppe site of the Belogorye state reserve in the upper part of the humus-accumulative horizon (10–20 cm) of typical and leached chernozem the content of mobile sulphur was within 2.9–4.5 mg/kg. The highest concentration of mobile forms of sulphur was recorded in the agricultural soils of Yakovlevsky (4.7 mg/kg), Shebekinsky (4.1 mg/kg), Prokhorovsky, and Chernyansky (3.9 mg/kg) districts. The lowest values of this indicator were characteristic for Rovensky (2.0 mg/kg), Krasnoyaruzhsky (1.9 mg/kg), and Graivoronsky (1.7 mg/kg) districts of the Belgorod region. The main anthropogenic source of sulphur in agrocenosis is organic fertilizers, the level of application of which reached 7.8 t/ha of the sown area in the last cycle of the agrochemical survey. With the application of 100 kg/ha of nitrogen with manure sewage, 7.1 kg/ha of sulphur enter the soil, with cattle manure – 12.5 kg/ha, with straw compost – 12.3 kg/ha. Among the legumes cultivated in the region, the highest sulphur content in seeds was characterized by soybean (0.30%) and white lupine (0.22%). The lowest concentration of this element was noted in the main production of pea (0.12%). In the straw of soybean and white lupine the sulphur content was significantly less than in the seeds, and in the straw of pea it was a little more.*

Keywords: *sulphur; soil; chernozem; soybean; pea; white lupine.*

Author Details: *S. V. Lukin, D. Sc. (Agr.), director; D. V. Zhuikov, post graduate student (e_mail: oaem_agrohim_31@mail.ru).*

For citation: *Lukin S. V., Zhuikov D. V. Monitoring of Sulphur Content in Soils, Plants and Organic Fertilizers. Zemledelije. 2019. No. 2. Pp. 10–12 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10202.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10203
УДК 631.416.9:631.454(571.13)

Цинк в почвах агроценозов Омского Прииртышья и эффективность применения цинковых удобрений

Ю. А. АЗАРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: yua.azarenko@omgau.org)
Ю. И. ЕРМОХИН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: yui.ermokhin@omgau.org)
Ю. В. АКСЕНОВА, кандидат биологических наук, доцент (e-mail: axsenovajulia@gmail.com)
Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, пл. Институтская, 1, Омск, 644008, Российская Федерация

Представлены данные о содержании прочносвязанных кислоторастворимых и подвижных форм цинка в почвах Омского Прииртышья. Содержание кислоторастворимого цинка (5М HNO_3) в гумусовом слое черноземов составляло 27,4...63,3, в лугово-черноземных почвах – 20,1...69,4, в солонцах – 43,5...64,6 мг/кг. Варьирование концентрации элемента в слое почв 0...20 см обусловлено содержанием фракций ила и физической глины, а также емкостью катионного обмена (r = 0,47...0,68). Распределение цинка по профилям почв зависело от содержания частиц < 0,01 мм, валового железа и кислоторастворимой меди. На долю подвижного цинка, определенного методом Крупского и Александровой, приходилось 0,6...2,5 % кислоторастворимой формы. Его содержание в гумусовых горизонтах составляло 0,14...0,88 мг/кг, запасы в слое 0...20 см черноземов – 0,48...1,2 кг/га, лугово-черноземных почв – 0,34...1,7, солонцов – 0,78...2,3 кг/га. Установлена слабая достоверная связь (r = 0,34...0,40) между содержанием подвижного цинка, ила и физической глины. В слое 0...20 см обнаружена обратная зависимость между содержанием элемента и величиной pH (r = – 0,40). Агрохимическая оценка показателей содержания цинка свидетельствует о его недостатке для питания сельскохозяйственных культур. Анализ результатов полевых опытов доказывает высокую эффективность применения цинковых удобрений на лугово-черноземных почвах лесостепной зоны Омской области. Различные способы использования (внесение в почву, опудривание семян, корневые и некорневые подкормки) цинка в форме сульфата и ацетата на сбалансированных минеральных фонах обеспечивали получение существенных прибавок урожаев зерна кукурузы, яровой и озимой пшеницы, озимых ржи и тритикале, семян капусты. Наиболее высокая окупаемость урожаями отмечена при опудривании семян и некорневых подкормках.

Ключевые слова: *цинк, почвы, цинковые удобрения, сельскохозяйственные культуры, Омское Прииртышье.*
Для цитирования: *Азаренко Ю. А., Ермохин Ю. И., Аксенова Ю. В. Цинк в почвах агроценозов Омского Прииртышья и эффективность применения цинковых удобрений // Земледелие. 2019. № 2. С. 13–17. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10203.*

Цинк относится к числу эссенциальных микроэлементов, выполняющих важные физиологические функции во всех живых организмах. Он играет ключевую роль в ферментативных реакциях благодаря тому, что входит в состав карбоангидразы, карбоксилазы, дегидрогеназы, супероксидисмутазы, щелочной фосфатазы, фосфолипазы, РНК-полимеразы, а также активирует деятельность других энзимов. Цинк необходим для осуществления процессов фотосинтеза, деления клеток, углеводного и белкового обменов, метаболизма ауксинов. Он входит в состав рибосом и биологических мембран [1, 2]. В связи с этим дефицит цинка в растениях, организмах животных и человека приводит к нарушению нормальной жизнедеятельности и различным заболеваниям [3]. С этой точки зрения содержание цинка в почве, как начальном звене пищевых цепей, выступает существенным экологическим фактором, определяющим продуктивность и качество сельскохозяйственных культур в агроценозах.

Дефицит цинка в почве отмечают во многих регионах мира, в том числе в России [4, 5, 6]. Среднее валовое содержание цинка в почвах мира изменяется от 60 до 89 мг/кг [9]. По данным агрохимической службы до 97,5 % пахотных почв Омской области характеризуется низкой обеспеченностью этим микроэлементом [7, 8]. В связи с изложенным для Омского Прииртышья актуальна оптимизация питания растений цинком. Важное место в решении указанной проблемы занимают оценка содержания соединений микроэлемента в почвах и диагностика потребности в нем сельскохозяйственных культур. Необходимую информацию об обеспеченности растений микроэлементами дают результаты полевых опытов, позволяющие разработать систему оптимизации питания сельскохозяйственных культур с учетом их биологических особенностей в конкретных почвенно-климатических условиях.

Цель исследований – оценка фонда прочносвязанных и подвижных форм цинка в почвах и анализ эффективности применения цинковых удобрений в агроценозах лесостепной и степной зон Омского Прииртышья.

Объектами исследования были пахотные почвы лесостепной и степной зон Омской области, а также сельскохозяйственные культуры, возделываемые в полевых опытах с разными способами применения цинковых удобрений.

Почвенный покров лесостепи и степи Омской области представлен разнообразными типами почв, основные из которых черноземы (2572 тыс. га) и лугово-черноземные почвы (570,4 тыс. га), среди интразональных почв преобладают солонцы (1257,2 тыс. га). Для изучения содержания цинка в указанных почвах в 2008–2012 гг. в разных районах области закладывали разрезы с отбором проб из генетических горизонтов. В геоморфологическом отношении территория исследований представлена Ишим-Иртышской и Барабинской равнинами, а также Прииртышским увалом. Преобладающие почвообразующие породы – четвертичные карбонатные суглинки и глины.

В почвенных пробах определяли содержание массовой доли кислоторастворимого цинка в 5М HNO_3 (по РД 52.18.191-89). Воздействие на почву реагента при температуре 100 °С в течение 3 ч переводит значительную часть труднорастворимых соединений этого элемента в составе кристаллических решеток минералов, органических и органо-минеральных соединений в более подвижные, в связи с чем содержание кислоторастворимой формы считают близким к валовому. Количество подвижного цинка определяли атомно-абсорбционным методом в 1н ацетатно-аммонийном буфере (ААБ) с pH 4,8 по Крупскому и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50886-94).

Содержание гумуса в почвах определяли по Тюрину в модификации Симакова с дополнениями Никитина; гранулометрический состав – пирофосфатным методом; pH водной суспензии почвы – потенциометрически; емкость катионного обмена (ЕКО) – по Бобко и Аскинази в модификации Алешина. Эффективность применения цинковых удобрений под разные культуры устанавливали на основе сравнительного анализа результатов полевых опытов, полученных разными авторами в Омской области в период с 1996 по 2012 гг. Статистическую об-

работку экспериментальных данных проводили с использованием программы Microsoft Excel.

Количество кислоторастворимого цинка в гумусовых горизонтах исследованных почв варьировало от 20,1 до 69,4 мг/кг (табл. 1, 2). По средней величине этого показателя почвы Омского Прииртышья приближаются к почвам Приобья и Барабы [9].

Среднее содержание микроэлемента в верхних горизонтах всех типов почв выше, чем в почвообразующей породе (табл. 2), что, вероятно, обусловлено его активным вовлечением в процессы биогенной миграции. В то же время более высокие концентрации элемента могут находиться в горизонтах В и $C_к$, в солонцах отмечена тенденция к его аккумуляции в подсолонцовых иллювиальных горизонтах. Обобщенные данные указывают на отсутствие различий по содержанию цинка между черноземами, лугово-черноземными почвами и солонцами.

Разница в концентрации элемента в слое 0...20 см почв была обусловлена содержанием фракции ила (r=0,68±0,12, n=39), физической глины (r=0,47±0,16, n=39), а также величиной ЕКО (r=0,58±0,14, n=33). Это объясняется тем, что цинк входит в состав глинистых минералов, адсорбируется мелкодисперсными фракциями минеральных и органоминеральных компонентов. Связь содержания цинка с гумусом в слое 0...20 см оказалась несущественной, то есть его концентрация в этом слое почв в большей степени зависела от гранулометрического состава. В распределении цинка по профилям почв значимую роль играли все перечисленные показатели. При этом сильная связь была установлена между содержанием цинка и физической глины (r=0,75±0,05, n=145), средняя – с концентрацией ила (r=0,55±0,06, n=174) и ЕКО (r=0,55±0,07, n=139).

Более тесная зависимость, наблюдаемая между содержанием цинка и физической глиной в профилях почв, в отличие от слоя 0...20 см, указывает на то, что цинк аккумулируется не только во фракциях частиц размером менее 0,001 мм, но и в более крупных фракциях мелкой и средней пыли. Гумус оказывал более слабое (r=0,40±0,07, n=155), но все же существенное влияние на распределение элемента по генетическим горизонтам, что согласуется с величиной $K_{эа}$.

Кроме отмеченных взаимосвязей, была установлена зависимость между концентрациями кислоторастворимых Zn и Cu (r = 0,91±0,03), а также между содержанием кислоторастворимого Zn и валового Fe (r = 0,83±0,05).

Тесная взаимосвязь между концентрацией указанных элементов объясняется высокой сорбционной емкостью оксидов и гидроксидов железа по отношению к ионам металлов, в том числе меди и цинка [7]. С учетом влияния наиболее значимых факторов распределение кислоторастворимого цинка ($Zn_к$) в профилях почв можно охарактеризовать следующим уравнением множественной регрессии, позволяющим прогнозировать содержание микроэлемента в профилях почв:

$$Zn_к = 2{,}57_{x_1} + 0{,}0003_{x_2} + 0{,}026_{x_3} - 7{,}45,$$

где x_1 – содержание кислоторастворимой меди, мг/кг; x_2 – содержание валового железа, мг/кг; x_3 – содержание физической глины, %.

Для диагностики питания растений цинком необходима информация о содержании в почве его подвижных форм. Ацетатно-аммонийный буфер, используемый для определения величины этого показателя, позволяет извлечь соединения цинка, которые находятся в обменной форме, а также в составе простых солей и растворимых органических соединений. В гумусовых горизонтах изученных почв концентрация подвижных форм элемента составляла 0,14...0,88 мг/кг (см. табл. 1, 2). Их запасы в слое 0...20 см черноземов находились на уровне 0,48...1,2 кг/га, лугово-черноземных почв – 0,34...1,7, солонцов – 0,78...2,3 кг/га. В верхних горизонтах почв на долю подвижного цинка приходилось от 0,6 до 2,5 % его кислоторастворимой формы. По содержанию подвижного цинка почвы Омского Прииртышья близки к черноземным почвам других регионов Западной Сибири и Центрального Черноземья [10, 11].

Почвы черноземного и солонцового типов несущественно различались по содержанию изучаемого микроэлемента. Определенных закономерностей в распределении цинка в верхней и срединной частях профилей не наблюдали. В то же время примерно в 50 % разрезов отмечено увеличение концентрации элемента и его доли в кислоторастворимой форме до 1,0...3,6 % в горизонтах почвообразующих пород, что может быть связано с растворением соединений

1. Содержание кислоторастворимого ($Zn_к$) и подвижного цинка ($Zn_п$) в профилях почв лесостепной и степной зон Омского Прииртышья

Горизонт	Глубина, см	pH	Гумус, %	Содержание частиц, %		ЕКО, ммоль/100г	$Zn_к$, мг/кг	$K_{эа}$*	$Zn_п$	
				< 0,01	< 0,001				мг/кг	% от $Zn_к$
				мм						
Лесостепная зона										
Разрез 101. Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, Большереченский район										
$A_{пах}$	0...29	6,98	8,10	54,8	30,1	47,4	48,6	1,3	0,37	0,8
AB	30...40	7,06	6,50	54,8	30,2	43,7	50,9	1,4	0,34	0,7
B_1	41...50	7,67	3,29	56,1	33,1	35,2	50,9	1,4	–	–
$C_к$	160...170	8,69	–	57,1	32,7	–	36,8	1,0	1,31	3,6
Разрез 1. Чернозем обыкновенный карбонатный легкосуглинистый, Исилькульский район										
$A_{пахк}$	0...15	7,95	3,85	26,8	14,9	26,7	27,4	0,7	0,50	1,8
$B_{1к}$	15...22	8,10	2,64	25,0	15,6	20,4	24,4	0,6	0,52	2,1
$B_{2к}$	34...44	8,20	–	24,4	17,1	–	25,0	0,7	–	–
$C_к$	190...200	9,10	–	37,3	26,2	18,4	37,3	1,0	0,62	1,7
Разрез 112. Лугово-черноземная среднесуглинистая почва, Большереченский район										
$A_{пах}$	0...26	7,21	7,30	42,5	21,7	41,3	41,6	1,2	0,36	0,9
AB	30...40	7,42	4,60	42,2	22,0	36,6	49,2	1,5	–	–
B_1	40...50	8,22	3,41	40,9	21,9	35,9	48,5	1,4	0,25	0,5
$C_{кд}$	130...140	9,16	–	35,3	22,7	26,5	33,7	1,0	0,52	1,5
Разрез 27. Лугово-черноземная осолоделая тяжелосуглинистая, Павлоградский район										
$A_{пах}$	0...19	6,90	4,86	60,1	33,6	32,6	65,4	1,4	0,72	1,1
B_1	19...29	6,40	4,04	58,6	41,6	27,0	60,1	1,3	0,53	0,9
B_2	40...50	6,10	–	64,8	48,1	26,5	58,0	1,2	–	–
$C_{кд}$	170...180	8,50	–	58,6	33,7	–	47,3	1,0	0,78	1,6
Разрез 2а. Солонец лугово-черноземный мелкий тяжелосуглинистый, Омский район										
A_1	0...10	7,15	6,4	39,8	13,6	40,6	56,7	1,2	0,88	1,6
B_1	10...27	7,19	5,4	45,6	14,9	–	55,6	1,2	0,40	0,7
B_2	27...40	8,45	2,2	55,6	38,8	–	64,8	1,3	–	–
$B_{3к}$	40...57	8,89	1,1	60,1	39,0	–	50,9	1,0	0,20	0,4
$C_к$	96...120	9,00	0,5	58,6	31,7	–	48,3	1,0	0,86	1,8
Степная зона										
Разрез 4. Чернозем южный среднесуглинистый, Русскополянский район										
A	0...15	6,64	5,03	40,5	12,7	–	46,5	1,2	0,50	1,1
AB	15...27	6,97	2,50	42,3	17,7	–	43,7	1,1	0,20	–
B_1	27...38	7,70	1,50	46,0	15,7	–	44,8	1,1	–	0,5
$C_к$	102...114	8,33	0,20	47,5	18,8	–	39,7	1,0	0,95	2,4
Разрез 13. Лугово-черноземная песчаная, Черлакский район										
$A_{пах}$	0...19	6,3	2,04	8,9	3,26	10,1	24,4	2,0	0,61	2,5
AB	33...43	6,5	1,24	8,5	3,63	9,0	20,1	1,6	0,41	2,0
B_1	71...81	6,5	0,12	5,6	3,62	4,2	13,5	1,1	–	–
$C_{кд}$	183...197	7,1	–	5,6	1,62	5,4	12,3	1,0	0,34	2,8

$K_{эа}$ – элювиально-аккумулятивный коэффициент, рассчитанный как отношение содержания цинка в генетическом горизонте к содержанию его в горизонте Ск; «–» – данные отсутствуют.

2. Содержание кислоторастворимого и подвижного цинка (мг/кг) в основных почвах Омской области

Горизонт	Черноземы (n = 12)		Лугово-черноземные (n = 20)		Солонцы (n = 6)	
	lim	$S \pm s_x$	lim	$S \pm s_x$	lim	$S \pm s_x$
Кислоторастворимый цинк (5М HNO_3)						
А+АВ*	27,4...63,3	50,7±2,7	20,1...69,4	53,7±1,9	43,5...64,6	55,4±3,4
$В_к$	22,0...60,0	45,4±3,6	13,5...60,1	48,9±1,5	40,2...64,8	50,8±2,5
$С_к$	20,3...54,9	39,9±3,4	12,3...57,5	43,5±2,6	39,9...48,3	44,5±1,6
Подвижный цинк (1н ААБ, pH = 4,8)						
А+АВ*	0,2...0,5	0,33±0,01	0,14...0,72	0,34±0,02	0,3...0,88	0,40±0,08
$В_к$	0,12...0,52	0,41±0,15	0,22...0,63	0,40±0,07	0,19...0,42	0,32±0,06
$С_к$	0,42...1,31	0,74±0,20	0,34...0,78	0,53±0,05	0,71...0,86	0,77±0,04

** - в солонцах A_1, A_n; n – число разрезов; lim – пределы варьирования, $S \pm s_x$ – среднее арифметическое значение и его ошибка.*

цинка, входящих в состав карбонатов и других солей.

На основе корреляционного анализа было установлено, что содержание подвижной формы микроэлемента, как в профилях, так и в слое 0...20 см черноземных и солонцовых почв не зависело от концентрации его прочносвязанной кислоторастворимой формы: r = 0,09 ± 0,14 и 0,29 ± 0,20 соответственно. В распределении элемента по профилям почв наблюдали слабую, но достоверную зависимость его содержания от количества ила (r = 0,34 ± 0,14) и физической глины (r = 0,40 ± 0,18, n = 56).

Для пахотного слоя почв 0...20 см установлена слабая обратная зависимость концентрации подвижных форм цинка от величины pH (r = -0,41 ± 0,19). Выявленная закономерность характерна для цинка и объясняется зависимостью от кислотно-щелочных условий. В кислой среде цинк находится в форме двухвалентных катионов, при pH 6...8 образуется малорастворимая форма $Zn(OH)_2$. Связь между концентрацией подвижного цинка и реакцией среды была еще более отчетливой при анализе выборки, включающей разные типы почв (дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы разных подтипов, лугово-черноземные почвы) с pH в более широком диапазоне – от 4,9 до 7,3 (r=-0,69 ± 0,13, n = 33). Аналогичные результаты получены в исследованиях других авторов в разных регионах страны [10, 11].

Агрохимическая оценка полученных данных свидетельствует о недостатке подвижного цинка для питании выращиваемых культур. Согласно имеющимся градациям, для зерновых и зернобобовых культур с невысоким выносом элементов питания из почвы низким считается содержание подвижного цинка в почве менее 1,0 мг/кг, для овощных и плодовых культур – менее 2,0 мг/кг [1]. При этом в условиях лесостепной и степной зон растения довольно интенсивно используют цинк из почвы. Об этом свидетельствуют установленные ранее величины коэффициентов его биологического поглощения (КБП), которые для разных культур варьировали от 1,1 до 28,7 [12].

По результатам расчетов коэффициенты использования подвижной формы элемента зерновыми культурами (пшеницей, ячменем, овсом) из черноземных почв составляли в среднем 7...8 %, изменяясь в пределах от 3 до 19 % (табл. 3). На формирование 1 т урожаев зерна культур с соответствующим количеством побочной продукции расходовалось от 12 до 58 г цинка. Ежегодный вынос урожаем микроэлемента из почв изменялся в пределах от 18 до 116 г/га. Кукуруза как культура наиболее чувствительная к дефициту цинка в почве потребляла его интенсивнее всего: общий вынос элемента доходил до 417 г/га и 73 г/т, КИП – до 58 %.

3. Вынос и коэффициенты использования цинка сельскохозяйственными культурами, выращиваемыми на черноземах и лугово-черноземных почвах*

Культура	Урожайность, т/га	Вынос		КИП, %
		г/га	г/т	
Пшеница	1,4...1,9	43...112 / 53	30...55 / 32	5...19 / 7
Ячмень	1,5...1,9	22...116 / 65	18...58 / 39	3...15 / 8
Овес	1,7...1,9	18...79 / 48	12...40 / 22	4...11 / 7
Кукуруза	14,6**	417	73	58

** – расчеты проведены на основе данных, предоставленных ФГБУ ЦАС «Омский», в числителе – пределы колебаний, в знаменателе – среднее арифметическое;*
*** – общая масса.*

Шкалы обеспеченности растений микроэлементами необходимо уточнять для конкретных почвенно-климатических условиях путем проведения полевых опытов. С целью изучения влияния цинка на урожайность растений на лугово-черноземных почвах лесостепной зоны Омской области были проведены опыты с рядом сельскохозяйственных культур. Содержание его подвижного форм в почвах было низким, фосфора чаще всего – средним и низким, калия – высоким и очень высоким. Анализ результатов этих полевых экспериментов свидетельствует, что применение цинка – эффективный прием повышения урожаев различных культур (табл. 4).

Так, в опытах с раннеспелыми гибридами кукурузы Омка-130 и Омка-150 наблюдали положительное влияние цинка, внесенного в почву в форме ацетата в дозе 18 кг/га на сбалансированном по содержанию азота, фосфора и калия фоне. Прибавка урожайности зерна кукурузы, по отношению к фону, составила 40...44 %. Также эффективными были опудривание семян и некорневая подкормка кукурузы при несколько меньшем увеличении урожайности зерна (18,0...31,6 и 14,0...21,7 % соответственно). Установлено, что оптимальное содержание подвижного цинка для кукурузы находится на уровне 2,3 мг/кг [13].

В исследовании с яровой пшеницей, которое проводили в длительных стационарных опытах с бессменным возделыванием культуры, корневая и некорневая подкормки сульфатом цинка по азотно-фосфорному фону увеличили урожайность культуры на 22,5...24,5 % [14]. Опудривание семян пшеницы сорта Дуэт сульфатом цинка в дозе 150 г/ц повысило сбор зерна на 24,8 % [15].

Использование сульфата цинка различными способами существенно повышало урожайность озимых пшеницы, ржи, тритикале. В опытах с озимой рожью Сибирь 3 оптимальной для внесения в почву была доза 4 кг/га, для опудривания семян – 100 г/ц, обеспечившие прибавку сбора продукции на 11,8...13,5 %. Оптимальное содержание цинка для культуры составило 1,5 мг/кг [16]. Внесение в дозах 4...8 кг/га и опудривание семян из расчета 100 г/ц обеспечило повышение урожайности озимой пшеницы в зависимости от фона на 23,0...32,8 и 31,3 % соответственно [17]. Применение аналогичных способов и доз микроэлемента увеличивало сбор озимой тритикале сорта Сибирская при внесении в почву на 10,8...18,6 %, при опудривании семян – на 6,8...8,2 % [18].

Высокий положительный эффект сульфата цинка отмечен в опытах с капустой, выращиваемой на семена. Внесение микроэлемента в дозе 2 кг/га обеспечивало прибавку урожайности семян на 24 %. Некорневая подкормка 0,05 %-ным раствором соли также существенно увеличивала семенную продуктивность культуры на 17 % [14].

Анализ окупаемости цинковых удобрений урожаями культур показывает, что самой высокой она бывает при

4. Эффективность применения цинковых удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур в полевых опытах на лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья

Культура	Zn в почве, мг/кг	Фон	Способ применения	Доза, форма удобрения	Прибавка урожайности к фону, т/га / %	Окупаемость 1 кг д.в. Zn урожаем, т
Кукуруза [13]	0,6	$N_{33}P_{46}$*	внесение в почву	18 кг/га, ацетат цинка	2,6...2,9 / 40,0...44,0	0,14...0,16
		$N_{15}P_{39}$	опудривание семян	40 г/ц, ацетат цинка	1,3...1,8 / 18,0...31,6	32,5...45,0
		$N_{21}P_{20}$	опрыскивание	0,05 %, 250 л/га, ацетат цинка	1,0...1,3 / 14,0...21,7	8,0...10,4
Пшеница яровая [14]	0,7	$N_{30}P_{30}$	некорневая подкормка	0,48 кг/га, сульфат цинка	0,5 / 24,5	1,04
			корневая подкормка	3,0 кг/га, сульфат цинка	0,46 / 22,5	0,15
Пшеница яровая [15]	0,5	$N_{60}P_{60}K_{60}$	опудривание семян	150 г/ц, сульфат цинка	0,56 / 24,8	4,8
Пшеница озимая [17]	0,54	N_{30}	внесение в почву	4 кг/га, сульфат цинка	0,61 / 23,0	0,15
		$N_{30}P_{60}$	внесение в почву	8 кг/га, сульфат цинка	0,87 / 32,8	0,11
			опудривание семян	100 г/ц, сульфат цинка	0,83 / 31,3	8,3
Рожь озимая [16]	0,79...0,80	$N_{30}P_{60}$	внесение в почву	4,0 кг/гасульфат цинка	0,57 / 13,5	0,14
			опудривание семян	100 г/ц, сульфат цинка	0,50 / 11,8	5,0
Тритикале озимая [18]	0,35	N_{30}	внесение в почву	4 кг/га, сульфат цинка	0,32 / 14,2	0,08
				8 кг/га, сульфат цинка	0,42 / 18,6	0,05
		$N_{30}P_{60}$	внесение в почву	8 кг/га, сульфат цинка	0,32 / 10,8	0,04
			опудривание семян	100 г/ц, сульфат цинка	0,20 / 6,8	2,0
		$N_{30}P_{60}K_{60}$	опудривание семян	100 г/ц, сульфат цинка	0,24 / 8,2	2,4
Капуста на семена [14]	0,3...0,8	$N_{90}P_{90}K_{45}$	внесение в почву	2 кг/га, сульфат цинка	0,11 / 24	0,055

** оптимальные расчетные дозы с учетом содержания элементов в почве в разные годы.*

опудривании семян и некорневых подкормках. Наибольшая величина этого показателя отмечена при опудривании семян кукурузы (32,5...45,0 т/кг). При внесении цинка в почву окупаемость 1 кг микроудобрений была существенно ниже, тем не менее агрономическая эффективность приема оставалась высокой.

Установленная в опытах функциональная зависимость между содержанием цинка в почве, его дозой и урожаем культур позволяет в дальнейшем проводить расчет дозы микроэлемента ($Д_{Zn}$) по формуле:

$$Д_{Zn} = Д_0 \cdot X_0 / X_п$$

где $Д_0$ – установленная в опыте оптимальная доза при соответствующем содержании цинка в почве (X_0, мг/кг); $X_п$ – содержание подвижного цинка в почве до посева.

Таким образом, черноземные и солонцовые почвы лесостепной и степной зон Омского Прииртышья характеризуются высоким содержанием прочносвязанного кислоторастворимого цинка и низкой обеспеченностью его подвижными формами. По среднему содержанию кислоторастворимого цинка черноземы (50,7 мг/кг), лугово-черноземные почвы (53,7 мг/кг) и солонцы (55,4 мг/кг) Омского Прииртышья близки к черноземам Западной Сибири. Величина этого показателя зависит от содержания ила и физической глины, а также валового железа и кислоторастворимой меди. В слое почв 0...20 см концентрация подвижного цинка составляет 0,14...0,88 мг/кг (0,6...2,5 % кислоторастворимой формы) и оценивается как низкая для сельскохозяйственных культур. Содержание подвижных форм элемента находится в обратной зависимости от величины pH.

Проведенные в Омской области на лугово-черноземных почвах с низким содержанием подвижного цинка полевые опыты показали высокую эффективность различных способов применения цинковых удобрений при выращивании кукурузы, яровой и озимой пшеницы, озимых ржи и тритикале, капусты. Полученные результаты можно использовать для прогноза эффективности цинковых удобрений и расчета их доз по содержанию подвижного цинка в почве.

Литература.

1. Битюцкий Н. П. Микроэлементы высших растений. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2011. 368 с.

2. Sadeghzadeh B. A. Review of zinc nutrition and plant breeding // Journal of soil science and plant nutrition. 2013. Vol. 13 (4). Pp. 905–927.

3. Noulas C., Tziouvalekas M., T. Karyotis. Zinc in soils, water and food crops // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2018. Vol. 49. Pp. 252–260.

4. Поддубный А. С. Динамика агрохимического состояния пахотных почв в лесостепи Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 6. С. 15–17.

5. Лукин С. В. Геохимические закономерности распределения микроэлементов в почвах и растительном покрове естественных биоценозов лесостепи ЦЧО // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 8. С. 5–7.

6. Сергеев А. П., Липатникова Т. Я., Горяева Е. В. Состояние плодородия пахотных почв южной зоны Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 17–21.

7. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton – FL: CRC Press, 2011. 548 p.

8. Сычев В. Г., Аристархов А. Н., Яковлева Т. Я. Цинк в агроэкосистемах России: мониторинг и эффективность применения. М.: ВНИИА, 2015. 203 с.

9. Красницкий В. М., Шмидт А. Г., Цырк А. Ф. Содержание цинка в почвах Омской области // Плодородие. 2014. № 4. С. 36–37.

10. Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.

11. Лукин С. В., Хижняк Р. М. Экологическая оценка запасов цинка, меди и молибдена в агроценозах лесостепи Центрально-Черноземной области // Агрохимия. 2015. № 8. С. 64–72.

12. Азаренко Ю. А. Содержание микроэлементов в растениях на почвах лесостепных и степных ландшафтов Омского Прииртышья // Вестник ОмГАУ. 2016. № 4 (24). С. 65–74.

13. Склярова М. А. Эффективность различных приемов применения цинка под кукурузу на лугово-черноземной почве Омской области // Вестник ОмГАУ 2014. № 1 (13). С. 28–31.

14. Ермохин Ю. И. Диагностика микроэлементного состояния почв и обеспеченности культурных растений в агроценозе: монография // Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений. В 4 т. Омск: Литера, 2014. Т. 3. 336 с.

15. Бобренко И. А., Гоман Н. В., Вакалова Е. А. Биоэнергетическая эффективность опудривания семян микроэлементами (Zn, Cu, Mn) при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник ОмГАУ. 2016. № 1 (21). С. 70–76.

16. Бобренко И. А., Болдышева Е. П., Гоман Н. В. Метод диагностики потребности озимой ржи в цинковых удобрениях на основе полевого опыта [Электронный ресурс] // Электронный научно-методический журнал ОмГАУ. 2017. № 2 (9), апрель-июнь. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_29419300_41434304.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

17. Бобренко И. А., Попова В. И., Гоман Н. В. Метод расчета доз цинковых удобрений на основе полевого опыта при возделывании озимой пшеницы [Элек-

тронный ресурс] // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2018. № 1 (12), январь-март. URL: http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2018/1/00492.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

18. Бобренко И. А., Гоман Н. В., Павлова Е. Ю. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимую тритикале на лугово-черноземной почве Западной Сибири // Омский научный вестник. 2013. № 1 (118). С. 170–173.

Zinc in Soils of Agrocenosis of Omsk Region and Efficiency of Zinc Fertilizers Application

Yu. A. Azarenko, Y. I. Yermokhin, Yu. V. Aksenova
P. A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Institutskaya pl., 1, Omsk, 644008, Russian Federation

Abstract. *The data on the content of the strongly bound acid-soluble and mobile forms of zinc in soils in the Omsk region was presented. The content of acid-soluble zinc (5M HNO3) in the humus layer of chernozems was 27.4…63.3 mg/kg. In meadow chernozem soils, it was 20.1…69.4 mg/kg. In solonetzes, it was 43.5…64.6 mg/kg. In the layer 0…20 cm, variation of the element concentration was due to the content of sludge fractions, physical clay, cation exchange capacity (r=0.47…0.68). The distribution of zinc by the soils profiles was depended on the content of particles less than 0.01 mm, total iron and acid-soluble copper. The movable zinc fraction (by Krupsky and Alexandrova method) had 0.6…2.5 % of acid-soluble form. Its content in the humus horizons was 0.14…0.88 mg/kg. Its content in the chernozem (0…20 cm layer) was 0.48…1.2 kg/ha. In the meadow-chernozem soils, its concentration was 0.34…1.7 kg/ha. In the solonetz soils it was 0.78…2.3 kg/ha. The correlation between the concentration of mobile zinc, silt and physical clay was weak significant (r=0.34…0.40). In the layer 0...20 cm, the correlation between the element content and the pH value was inverse (r=-0.40). Agrochemical evaluation of zinc concentration indicated its lack for the crops nutrition. The field experiments indicated the high efficiency of zinc fertilizers application in meadow-chernozem soils in the forest-steppe zone of the Omsk Region. Different ways of sulfate and acetate zinc application (soil application, seed treatment, root and foliar dressing) on balanced mineral backgrounds provided significant increases of corn, spring and winter wheat, winter rye and triticale, and cabbage seeds yields. The highest return on yields had methods of seed treatment and foliar dressings.*

Keywords: *zinc, soils, zinc fertilizers, agricultural crops, Omsk region.*

Author Details: *Yu. A. Azarenko, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: yua.azarenko@omgau.org); Y. I. Yermokhin, D. Sc. (Agr.), prof. (e-mail: yui.ermokhin@omgau.org); Yu. V. Aksenova, Cand. Sc. (Biol.), assoc. prof. (e-mail: axsenovajulia@gmail.com).*

For citation: *Azarenko Yu. A., Yermokhin Y. I., Aksenova Yu. V. Zinc in Soils of Agrocenosis of Omsk Region and Efficiency of Zinc Fertilizers Application. Zemledelije. 2019. No. 2. Pp. 13–17 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10203.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10204
УДК 631.82

Магнитная восприимчивость почв на придорожных территориях

О. А. МАКАРОВ, доктор биологических наук, зав. кафедрой[1], зав. лабораторией[2] (oa_makarov@mail.ru)
Е. Н. КУБАРЕВ[2], кандидат биологических наук, научный сотрудник
О. А. ЧИСТОВА[2], инженер
О. В. КАРЕВА[2], старший лаборант
А. С. КРИКУНЕНКО[1], бакалавр
А. С. БАЛДЖИЕВ[1], магистрант
[1]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, стр. 12, Москва, 119991, Российская Федерация
[2]Учебно-опытный почвенно-экологический центр МГУ имени М. В. Ломоносова, пос. Чашниково, п/о Ударный, Солнечногорский р-н, Московская обл., 141592, Российская Федерация

Анализируется объёмная магнитная восприимчивость (МВ) почв 7-и трансект, заложенных перпендикулярно Ленинградскому шоссе на территории Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ имени М.В. Ломоносова «Чашниково» (Московская область, Солнечногорский район). Величину МВ измеряли в 2016–2017 гг. прибором KAPPAMETER Model KT – 5 в 30-ти кратной повторности для каждой пробной площадки (всего было заложено 40 пробных площадок на всех трансектах). Показатели магнитной восприимчивости почв на территории, прилегающей непосредственно к краю Ленинградского шоссе (расстояние 1…3 м), по классификации, предложенной Гладышевой М. А. и соавт. (2007), соответствуют «ареалу техногенно сильнонагруженному» и значительно выше показателей МВ почв пробных площадок, расположенных на удалении от шоссе. Это объясняется наибольшим накоплением частиц, содержащих различные формы соединений железа, в почвах (техногенных поверхностных образованиях) рядом с проезжей частью в результате истирания металлических частей и покрышек автомобилей. По результатам однофакторного дисперсионного анализа придорожные территории достоверно разделены по величине магнитной восприимчивости почв на четыре зоны: «придорожная полоса», «кювет», «лесополоса», «пашня/залежь», расположенные на различном расстоянии от Ленинградского шоссе (для каждой трансекты это расстояние различно).

Принадлежность к той или иной зоне, вероятно, не в меньшей степени влияет на величину магнитной восприимчивости почв, чем конкретное расстояние от автодороги до пробной площадки.

Ключевые слова: *магнитная восприимчивость почв, техногенная нагрузка, зонирование придорожных территорий, пробные площадки, трансекты.*

Для цитирования: *Магнитная восприимчивость почв на придорожных территориях / О. А. Макаров, Е. Н. Кубарев, О. А. Чистова и др. // Земледелие. 2019. № 2. С. 17–20. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10204.*

Магнитная восприимчивость почв (МВ) – это физическая величина, которая характеризует способность почв намагничиваться, находясь в магнитном поле [1, 2]. Для характеристики почв и пород чаще всего измеряют объемную (æ) и удельную (χ) МВ. Объемная МВ определяется в объеме массы почвы и выражается в магнитных единицах 10^{-3} СИ. Удельную МВ вычисляют для единицы массы почвы и выражают в мг/кг$^{-1}$ (СИ) или см^3/г (СГСМ).

Традиционно выделяют четыре пути происхождения магнитных свойств почв – педогенный, техногенный, литогенный и космогенный [1, 2]. Каждый из рассмотренных механизмов в зависимости от конкретных условий проявляется в разной степени. Например, согласно представлениям о педогенном генезисе, магнитные свойства минеральных горизонтов почв во многом обусловлены почвообразующей породой и предопределяются магнетизмом минералов, входящих в ее состав.

Кроме того, по мнению А. В. Иванова [3], ожелезнение поверхности земли можно рассматривать как одну из форм проявления техногенеза. Отходы металлургических производств входят в группу основных источников загрязнения почв техногенным железом, а техногенные оксиды железа содержат магнетит и гематит [4].

Установлена аккумуляция магнитных частиц в почвах на территориях, прилегающих к автомобильным и железнодорожным магистралям [5]. Так, при истирании ходовой части автомобилей в окружающую среду поступает пыль, содержащая тонкодисперсные сильномагнитные частицы железа, подвергающиеся в дальнейшем различным окислительно-восстановительным процессам. По данным А. О. Макарова [6], средняя магнитная восприимчивость почв в районе Белорусского и Ленинградского вокзалов соответствуют градации «ареал техногенный сильнонагруженный». При этом отмечено достоверное увеличение МВ в непосредственной близости от железнодорожного пути – в зоне 0…10 м для Белорусского вокзала и 0…8 м для Ленинградского вокзала. Магнитные частицы накапливаются в этих зонах в

1. Статистические характеристики* магнитной восприимчивости почв в районе УО ПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова

№ площадки пробоотбора	Расстояние от края Ленинградского шоссе, м	Зона	Объёмная магнитная восприимчивость почв, 10^{-3} СИ							
			$\bar{X}$	*X max*	*X min*	*Med*	*Mo*	S^2	*S*	*V*
Трансекта № 1										
1	1	Придорожная полоса	3,48	5,93	0,62	3,49	2,87	1,26	1,12	0,32
2	7,5	Кювет	0,36	3,10	0,04	0,23	0,14	0,28	0,53	1,48
3	28	Лесополоса	0,11	0,25	0,02	0,10	0,07	0,00	0,05	0,46
4	76	Пашня	0,12	0,24	0,05	0,12	0,13	0,00	0,05	0,39
5	100	Пашня	0,15	0,94	0,06	0,11	0,11	0,02	0,15	1,03
6	200	Пашня	0,10	0,23	0,05	0,09	0,09	0,00	0,03	0,34
7	500	Пашня	0,11	0,25	0,05	0,11	0,13	0,00	0,05	0,42
Трансекта № 2										
1	2	Придорожная полоса	2,38	5,27	1,05	2,10	3,20	0,84	0,92	0,39
2	10	Парк	1,14	2,19	0,53	1,15	1,46	0,16	0,40	0,35
3	70	Селитебная зона	0,51	0,96	0,27	0,46	0,34	0,04	0,19	0,38
4	250	Селитебная зона	0,78	2,12	0,30	0,74	0,40	0,13	0,36	0,46
Трансекта № 3										
1	2	Придорожная полоса	3,71	5,48	0,05	3,85	3,83	1,14	1,07	0,29
2	8	Кювет	0,74	3,77	0,20	0,55	0,36	0,61	0,78	1,05
3	28	Лесополоса	0,17	0,28	0,02	0,17	0,22	0,00	0,06	0,36
4	78	Пашня	0,19	0,25	0,08	0,20	0,22	0,00	0,04	0,22
5	100	Пашня	0,17	0,30	0,09	0,17	0,16	0,00	0,04	0,22
6	200	Пашня	0,14	0,30	0,04	0,14	0,14	0,00	0,05	0,36
7	300	Пашня	0,11	0,20	0,03	0,10	0,08	0,00	0,04	0,40
Трансекта № 4										
1	3	Придорожная полоса	3,80	5,66	2,37	3,71	4,06	0,68	0,83	0,22
2	8	Кювет	0,87	1,19	0,49	0,86	0,86	0,03	0,17	0,20
3	30	Лесополоса	0,16	0,27	0,07	0,16	0,20	0,00	0,05	0,32
4	80	Пашня	0,20	0,35	0,10	0,19	0,17	0,00	0,05	0,26
5	200	Пашня	0,11	0,15	0,07	0,12	0,09	0,00	0,02	0,19
6	300	Скошенное поле	0,10	0,20	0,05	0,10	0,11	0,00	0,03	0,28
7	500	Распашка у газопровода	0,34	0,46	0,27	0,34	0,33	0,00	0,04	0,12
Трансекта № 5										
1	1	Придорожная полоса	6,15	25,50	2,60	5,08	4,08	24,70	4,97	0,81
2	8	Кювет	0,96	15,80	0,12	0,41	0,43	7,70	2,77	2,89
3	37	Лесополоса	0,16	0,21	0,09	0,16	0,14	0,00	0,03	0,19
4	100	Пашня	0,10	0,17	0,05	0,10	0,08	0,00	0,02	0,25
5	200	Пашня	0,09	0,18	0,05	0,08	0,07	0,00	0,03	0,33
Трансекта № 6										
1-17	2	Придорожная полоса	3,84	8,80	1,18	3,66	8,80	4,50	2,12	0,55
2-17	7	Кювет	0,46	1,38	0,12	0,42	0,67	0,09	0,30	0,65
3-17	20,5	Лесополоса	0,12	0,23	0,01	0,12	0,13	0,00	0,05	0,40
4-17	40,5	Залежь	0,11	0,36	0,03	0,09	0,08	0,00	0,06	0,55
5-17	136,7	Залежь	0,11	0,22	0,05	0,10	0,09	0,00	0,04	0,35
Трансекта № 7										
6-17	2	Придорожная полоса	4,76	7,65	2,57	4,80	3,90	1,28	1,13	0,24
7-17	6	Придорожная полоса	2,91	7,62	0,33	2,57	3,60	2,30	1,52	0,52
8-17	11,5	Придорожная полоса	1,22	7,33	0,33	0,83	0,57	1,83	1,35	1,11
9-17	98	Залежь	0,19	0,57	0,07	0,16	0,15	0,01	0,10	0,53
10-17	100	Залежь	0,16	0,29	0,08	0,14	0,13	0,00	0,06	0,36

**$\bar{X}$ – среднее арифметическое значение; X max – максимальное значение; X min – минимальное значение; Med – медиана; Mo – мода; S^2 – дисперсия; S – среднеквадратическое отклонение; V – коэффициент вариации.*

результате механического трения движущихся поездов о железнодорожное полотно (рельсы). Путь поступления таких частиц – воздушный [6].

Цель наших исследований – изучение магнитной восприимчивости почв на территориях, прилегающих к автомагистрали с интенсивным движением транспорта, для определения характера техногенной нагрузки в зависимости от расстояния края дорожного полотна и типа зоны.

Работу проводили на базе Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ имени М. В. Ломоносова «Чашниково» (Московская область, Солнечногорский район), площадь которого составляет около 650 га. Он находится в южно-таежной подзоне хвойно-широколиственных лесов, в западной части Клинско-Дмитровской гряды, которая расположена на Смоленско-Московской возвышенности. Для этой территории характерен холмистый моренный рельеф, сильно расчлененный эрозионными процессами. Преобладают дерново-среднеподзолистые почвы различного гранулометрического состава, материнской породой для которых служат преимущественно двучленные отложения – покровные суглинки, подстилаемые мореной.

В течение 2016–2017 гг. на территории «Чашниково» проводили измерение магнитной восприимчивости почв 7-и трансект, заложенных перпендикулярно Ленинградскому шоссе. На каждой трансекте, на различном удалении от края полотна автомобильной трассы закладывали пробные площадки (всего), представляющие собой квадрат размером 1×1 м. Выделяли следующие виды использования территории, на которых были заложены площадки: придорожная полоса, кювет, лесополоса, пашня/залежь (табл. 1). Измерение объёмной магнитной восприимчивости почв проводили прибором *KAPPAMETER Model KT-5* в 30-ти кратной повторности для каждой пробной площадки.

Кроме измерения магнитной восприимчивости на каждой пробной площадке отбирали почвенные пробы методом конверта, на пашне/залежи с глубины 0…0,2 м, на обочине, в кювете и лесозащитной полосе – с глубины 0…0,1 м [6].

В лабораторных условиях по общепринятым методикам определяли pH солевой вытяжки (ГОСТ 26483-85), валовое содержание гумуса (спектрофотометрическим методом определения углерода органических соединений по Тюрину в модификации Никитина) [7], содержание

2. Группировка ареалов почв по степени ТГ (техногенной нагрузки) [10]

Значения $æ_{ср}$ (10^{-3} СИ)	Степень нагрузки	
	балл	градация
$æ_{ср}$<0,46	1	ненагруженный
0,46<$æ_{ср}$<0,68	2	слабонагруженный
0,68<$æ_{ср}$<1,00	3	средненагруженный
$æ_{ср}$>1,00	4	сильнонагруженный

подвижного фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd, Cu) – в однонормальной азотнокислой вытяжке из почв [8]. Кроме того, определяли гранулометрический состав и плотность почвы [9].

Оценку степени техногенной нагрузки (ТГ) осуществляли по классификации, разработанной М. А. Гладышевой (табл. 2) [10].

Обработку результатов измерения магнитной восприимчивости и других почвенных свойств проводили с использованием программ MS Office Excel 2013 и Statistica 10.0.

Почвы придорожных территорий в районе УО ПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова «Чашниково» в целом характеризовались нейтральной или близкой к нейтральной реакцией среды, средними пределами варьирования содержания гумуса, значительным варьированием подвижного калия и фосфора.

Превышение ПДК по содержанию меди, свинца, кадмия и цинка выявлено только в точках, которые расположены в непосредственной близости от Ленинградского шоссе (до 30 м) или в селитебной зоне Учебно-опытного почвенно-экологического центра.

Для изучаемых почв в целом характерен легкосуглинистый гранулометрический состав, с большим содержанием песка и крупной пыли, при этом почвогрунт, расположенный в непосредственной близости от полотна шоссе (1…2 м) обладает песчаным или супесчаным составом, в пониженных участках отмечено увеличение содержания илистой фракции; плотность почвы меняется от оптимальных значений (0,9…1,2 г/см^3 до повышенных (1,5…1,6 г/см^3), варьирование показателей плотности среднее.

Результаты анализа статистических характеристик (см. табл. 1) свидетельствуют о том, что магнитная восприимчивость почв на территории, прилегающей непосредственно к краю Ленинградского шоссе, существенно выше, чем на площадках, расположенных на удалении, и варьируют от 2,38·10^{-3} СИ (трансекта №2) до 6,15·10^{-3} СИ (трансекта №5). В соответствии с системой оценки степени техногенной нагрузки (ТГ) эту территорию можно отнести к «ареалу ТГ сильнонагруженному». Средняя величина МВ почвы в кювете находится в диапазоне значений 0,36·10^{-3}…0,87·10^{-3} СИ, что соответствует «ареалу ТГ ненагруженному и средненагруженному».

По мере движения от края дорожного полотна автомагистрали в сторону пашни, показатели магнитной восприимчивости снижаются, и на наиболее удалённых от шоссе площадках трансект значения варьируют в среднем от 0,09·10^{-3} СИ до 0,11·10^{-3} СИ («ареал ТГ ненагруженный»). Исключением стали последняя площадка трансекты №2, которая располагалась в селитебной зоне, подверженной техногенному воздействию, и трансекты №4, где почвенный покров вблизи газопровода был нарушен, и на поверхности находились моренные суглинки.

В 4-х трансектах из 7-и наиболее высокий коэффициент вариации (0,65…2,89) наблюдали на пробной площадке, расположенной в кювете. Кювет вдоль обочины Ленинградского шоссе в районе УО ПЭЦ МГУ «Чашниково» не укреплён и поэтому характеризуется крайне высокой неоднородностью микрорельефа, которая может способствовать неравномерному перераспределению железосодержащих частиц, поступающих с проезжей части как с воздушными, так и водными потоками. В то же время необходимо отметить, что указанная закономерность носит лишь характер тенденции, и в целом вариабельность показателей магнитной восприимчивости почв не зависит от их абсолютных значений (величина коэффициента вариации может быть значительной при невысокой медиане).

Все пробные площадки изучаемых трансект были условно поделены на зоны в зависимости от расстояния от края Ленинградского шоссе и положения в мезорельефе. Были выделены условные зоны «придорожная полоса», «кювет», «лесополоса», «пашня/залежь». При этом в разных трансектах каждая из них, как правило, находилась на различном расстоянии от шоссе.

Проведенный дисперсионный однофакторный анализ позволил четко разделить весь имеющийся массив данных МВ почв 7-и трансект на соответствующие зоны (см. рисунок).

Первая зона с наибольшим показателем МВ почв – «придорожная полоса». У края проезжей части происходит максимальное осаждение крупных частиц, содержащих различные формы соединений железа, среди них можно назвать истирающиеся во время движения автомобильные покрышки, различные металлические части автомобилей, выхлопные газы, содержащие в себе разные тяжелые металлы. Всё это обусловливает наибольшее накопление металлических частиц, влияющих на магнитную восприимчивость почв, в этой зоне.

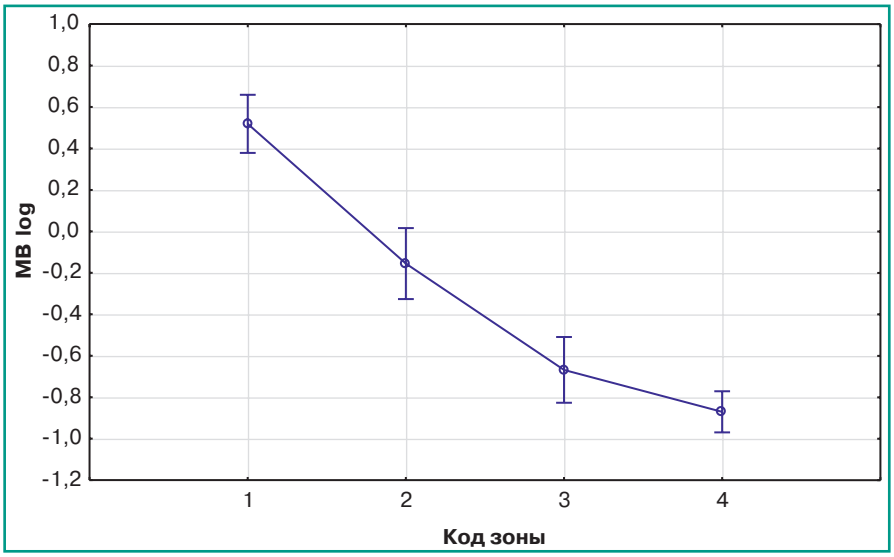


Рисунок. *Результаты дисперсионного анализа сопоставления показателей магнитной восприимчивости почв УО ПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова «Чашниково» в различных зонах 7-ми трансект. Код зоны: 1 – придорожная полоса; 2 – кювет; 3 – лесополоса; 4 – пашня/залежь.*

Следующая ярко выраженная зона – «кювет». Здесь величина магнитной восприимчивости почв несколько уменьшается, по сравнению с первой зоной, но все же остается высокой. Так как эта зона расположена в понижении рельефа относительно дорожного полотна, то железосодержащие частицы из придорожной зоны могут перемещаться вниз по склону со снегом, талыми водами, дождевыми осадками и воздушными потоками от машин.

В «лесополосе» значения показателей МВ почв уменьшаются, по сравнению с «кюветом», в разы, что связано как с увеличением расстояния от автотрассы, так и с защитной функцией древесных насаждений.

Показатели магнитной восприимчивости почв «пашни/залежи» имеют самые низкие величины, главным образом,

из-за барьера, в качестве которого выступает лесополоса, а также по причине увеличения расстояния от автотрассы.

Следует отметить, что содержание магнитных частиц в почвах (или техногенных поверхностных образованиях) в значительной степени определяется не только расстоянием до края полотна автомобильной дороги, которое различалось в разных трансектах, но и принадлежностью к определенной зоне.

Таким образом, магнитная восприимчивость, будучи одним из физических свойств почв, отражает степень их техногенности. Автотранспортные артерии служат элементарной магнитной аномалией, при этом наибольшие величины МВ почв характерны для первых метров от края дорожного полотна и уменьшаются в 3…10 раз на расстоянии нескольких десятков метров.

По величине показателя МВ почв на всех 7-и трансектах в районе УО ПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова «Чашниково» четко выделяются зоны: «придорожная полоса», «кювет», «лесополоса», «пашня/залежь».

Как правило, зона «придорожная полоса» характеризуется как «ареал ТГ сильнонагруженный», в зоне «кювет» степень техногенной нагрузки может доходить до величин, характерных для «ареала ТГ средненагруженного», а зоны «лесополоса» и «пашня/залежь» во всех случаях оцениваются как «ареалы ТГ ненагруженные».

Литература.

1. Бабанин В. Ф. Магнитная восприимчивость некоторых типов почв европейской части СССР // Вестник МГУ. Серия 6: Биология, почвоведение, 1971. № 4. С. 122–125.

2. Бабанин В. Ф. О применении магнитной восприимчивости в диагностике форм железа // Почвоведение. 1973. № 7. С. 154–161.

3. Иванов А. В. Магнитное и валентное состояние железа в твердой фазе почв: автореферат дис. ... доктора биологических наук. М., 2003. 41 с.

4. Добровольский Г. В., Гришина Л. А. Охрана почв: уч. пособие. М.: Изд. МГУ, 1985. 224 с.

5. Гладышева М. А., Иванов А. В., Строганова М. Н. Применение магнитной восприимчивости для выявления ареалов техногенно-загрязненных почв города Москвы // Почвоведение. 2007. № 2. С. 235–242.

6. Макаров А. О. Оценка экологического состояния почв некоторых железнодорожных объектов ЦАО г. Москвы: автореферат дис. ... кандидата биологических наук. М., 2014. 24 с.

7. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО // Почвы. Определение pH солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО: Сб. ГОСТов. М.: Издательство стандартов, 1985 г.

8. Орлов Д. С., Гришина Л. А., Ерошичева Н. Л. Практикум по биохимии гумуса. М.: изд-во МГУ, 1969. 159 с.

9. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Издательство стандартов, 1992 г.

10. Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы (нормативные материалы). М.: типография ЦНИИ «Электроника», 1993. 131 с.

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

12. Гладышева М. А. Магнитная восприимчивость урбанизированных почв: на примере г. Москвы: автореферат дис. ... кандидата биологических наук. М., 2007. 27 с.

The Magnetic Susceptibility of Soils of the Road Side

O. A. Makarov[1,2], E. N. Kubarev[2], O. A. Chistova[2], O. V. Kareva[2], A. S. Krikunenko[1], A. S. Baldzhiev[1]

[1]Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, str. 12, Moskva, 119991, Russian Federation

[2]Educational-Experimental Soil and Environmental Center, Lomonosov Moscow State University, pos. Chashnikovo, p/o Udarnyi, Solnechnogorskii r-n, Moskovskaya obl., 141592, Russian Federation

Abstract. *The volume magnetic susceptibility (MS) of soils of 7 transects, laid perpendicular to the Leningrad highway, on the territory of the Chashnikovo Educational and Experimental Soil-Ecological Center of Lomonosov Moscow State University (Moscow region, Solnechnogorsk district), was analyzed. The value of the magnetic susceptibility was measured in 2016–2017 by the device KAPPAMETER Model KT-5. The experiment was performed in 30-fold repetition for each test plot. A total of 40 sample plots on all transects were laid. It was found that the magnetic susceptibility of soils in the area adjacent directly to the edge of the Leningrad highway (distance 1…3 m) corresponded to the "area of technogenic heavily loaded" (Gladysheva, 2007). The magnetic susceptibility was significantly higher than the indicators of ones on the test plots, located at a distance from the highway. We explain this by a high accumulation of particles of various forms of iron compounds in the soil (technogenic superficial formations) near the roadway as a result of abrasion of metal parts and tires. One-factor analysis of variance allowed to divide roadside areas into four zones by the magnitude of the magnetic susceptibility of soils: "roadside strip", "ditch", "forest belt", "arable land/deposit", located at different distances from the Leningrad highway (for each transect this distance is different). Belonging to a zone is likely to have a greater impact on the magnitude of the magnetic susceptibility of soils than the specified distance from the road to the test site.*

Keywords: *magnetic susceptibility of soils, technogenic load, zoning of roadside areas, test sites, transects.*

Author Details: *O. A. Makarov, D. Sc. (Biol.), head of department, head of laboratory (oa_makarov@mail.ru); E. N. Kubarev, Cand. Sc. (Biol.), research fellow; O. A. Chistova, engineer; O. V. Kareva, senior lab. assist.; A. S. Krikunenko, bachelor; A. S. Baldzhiev, master's student.*

For citation: *Makarov O. A., Kubarev E. N., Chistova O. A., Kareva O. V., Krikunenko A. S., Baldzhiev A. S. The Magnetic Susceptibility of Soils of the Road Side. Zemledelije. 2019. No. 2. Pp. 17–20 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10204.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10205
УДК 631.445.41:631.58:631.8:631.452

Роль биологических ресурсов в воспроизводстве плодородия орошаемого чернозема обыкновенного в Центральном Предкавказье

Т. П. ЛИФАНЕНКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: kbniish2007@yandex.ru)
Р. В. БИЖОЕВ, научный сотрудник
Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра РАН, ул. Кирова, 224, Нальчик, 360004, Российская Федерация

В стационарном двухфакторном полевом опыте ИСХ КБНЦ РАН в 2013–2017 гг. в орошаемом зернопропашном севообороте на черноземе обыкновенном карбонатном в условиях степной зоны Центрального Предкавказья изучали влияние органических и минеральных удобрений (внесение навоза 50 т/га на 5 лет; запашка соломы и листостебельной массы кукурузы; возделывание и заделка сидератов после раноубираемых предшественников; их сочетания с полной (1,0), 1/2 и 1/3 от рекомендуемой дозами минеральных удобрений) на агрохимические показатели почвенного плодородия, урожайность культур и продуктивность севооборота. Наибольшее увеличение содержания гумуса в почве (на 14,4 % от исходного) и положительный (+10,4…+12,2 т/га) его баланс отмечены к 2016–2017 гг. во всех вариантах применения органических удобрений совместно с полной дозой NPK. В этих же вариантах в слое почвы 0…20 см почти вдвое увеличилось содержание нитратов и подвижного фосфора соответственно до 71 и 54 мг/кг, а доступного калия возросло с 333 до 423 мг/кг почвы. Здесь же отмечена наибольшая урожайность выращиваемых культур (озимой пшеницы – 5,17, кукурузы – 5,51, гороха – 3,42, подсолнечника – 2,17 т/га) и продуктивность севооборота (4,63…4,80 тыс. зерн. ед./га). Применение органических удобрений без минеральных обеспечивало сохранение содержания гумуса в почве на уровне исходного, в то время как при самостоятельном внесении минеральных удобрений во всех дозах содержание гумуса в почве уменьшалось.

Ключевые слова: *плодородие, чернозем, гумус, органическое вещество, биологические ресурсы, сидераты, солома,*

минеральные удобрения, урожайность, продуктивность.

Для цитирования: *Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В. Роль биологических ресурсов в воспроизводстве плодородия орошаемого чернозема обыкновенного в Центральном Предкавказье // Земледелие. 2019. № 2. С. 20–23. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10205.*

Плодородие земель сельскохозяйственного назначения, их агрохимические и агрофизические свойства, продуктивность пашни в большой мере связаны с антропогенной деятельностью. В современных условиях хозяйствования почти повсеместно отмечается ухудшение почвенного плодородия. Особенно значительны негативные изменения в условиях орошаемого земледелия. Не теряет актуальности высказывание Д. Н. Прянишникова о том, что «резко выраженный дефицитный характер баланса между выносом питательных веществ с урожаями и возвращением их с удобрениями, когда большая часть выноса возмещается не за счет удобрения, а за счет уменьшения запаса питательных веществ в почве, – несовместим с задачей регулярного поднятия наших урожаев» [1]. Главную роль в обеспечении растений азотом Д. Н. Прянишников отводил не техническому азоту, а максимальному использованию азота биологического путем расширения посевов культур азотособирателей, улучшения организации и накопления навоза, а также мобилизации других местных ресурсов удобрений. Кроме того, он предлагал шире использовать зеленое удобрение, которое, по мнению ученого, могло заменить недостающий навоз на всех почвах, даже в черноземной полосе, если применять его с осени под яровые.

Ранее мы установили, что для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в зерновых севооборотах Центрального Предкавказья необходимо вносить ежегодно не менее 8…15 т/га навоза в зависимости от условий влагообеспеченности [2]. Однако сейчас в Кабардино-Балкарской Республике вносят 0,5…0,6 т/га. Усредненные показатели минерализации гумуса для республики под зерновыми культурами составляют 0,7 т/га, под пропашными – 2,4, под парами – 2,8 т/га. В условиях орошения величины этих показателей возрастают в 1,4…1,5 раза, а под многолетними травами потери органического вещества приближаются к нулю. При существующих в Кабардино-Балкарии уровнях урожайности объемы восполнения потерь гумуса за счет пожнивных и корневых остатков составляют под зерновыми культурами 0,3…0,5, под многолетними травами – 0,8 т/га. Дефицит, не восполненный из этих источников, необходимо компенсировать внесением органических удобрений, используя для этого все возможные ресурсы.

Многочисленными научными исследованиями доказано преимущество совместного внесения органических и минеральных удобрений в сравнении с раздельным их применением [3, 4, 5]. Органические удобрения служат не только источником элементов питания для растений, но и резервом энергии в протекающих биологических и почвообразовательных процессах. В последние годы уровень их применения органических удобрений в России не превышает 1,0 т/га. Д. Н. Прянишников считал, что в той ситуации, когда ресурсное обеспечение хозяйств низкое, а применение навоза энергозатратно и экологически небезопасно, решение этого вопроса следует искать в биологизации и экологизации земледелия. Малозатратным и менее энергоемким способом пополнения органического вещества и естественным источником поступления питательных веществ в почву, наряду с применением сидератов, служит запашка измельченной соломы зерновых колосовых культур и листостебельной массы кукурузы.

Цель исследований – определить влияние органических и минеральных удобрений на агрохимические показатели плодородия чернозема обыкновенного карбонатного, урожайность культур и продуктивность севооборота в условиях степной зоны Центрального Предкавказья.

Исследования проводили в длительном стационарном полевом опыте, заложенном в 1979–1980 гг. (№ 082 в Реестре Геосети опытов с удобрениями) в 9-польном зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – кукуруза на зерно – кукуруза на зерно – озимая пшеница – подсолнечник – озимая пшеница – кукуруза на зерно – озимая пшеница. Опыт заложен в пространстве тремя полями. Повторность 4-кратная. Общая площадь опытной делянки 189 м^2, учетная – 60 (озимая пшеница, горох) и 80 (кукуруза и подсолнечник) м^2.

Схема опыта в условиях орошения предусматривала изучение следующих вариантов:

органические удобрения (фактор А) – без удобрений; навоз, 50 т/га на 5 лет; сидераты (возделывание после уборки озимой пшеницы); солома пшеницы и листостебельная масса кукурузы (измельчение и запашка на месте произрастания после уборки урожая); навоза + сидераты + солома;

минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений; рекомендуемые дозы NPK (под озимую пшеницу, кукурузу и подсолнечник – $N_{90}P_{120}K_{60}$, под горох – $N_{30}P_{60}K_{40}$); 1/2 от рекомендуемых доз NPK; 1/3 от рекомендуемых доз NPK.

Удобрения в опыте вносили вручную осенью под основную обработку почвы. Применяли аммиачную селитру, простой или двойной суперфосфат, калийную соль, полуперепревший навоз. В последние годы, в связи с отсутствием суперфосфата и калийной соли, использовали аммофос и нитроаммофоску. Измельчённые солому и листостебельную массу кукурузы перед запашкой дважды обрабатывали тяжёлыми дисковыми боронами для лучшего перемешивания с почвой. В качестве сидерата высевали рапс или горчицу белую, горчицу сарептскую, редьку масличную, формировавшие ко времени уборки (конец октября) в среднем 32,2…33,6 т/га биологической массы (вместе с корневыми остатками), в которой содержалось 7,6…8,1 т/га сухого вещества, 130…140 кг/га азота, 50…53 кг фосфора и 170…180 кг калия. С 4,0…4,5 т соломы в почву в среднем поступало 35…40 кг азота, 15…18 кг фосфора и 45…50 кг калия, с листостебельной массой кукурузы – соответственно 48…56, 22…25 и 96…108 кг/га [6, 7, 8].

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя: содержание гумуса (по Тюрину) – 3,2…3,3 %, сумма поглощённых оснований – 28 мг-экв./100 г, $H_г$ – 0,8 мг-экв/100 г, pH – 7,1, НВ – 25,4…25,7 %, плотность сложения – 1,23 г/см^3, содержание легкогидролизуемого азота – 42…50, подвижного фосфора (по Мачигину) – 19…24, калия – 300…350 мг/кг [6]. Влажность почвы в опытах поддерживали на уровне 75…80 % НВ с помощью вегетационных поливов. Поливная норма изменялась от 450 до 600 м^3/га.

Урожайность зерна в опыте приводили к стандартной 14 % (горох, озимая пшеница, кукуруза) или 12 % (подсолнечник) влажности. Результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа [9, 10]. Отбор и анализ растительных и почвенных проб осуществляли в соответствии с методическими разработками Всероссийского НИИ агрохимии [11, 12, 13]. Почвенные образцы отбирали в первой декаде мая 2015 и 2016 гг.

Расчет баланса гумуса в почве осуществляли методом, основанным на прямой фиксации конкретных изменений за определенный период, предложенным Л. К. Шевцовой с соавторами [14]. В статье представлен баланс гумуса на основе его фактических изменений за 37-летний период после закладки опыта.

Агрометеорологические условия в годы исследований были различными. Так, 2015 и 2017 гг. выдались засушливыми (ГТК = 0,97 и 1,03), 2013 и 2014 гг. – умеренно влажными (ГТК = 1,24 и 1,31), а 2016 г. – очень влажным (ГТК = 1,86).

Исследования позволили установить количественные изменения содержания гумуса в черноземе обык-

1. Изменение содержания подвижных соединений азота, фосфора и калия в чернозёме обыкновенном карбонатном под действием удобрений, мг/кг почвы (среднее за 2015–2016 гг., поле 2)

Вариант	NO_3			P_2O_5			K_2O		
	слой почвы, см								
	0…20	20…40	40…60	0…20	20…40	40…60	0…20	20…40	40…60
1979 г., перед закладкой опыта									
Без удобрений	43	46	39	34	22	12	392	356	251
Среднее за 2015–2016 гг.									
Без удобрений	34	32	29	23	19	13	373	333	249
NPK	72	57	51	46	36	24	450	355	293
Солома + NPK	78	65	54	58	39	19	451	386	310
Сидераты + NPK	79	68	59	62	43	24	440	392	285
Навоз +NPK	80	63	61	69	50	22	495	399	325
Навоз + солома + сидераты + NPK	87	68	58	67	55	39	498	437	334

новенном при его использовании в сельскохозяйственном производстве. В варианте без внесения удобрений оно уменьшилось с исходных 3,33 % до 2,68…2,72 %, или на 0,61...0,65 %. При систематическом применении рекомендованной полной нормы NPK потери гумуса составили 0,37 %, а при нормах 1/2 и 1/3 NPK – 0,44 и 0,50 % соответственно. Применение всех видов органических удобрений без минеральных приводило к уменьшению потерь гумуса почвы и способствовало сохранению его содержания на уровне исходных значений с тенденцией к уменьшению при систематическом внесении навоза на 0,05 %, возделывании сидератов – на 0,12 %, соломы – на 0,13 %,

Применение рекомендуемых норм минеральных удобрений на фоне сидератов, соломы и навоза обеспечивало положительный баланс гумуса и достоверно увеличивало его содержание относительно исходного на 0,17…0,32 %. Наибольшее увеличение содержания гумуса в почве (на 0,48 % относительно исходного) и положительный баланс (+10,4…+12,2 т/га) отмечены при одновременном внесении всех видов органических удобрений совместно с рекомендуемой полной нормой NPK.

Длительное применение удобрений обеспечивало создание определенных уровней почвенного плодородия, свойственных для каждой агросистемы, со своими параметрами содержания гумуса и основных элементов питания. Через 35 лет после закладки опыта в варианте без удобрений содержание нитратов в слоях почвы 0…20, 20…40 и 40…60 см уменьшилось на 20,9…30,4 %, подвижного фосфора – на 13,6…32,4 %, калия – на 0,8…6,5 % (табл. 1). Систематическое удобрение обеспечивало улучшение питательного режима.

Урожайность возделываемых культур в орошаемом севообороте зависела в основном от применяемых удобрения и незначительно от условий вегетационного периода. Урожайность озимой пшеницы на естественном без применения удобрений агрофоне в среднем за 5 лет (2013–2017 гг.) составила 2,72 т/га, кукурузы – 2,97 т/га, подсолнечника – 1,11 т/га, гороха – 2,52 т/га (табл. 2). При использовании рекомендуемой минеральной системы удобрения средняя за 5 лет урожайность озимой пшеницы возрастала до 4,29, кукурузы – до 4,51, гороха – до 3,10, подсолнечника – до 1,65 т/га, или соответственно на 1,57, 1,54, 0,58 и 0,54 т/га (57,7, 51,9, 23,0 и 48,6 %), по отношению к неудобренному фону. Различные виды органических удобрений обеспечивали увеличение урожайности озимой пшеницы в среднем на 0,28…0,47 т/га (10,3…17,3 %), кукурузы – на 0,13…0,24 т/га (4,4…8,1 %), гороха – на 0,14…0,20 т/га (5,6…7,9 %), подсолнечника – на 0,17…0,34 т/га (15,3…30,6 %). Их совместное применение способствовало формированию прибавки на уровне 0,88, 0,43, 0,39 и 0,44 т/га, или 32,4, 14,5, 15,5 и 39,6 % соответственно.

Сочетание каждого из видов органических и полного минерального удобрения обеспечивало, по отношению к неудобренному фону, увеличение урожайности озимой пшеницы в среднем на 1,88…2,07 т/га (69,1…76,1 %), кукурузы – на 1,66…1,98 т/га (55,9…66,7 %), гороха – на 0,65…0,80 т/га (25,8…31,7 %), подсолнечника – на 0,61…0,88 т/га (55,0…79,3 %), а сочетание комплексного применения всех видов органических удобрений и полного минерального – соответственно на 2,44, 2,54, 0,90 и 1,06т/га (89,7, 85,5, 35,7 и 81,1 %).

Продуктивность севооборота благодаря применению полного минерального удобрения увеличивалась на 1,28 тыс. зерн. ед./га, или на 48,5 %, различных видов органических удобрений – на 0,24…0,39 тыс. зерн. ед./га

2. Урожайность культур (т/га) и продуктивность севооборота (тыс. зерн. ед./га) в зависимости от применения органических и минеральных удобрений (2013–2017 гг.)

Органические удобрения (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)				Средние по фактору А
	0	NPK	1/2 NPK	1/3 NPK	
Озимая пшеница ($НСР_{05}$ для факторов: А – 0,06; В – 0,06; частных средних – 0,13)					
0	2,72	4,29	3,84	3,46	2,86
Навоз	3,06	4,60	4,22	3,78	3,92
Сидераты	3,00	4,67	4,20	3,76	3,91
Солома	3,19	4,79	4,26	3,90	4,04
Навоз + сидераты + солома	3,60	5,16	4,69	4,18	4,41
Среднее	3,11	4,70	4,24	3,82	3,97
Кукуруза ($НСР_{05}$ для факторов: А – 0,08; В – 0,07; частных средних – 0,15)					
0	2,97	4,51	4,08	3,79	3,07
Навоз	3,14	4,73	4,27	3,93	4,02
Сидераты	3,10	4,63	4,26	3,91	3,98
Солома	3,21	4,95	4,53	4,17	4,22
Навоз + сидераты + солома	3,40	5,51	4,92	4,37	4,55
Среднее	3,16	4,87	4,41	4,03	4,12
Подсолнечник ($НСР_{05}$ для факторов: А – 0,05; В – 0,04; частных средних – 0,09)					
0	1,11	1,65	1,46	1,37	1,12
Навоз	1,28	1,72	1,68	1,49	1,54
Сидераты	1,29	1,76	1,65	1,46	1,54
Солома	1,45	1,99	1,83	1,58	1,71
Навоз + сидераты + солома	1,55	2,17	1,95	1,81	1,87
Среднее	1,34	1,86	1,71	1,54	1,61
Горох ($НСР_{05}$ для факторов: А – 0,05; В – 0,05; частных средних – 0,11)					
0	2,52	3,10	2,93	2,67	2,24
Навоз	2,66	3,18	2,96	2,76	2,89
Сидераты	2,70	3,17	2,96	2,75	2,90
Солома	2,72	3,32	3,12	2,90	3,02
Навоз + сидераты + солома	2,91	3,42	3,16	3,07	3,14
Среднее	2,70	3,24	3,03	2,83	2,95
Среднее по севообороту ($НСР_{05}$ для факторов: А – 0,09; В – 0,08; частных средних – 0,15)					
0	2,64	3,92	3,53	3,23	2,66
Навоз	2,92	4,16	38,3	3,47	3,60
Сидераты	2,88	4,17	3,80	3,43	3,57
Солома	3,03	4,35	3,94	3,61	3,73
Навоз + сидераты + солома	3,34	4,77	4,41	3,86	4,10
Среднее	2,96	4,27	3,90	3,52	3,66

(9,1…14,8 %), совместному внесению всех видов органических удобрений – на 0,70 тыс. зерн. ед./га (26,5 %).

Комбинация каждого из видов органических и полного минерального удобрения обеспечивала, по отношению к неудобренному фону, увеличение продуктивности севооборота в среднем на 1,52…1,71 тыс. зерн. ед./га (57,6…64,8 %), а сочетание комплексного применения всех видов органических удобрений и полного минерального – на 2,13 тыс. зерн. ед./га (80,7 %).

Эффективность совместного использования органических и минеральных удобрений под озимую пшеницу и гороху оставалась примерно на уровне их раздельного применения, а под кукурузу и подсолнечник заметно увеличивалась.

Уменьшение нормы внесения минеральных удобрений наполовину (до 1/2 NPK), или на две третьих (до 1/3 NPK) в сочетании с органическими удобрениями сопровождалось снижением урожайности культур и продуктивности севооборота, по сравнению с показателями при внесении всей рекомендуемой нормы, на 6,5…9,4 и 15…19 %, соответственно.

Окупаемость удобрений прибавкой урожая изменялась в 2013–2017 гг. от 6,7 до 11,9 зерн. ед. на 1 кг действующего вещества, увеличиваясь по мере уменьшения норм вносимых удобрений.

Производство сельскохозяйственной продукции при систематическом использовании отдельных видов органических удобрений совместно с рекомендуемой нормой минеральных удобрений, а также комплексном применении всех изучаемых видов органических удобрений совместно с NPK, экономически было более эффективно, чем при внесении только минеральных удобрений. В среднем за 2015–2017 гг. оно характеризовалось меньшей себестоимостью продукции (4,02…4,13 руб./кг), более высокой прибылью (19,1…19,8 тыс. руб./га) и рентабельностью (93,0…99,2 %) при себестоимости и рентабельности в варианте без удобрений соответственно 5,30 руб./кг и 53,1 %.

Таким образом, в условиях степной зоны Центрального Предкавказья при орошении для сохранения и расширенного воспроизводства почвенного плодородия, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности севооборотов до 4,30…4,80 тыс. зерн. ед./га целесообразно использование всех возможных источников поступления органического вещества в почву, а именно, внесение навоза под пропашные культуры севооборотов нормой не менее 10 т/га в расчете на 1 год, возделывание сидератов после уборки раноубираемых предшественников, запашка соломы зерновых культур и листостебельной массы кукурузы на месте их произрастания. Эффективность органических удобрений существенно возрастает при совместном использовании с минеральными удобрениями в рекомендуемых нормах.

Литература.

1. Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М.: Тип. В.И.П.Арт, 2015. Юбилейный выпуск. С.148, 171, 181, 193.

2. Бижоев В. М. Изменение плодородия чернозема обыкновенного при 50-летнем применении удобрений и орошения. Нальчик: Полиграфия, 2005. 199 с.

3. Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В. Влияние систематического применения удобрений в условиях богары и при длительном орошении на урожайность культур, продуктивность зернотровянопропашного севооборота и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного в агроландшафтном земледелии Центрального Предкавказья // Агрохимия. 2018. № 4. С. 3–17.

4. Новиков В. М. Влияние элементов интенсификации растениеводства на продуктивность культур в звеньях севооборотов // Земледелие. 2015. № 4. С.13–15.

5. 13. Экологизация севооборотов и биологическая система воспроизводства почвенного плодородия в степной зоне Южного Урала / А. В. Кислов, А. П. Глинушкин, А. В. Кащеев и др. // Земледелие. 2018. № 6. С.6–10.

6. Лифаненкова Т.П. Изменение водно-физических свойств обыкновенного карбонатного чернозема и продуктивности орошаемого севооборота под действием удобрений и обработки почвы в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии // Агрохимия. 1989. № 8. С. 35–42.

7. Лифаненкова Т. П. Использование биологических ресурсов и средств химизации при воспроизводстве плодородия орошаемого чернозёма обыкновенного карбонатного // Международные научные исследования. 2015. № 3 (24). С. 159–162.

8. Лифаненкова Т. П., Бижоев Р. В, Бижоев М. В. Мониторинг плодородия чернозёма обыкновенного при длительном орошении и применении систем удобрения в агроландшафтном земледелии Кабардино-Балкарии // Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российский Федераций (К 70-летию Геосети). Выпуск 1. Под редакцией В.Г. Сычева. Москва. ВНИИА, 2011. С. 352–368.

9. Доспехов Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка данных. М.: Колос, 1972. 207 с.

10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. Агропромиздат, 1985. 352 с.

11. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 1. Методика проведения опытов и анализ почв. М.: ВАСХНИЛ. ВИУА, 1975. 168 с.

12. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 2. Программа и методы исследования почв. М.: ВАСХНИЛ. ВИУА, 1983. 172 с.

13. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 3. Анализ растений. М.: ВАСХНИЛ. ВИУА, 1985. 132 с.

14. Регулирование баланса гумуса на основе статистического исследования информационной базы длительных опытов. Методические рекомендации / Л. К. Шевцова, Б. Г. Михайлов, В. М. Туровец и др. М.: ВИУА. 1992, 38 с.

Role of Biological Resources in Reproduction of Fertility of Irrigated Ordinary Chernozem in the Central Ciscaucasia

T. P. Lifanenkova, R. V. Bizhoev
Institute of agriculture of the Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, ul. Kirova, 224, Nalchik, 360004, Russian Federation

Abstract. *The tests were carried out in the stationary two-factor field experiment of the Institute of Agriculture of Kabardino-Balkaria Scientific Center in an irrigated grain-row crop rotation on ordinary carbonate chernozem under conditions of the steppe zone of the Central Ciscaucasia in 2013–2017. We studied the effect of organic and mineral fertilizers on the agrochemical indicators of soil fertility, crop yields and crop productivity. We tested the application of manure, 50 t/ha for 5 years; ploughing straw and leafy mass of corn; cultivation and embedding of green manure crops after early harvested forecrops; their combination with the full recommended dose, half-dose and one-third dose of mineral fertilizers. The greatest increase in the humus content in the soil (by 14.4% from the initial one) and its positive balance (plus 10.4–12.2 t/ha) was noted to 2016–2017 in all variants of application of organic fertilizers together with the full dose of NPK. In the same variants, in the soil layer of 0–20 cm the content of nitrates and mobile phosphorus almost doubled to 71 mg/kg and 54 mg/kg, respectively, and the content of available potassium increased from 333 mg/kg to 423 mg/kg of soil. It also produced the highest crop yields (winter wheat – 5.17 t/ha, corn – 5.51 t/ha, pea – 3.42 t/ha, sunflower – 2.17 t/ha) and the greatest productivity of the crop rotation (4,630–4,800 grain unit/ha). The use of organic fertilizers without mineral ones ensured the maintenance of the humus content in the soil at the level of the initial one, while with the separate application of mineral fertilizers in all doses, the humus content in the soil decreased compared to its initial value.*

Keywords: *fertility; chernozem; humus; organic matter; biological resources; green manure crops; straw; mineral fertilizers; yield; productivity.*

Author Details: *T. P. Lifanenkova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: kbniish2007@yandex.ru); R. V. Bizhoev, research fellow.*

For citation: *Lifanenkova T. P., Bizhoev R. V. Role of Biological Resources in Reproduction of Fertility of Irrigated Ordinary Chernozem in the Central Ciscaucasia. Zemledelie. 2019. No. 2. Pp. 20–23 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10205.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10206
УДК 633.853.52: 631.811

Влияния различных концентраций биологически активного препарата ДВ 47-50 на сорта сои приморской селекции

Л. М. ЛУКЬЯНЧУК[1], младший научный сотрудник
Е. С. БУТОВЕЦ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (otdelsoy@mail.ru)
Е. Л. ЧАЙКИНА[2], научный сотрудник
[1]Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ул. Воложенина, 30, пос. Тимирязевский, Уссурийск, Приморский край, 692539, Российская Федерация
[2]Тихоокеанский институт биоорганической химии имени Г. Б. Елякова ДВО РАН, просп. 100 лет Владивостоку, 159, Владивосток, 690022, Российская Федерация

В условиях Приморского края изучали влияние различных концентраций препарата растительно-морского происхождения – ДВ 47-50,выделенного в Тихоокеанском институте биоорганической химии имени Г. Б. Елякова ДВО РАН, на урожайность и иммунитет сортов сои селекции Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки. Оценка росторегулирующей активности различных концентраций препарата на проростки сои в лабораторных условиях показала, что реакция сортов на их применение не одинакова. В полевом опыте в среднем за три года исследований применение препарата ДВ 47-50 снижало поражение сои грибными болезнями и способствовало формированию более высокого урожая культуры. При концентрации препарата 1000 мкг/мл выход семян сортов сои Приморская 4 и Приморская 86 увеличивался на 22,2 и 25,9 % соответственно. Использование препарата способствовало снижению инфекционной нагрузки, степень поражения септориозом растений всех сортов сои уменьшалась на 19,9...25,9 %, пероноспорозом на сорте Приморская 81 – на 19,4 %. Значительное снижение поражения стеблей септориозом отмечено у растений сорта Приморская 4 в варианте с концентрацией препарата 1000 мкг/мл. Установлено различное действие биологического препарата на наступление репродуктивных стадий развития сортов сои. Под влиянием ДВ 47-50 в концентрации 1000 мкг/мл некоторые этапы развития среднеспелого сорта Приморская 4 сократились на три дня, а период созревания среднепозднеспелого сорта Приморская 86 увеличился на два дня. На фазы роста и развития сои сорта Приморская 81 препарат влияния не оказал.

Ключевые слова: *Приморский край, соя, сорт, препарат ДВ 47-50, грибные болезни, устойчивость, урожайность, стимулятор*

Для цитирования: *Лукьянчук Л. М., Бутовец Е. С., Чайкина Е. Л. Влияния различных концентраций биологически активного препарата ДВ 47-50 на сорта сои приморской селекции // Земледелие. 2019. № 2. С. 24–26, DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10206.*

Климатические условия Приморского края благоприятны для развития различных заболеваний сои, которые не способствуют реализации биологического потенциала продуктивности сортов культуры. Вред, причиняемый патогенами, огромен, в основном это недобор урожая, в среднем на сое достигающий 40 % [1]. Современная экологическая обстановка в Приморье, как и во всём мире, требует поиска препаратов для борьбы с болезнями растений, не оказывающих негативного воздействия на агроценозы. Поэтому наиболее перспективно применение стимуляторов биологического происхождения, которые, благодаря своим свойствам, регулируют процессы роста и развития растений, ослабляют воздействие стрессоров, активизируют защитные механизмы, заложенные в генотипе растений [2, 3]. Особый интерес представляют вещества, повышающие устойчивость культур к болезням, стимулирующие образование в растениях биологически активных защитных веществ, снижающих жизнеспособность патогенов, активизируя протекание в восприимчивых к заражению растениях реакций, присущих устойчивым сортам [4]. К таким веществам относятся и метаболиты наземных растений и морских организмов Дальнего Востока [5]. Они влияют очень разнообразно: повышают всхожесть семян, стимулируют рост корней проростков, усиливают устойчивость сельскохозяйственных культур к экологическим стрессам, повышают иммунитет. Однако использование препаратов растительно-морского происхождения при возделывании сои в условиях региона изучено недостаточно и нет конкретных рекомендаций по их применению.

Ученые Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН выделили большое количество экстрактов, среди которых ведется поиск стимуляторов целенаправленного действия, повышающих иммунный статус сортов сои, что даёт возможность сформировать урожай, близкий к генетическому потенциалу [6].

Цель исследования – определение влияния различных концентраций комплексного препарата ДВ 47-50 на поражение болезнями и урожайность сортов сои различных групп спелости приморской селекции.

Препарат ДВ 47-50 выделен в Тихоокеанском институте биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН, относится к биологически активным веществам нового поколения, воздействующим на растение в минимальных дозах (несколько граммов на 1 га посевов), что имеет огромное экологическое значение. В его состав входит гумат калия, а также компоненты, извлеченные из *Laminaria cichorioides*, *Laminaria japonica* и *Kalanchoe daigremontiana*.

Объектами исследований служили среднеспелые сорта сои Приморская 81 и Приморская 4, а также среднепоздний сорт Приморская 86 селекции Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки.

Биологическую эффективность ДВ 47-50 определяли в лабораторных условиях методом проращивания семян сои в рулоне фильтровальной бумаги. Для этого сухие семена раскладывали на полосы фильтровальной бумаги размером 12 × 42 см, предварительно смоченные раствором испытуемого вещества соответствующей концентрации, и оставляли на трое суток в

Соединяем
мощное фунгицидное
действие и ранневесеннее
применение

ЩЕЛКОВО
АГРОХИМ

Комбинированный фунгицид для ранневесеннего применения

Эффективная защита озимых культур после перезимовки.

Уничтожение инфекции как в прикорневой зоне, так и листовых болезней раннего развития.

Профилактика листовых заболеваний в более поздние сроки вегетации.

Эффект «зеленого листа».

Формирование зерна высокого качества.

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

ЛКОВО
РОХИМ

Азорро, кс

300 г/л карбендазима + 100 г/л азоксистробина

Комбинированный фунгицид

Культуры применения:
пшеница яровая и озимая,
ячмень яровой и озимый

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

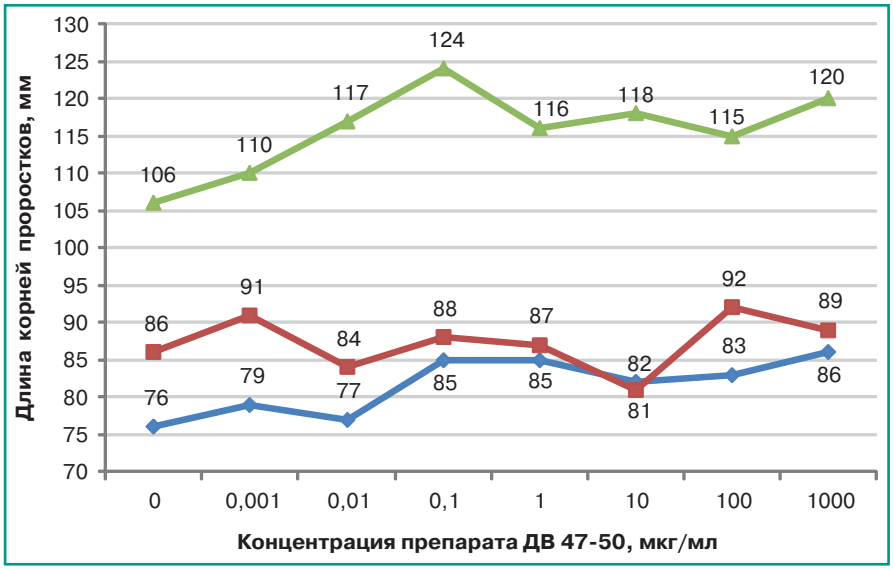


Рисунок. *Влияние препарата ДВ 47-50 на рост корней проростков сои. Сорта сои: – Приморская 86; – Приморская 81; – Приморская 4.*

термостате при 26 °С [7]. Контролем служили проростки семян, замоченных в дистиллированной воде. После инкубации измеряли длину корешков проростков.

Полевой опыт закладывали в 2015–2017 гг. на экспериментальных участках Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, расположенных вблизи г. Уссурийска и в 120 км от г. Владивостока на Уссурийско-Ханкайской равнине. Этот район характеризуется как наиболее теплый, влажный, с суровой зимой. Метеорологические условия периода вегетации в годы проведения исследований были сравнительно благоприятны для роста и развития сои.

Семена сои перед посевом обрабатывали методом полусухого протравливания растворами препарата ДВ 47-50 в концентрациях 100 и 1000 мкг/мл. За контроль принят вариант с обработкой дистилированной водой.

Агротехника возделывания сои в полевом опыте – общепринятая для Приморского края [8], норма высева 450 тыс. всхожих семян на 1 га. Опыт заложен в соответствие с требованиями методики полевого опыта [9]. Площадь делянки 9 м^2. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое.

Учёт пораженности грибными болезнями проводили в соответствие с методическими указаниями [10]. Оценку продуктивности и учеты по основным хозяйственно ценным признакам осуществляли согласно методическим указаниям по селекции и семеноводству сои [11].

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с использованием прикладных программ на персональном компьютере [9].

Результаты лабораторной оценки росторегулирующего влияния различных концентраций ДВ 47-50 на проростки сортов сои показали неодинаковую их реакцию на препарат. Так, на среднеспелом сорте Приморская 4 максимальное в опыте стимулирующее действие на рост корня ДВ 47-50 оказал при обработке семян раствором в концентрации 0,1 мкг/мл, тогда как наибольшая длина корней проростков у среднеспелого сорта Приморская 81 отмечена в варианте с концентрацией 100 мкг/мл, а среднепозднеспелый сорт Приморская 86 положительно отреагировал на обработку в концентрации 1000 мкг/мл (см. рисунок).

По результатам лабораторного опыта было решено в полевых условиях испытать эффективность препарата ДВ 47-50 в концентрациях 100 и 1000 мкг/мл.

Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур – приоритетная задача специалистов аграрного сектора, для выполнения которой используют различные способы. По мнению ряда исследователей, продуктивность и иммунитет посевов полевых культур можно повысить путем применения биологически активных веществ и регуляторов роста [12].

Анализ данных, полученных в результате трехлетнего полевого опыта, показал, что использование препарата ДВ 47-50 снижает поражение сои септориозом и способствует формированию более высокого урожая (табл. 1). Реакция сортов культуры на обработку семян перед посевом была неоднозначной. У сорта Приморская 81 урожайность оставалась на уровне контроля во всех вариантах, несмотря на то, что листья растений поражались септориозом и пероноспорозом значительно меньше (34,5...44,6 и 27,3...31,2 %), чем в контроле с дистиллированной водой (60,4 и 46,7 %).

На сорте Приморская 4 поражение листьев пероноспорозом и особенно септориозом в вариантах с обработкой семян ДВ 47-50 также было значительно ниже, чем в контроле, при обеих концентрациях препарата, однако достоверное увеличение урожайности отмечено лишь при максимальной в опыте концентрации – 0,6 т/га, или 22,2 %.

На среднепозднеспелом сорте Приморская 86 при обработке семян перед посевом растворами препарата ДВ 47-50 снижение пораженности листьев септориозом было сопоставимым с таковым на других сортах Приморская 81 и Приморская 4, но пораженность листьев пероноспорозом не только не снижалась, а, напротив, заметно увеличивалась. Тем не менее, сбор семян достоверно повышался как при концентрации препарата 100 мкг/мл (на 0,3 т/га, или на 11,1 %), так и 1000 мкг/мл (на 0,7 т/га, или на 25,9 %).

1. Урожайность и иммунный статус сортов сои в зависимости от концентрации препарата ДВ 47-50 в растворе для обработки семян перед посевом, 2015–2017 гг.

Концентрация ДВ-47-50	Урожайность, т/га	Степень поражения листьев, %	
		септориоз	пероноспороз
Приморская 81			
0 (контроль)	2,3	60,4	46,7
100 мкг/мл	2,4	44,6	31,2
1000 мкг/мл	2,3	34,5	27,3
	0,2		
Приморская 4			
0 (контроль)	2,7	55,8	40,0
100 мкг/мл	2,8	47,2	37,1
1000 мкг/мл	3,3	33,3	36,3
	0,2		
Приморская 86			
0 (контроль)	2,7	45,8	22,3
100 мкг/мл	3,0	34,5	29,2
1000 мкг/мл	3,4	25,9	24,1
	0,2		

Обработка семян ДВ 47-50 оказала существенное влияние на интенсивность развития септориоза не только на листьях, но и на стеблях. В период налива бобов степень их поражения во всех вариантах с использованием тестируемого препарата была существенно ниже, чем в контрольных. Стеблей без поражения в опыте не было, распространенность септориоза составила 100 % (табл. 2). Наибольшее снижение пораженности стеблей септориозом отмечали в вариантах с концентрацией препарата 1000 мкг/мл. На сорте Приморская оно составило 46,2 %, в сравнении с контролем.

2. Поражение стеблей сои септориозом перед уборкой в зависимости от концентрации препарата ДВ 47-50 в растворе для обработки семян перед посевом, 2016–2017 гг.

Концентрация ДВ-47-50	Степень поражения, %	Отклонение от контроля, %
Приморская 81		
0 (контроль)	50,9	–
100 мкг/мл	43,1	– 7,8
1000 мкг/мл	19,1	– 31,8
Приморская 4		
0 (контроль)	76,5	–
100 мкг/мл	57,0	– 19,5
1000 мкг/мл	30,3	– 46,2
Приморская 86		
0 (контроль)	67,1	–
100 мкг/мл	36,7	– 30,4
1000 мкг/мл	30,2	– 36,9
$НСР_{05}$	7,5	

В течение периода вегетации сои проводили фенологические наблюдения с целью выявления действия ДВ 47-50 на стадии развития сортов. На даты наступления фаз роста и развития сои сорта Приморская 81 препарат влияния не оказывал. На среднеспелом сорте Приморская 4 под его воздействием отмечено ускорение появления всходов на 3 дня, а также созревания урожая на 2...3 дня, что немаловажно при возделывании культуры (табл. 3).

3. Наступление фаз развития растений сортов сои в зависимости от концентрации препарата ДВ 47-50 в растворе для обработки семян перед посевом, 2016–2017 гг.

Концентрация ДВ-47-50	Дата наступления фаз развития		
	всходы	цветение	созревание
Приморская 81			
0 (контроль)	13.06	30.07	1.10
100 мкг/мл	13.06	30.07	1.10
1000 мкг/мл	13.06	30.07	1.10
Приморская 4			
0 (контроль)	16.06	29.07	6.10
100 мкг/мл	13.06	29.07	4.10
1000 мкг/мл	13.06	29.07	3.10
Приморская 86			
0 (контроль)	14.06	30.07	9.10
100 мкг/мл	15.06	30.07	9.10
1000 мкг/мл	15.06	30.07	11.10

У сорта Приморская 86 под влиянием изучаемого препарата в концентрациях 100 и 1000 мкг/мл период от посева до массовых всходов увеличивался на 1 день, а срок созревания при концентрации 1000 мкг/мл – на 2 дня.

Таким образом, препарат ДВ 47-50 в концентрации 1000 мкг/мл может быть рекомендован для обработки семян сои перед посевом в целях увеличения урожайности и повышения иммунного статуса при возделывании среднеспелого сорта Приморская 4 и среднепозднеспелого сорта Приморская 86 в условиях Приморского края.

Литература.

1. Соя на Дальнем Востоке / А. П. Ващенко, Н. В. Мудрик, П. П. Фисенко и др. Владивосток: Дальнаука, 2010. 435 с.

2. Исследование антибактериальных свойств стимулятора роста растений «эпин-экстра» с целью получения экологически чистой продукции / О. В. Астафьева, Д. Д. Вилкова, Ю. В. Батаева и др. // Вестн. Алтайского ГАУ. 2015. № 8. С. 81–85.

3. Синеговская В. Т., Чепелев Г. П. Продуктивность посевов сои в зависимости от совместного применения гербицидов и биологически активных веществ в Приамурье // Дальневост. аграр. вестн. 2018. № 2. С. 44–51.

4. Влияние Иммуноцитофита и Эпин-экстра на развитие растений яровой пшеницы / Е. В. Панина, Н. В. Королькова, О. А. Котик и др. // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2015. № 2. С. 62–64. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://e.lanbook.com/journal/issue/.

5. Сергиенко В. Г., Охримчук В. Н. Биостимуляторы на картофеле, огурце и томате // Защита и карантин растений. 2005. № 10. С. 26–27.

6. Влияние водных экстрактов из морских водорослей на рост корней проростков сои (*Glycine max* (L.) Merr.) / Е. Л. Чайкина, Л. А. Дега, Е.А. Пислягин и др. // Доклады Россельхозакадемии. 2014. № 6. С. 11–13.

7. Влияние тритерпеновых гликозидов голотурии *Cucumaria japonica* на рост корня проростков *Cucumis sativus* L. / М. М. Анисимов, В. В. Логачев, А. С. Сильченко и др. // Известия РАН. Серия биологическая. 2004. № 4. С. 505–512.

8. Адаптивные и прогрессивные технологии возделывания сои и кукурузы на Дальнем Востоке: метод. рекомендации / А. К. Чайка, В. А. Тильба, А. А. Моисеенко и др. Владивосток: Дальнаука, 2009. 139 с.

9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1985. 416 с.

10. Методические указания по изучению устойчивости сои к грибным болезням / сост. Н. И. Корсаков, А. М. Овчинникова, В. М. Мизева. Л.: ВАСХНИЛ. ВИР, 1979. 46 с.

11. Соя. Методические указания по селекции и семеноводству / сост. Н. И. Корсаков, Ю. П. Мякушко. Л.: ВИР, 1975. 159 с.

12. Постников А. Н., Щуклина О. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность кукурузы и суданской травы // АгроXXI. 2009. № 1-3. С. 30–31.

Influence of Different Concentrations of Biologically Active Preparation DV 47-50 on Soybean Varieties, Developed in Primorsky Krai

L. M. Lukyanchuk[1], E. S. Butovets[1], E. L. Chaikina[2]

[1]A. K. Chaika Federal Scientific Center of agrobiotechnology in the Far East, ul. Volozhenina, 30, pos. Timiryazevskii, Ussuriisk, Primorskii krai, 692539, Russian Federation

[2]G. B. Elyakov Tihookeansky Institute of Bioorganic chemistry FEB RAS, prosp. 100 let Vladivostoku, 159, Vladivostok, 690022, Russian Federation

Abstract. *DV 47-50 is a preparation of a herbal-marine origin, developed in the G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. Under conditions of Primorsky Krai, the influence of different concentrations of this preparation on productivity and immunity of soybean varieties bred in A. K. Chaika Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East was studied. Evaluation of the growth regulating activity of different concentrations of the preparation on soybean seedlings in the laboratory showed that the varieties' reaction to their use was not the same. In the field experiment, on average for three years of the research, the use of DV 47-50 reduced the damage of soybean by fungal diseases and contributed to the formation of higher crop yield. At a concentration of 1000 microg/mL, the output of grain of soybean varieties Primorskaya 4 and Primorskaya 86 increased by 22.2% and 25.9%, respectively. The use of the preparation contributed to the reduction of the infectious load, the degree of Septoria damage of plants of all soybean varieties decreased by 19.9–25.9%, damage by false mildew of Primorskaya 81 reduced by 19.4%. A significant decrease in the damage of the stems by Septoria was noted in Primorskaya 4 soybean plants in the variant with the preparation concentration of 1000 microg/mL. A different effect of the biological preparation on the onset of the reproductive stages of development of soybean varieties was established. Under the influence of DV 47-50 at the concentration of 1000 microg/mL, some stages of the development of the middle-ripened soybean 'Primorskaya 4' decreased by three days, and the ripening period of the middle-late ripening 'Primorskaya 86' increased by two days. The drug had no effect on the phases of growth and development of soybean varieties Primorskaya 81.*

Keywords: *Primorsky krai; soybean; variety; preparation DV 47-50; fungal disease; resistance; yield; stimulant.*

Author Details: *L. M. Lukyanchuk, junior research fellow; E. S. Butovets, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: otdelsoy@mail.ru); E. L. Chaikina, research fellow.*

For citation: *Lukyanchuk L. M., Butovets E. S., Chaikina E. L. Influence of Different Concentrations of Biologically Active Preparation DV 47-50 on Soybean Varieties, Developed in Primorsky Krai. Zemledelie. 2019. No. 2. Pp. 24–26 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10206.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10207
УДК 631.58:338.43 (571.54)

Экономическая оценка возделывания полевых культур в земледелии сухой степи Забайкалья

А.К. УЛАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: global@burniish.ru)
Л.В. БУДАЖАПОВ, доктор биологических наук, директор
А.С. БИЛТУЕВ, кандидат биологических наук,старший научный сотрудник
Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Третьякова, 25з, Улан-Удэ, 670045, Российская Федерация

Дана экономическая оценка выращивания полевых культур в зернопаровых севооборотах при многолетнем (n = 26) воздействии агротехнологических приемов путем сравнения вклада в покрытие постоянных издержек (ВППИ) и величины равновесной урожайности (РУ) по результатам трех длительных стационарных полевых опытов Бурятского НИИСХ на каштановой почве в условиях сухой степи (ГТК = 0,94). По величине ВППИ и РУ среди всех культур севооборотов, в сравнении с яровой пшеницей по чистому пару, выделялись яровая рожь и кормовые культуры (овес и овес + донник на зеленую массу). Величина ВППИ при возделывании этих культур была выше, чем на яровой пшенице, соответственно на 830…1216 и 3063…7384 руб./га, а равновесная урожайность оказалась меньше на 0,12 и 2,04…5,04 т/га. Ежегодная отвальная и различные варианты плоскорезных систем в зернопаровом севообороте не конкурентоспособны, в сравнении с комбинированной обработкой почвы. В варианте с комбинированной обработкой ВППИ пшеницы на неудобренном фоне составил 9300 руб./га, на удобренном – 12152 руб./га, что соответственно на 402 и 596 руб./га выше, чем при возделывании культуры по отвальной обработке. При возделывании по плоскорезным обработкам ВППИ пшеницы был ниже, чем при комбинированной обработке, соответственно на 2020 и 2696 руб./га. По отвальной вспашке РУ была выше средней продуктивности на 0,04…0,05 т/га, а при плоскорезных системах – на 0,20…0,27 т/га. Высокую конкурентоспособность, по сравнению с ежегодным внесением азотно-фосфорного удобрения ($N_{40}P_{40}$), демонстрировали органическая (навоз 40 т/га) и органоминеральная (навоз 20 т/га + $N_{100}P_{50}K_{120}$) системы удобрений. В этих вариантах ВППИ применения удобрений составлял 16792 и 17140 руб./га, а РУ находилась на уровне средних значений продуктивности.

Ключевые слова: *многолетние опыты, севообороты, обработка почвы, удобрения, пшеница, рожь, овес, вклад в покрытие постоянных издержек, равновесная урожайность.*

Для цитирования: *Уланов А. К., Будажапов Л. В., Билтуев А. С. Экономическая оценка возделывания полевых культур в земледелии сухой степи Забайкалья// Земледелие. 2019. № 2. С. 27–30. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10207.*

Только после всестороннего экономического анализа можно сделать вывод о хозяйственной целесообразности внедрения в производство тех или иных севооборотов, систем обработки почвы и удобрений, направленных на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы [1, 2, 3]. Однако традиционная экономическая оценка, основанная на расчете прямых производственных затрат (на средства производства и проведение агротехнических мероприятий) в современных условиях рынка не может свидетельствовать о рентабельности производства той или иной культуры или агротехнологии, так как не отражает полных издержек товаропроизводителя при производстве сельскохозяйственной продукции и не учитывает часть постоянных издержек (аммортизация, аренда, оплата управленческого персонала и др.) в той степени, в которой их можно отнести к единице площади возделываемой культуры. В этом случае корректно говорить о вкладе в покрытие постоянных издержек (ВППИ), который необходимо дополнять показателем равновесной урожайности для определения конкурентоспособности различных культур и разных технологий, чего ранее не делали при изучении приемов земледелия в сухой степи Забайкалья.

Цель исследований – определить экономическую эффективность возделывания полевых культур при длительном систематическом воздействии агротехнологических приемов путем оценки вклада в покрытие постоянных издержек и величины равновесной урожайности для формирования конкурентоспособного земледелия сухой степи Забайкалья.

Экономическую оценку возделывания полевых культур в четырехпольных зернопаровых севооборотах проводили на основании результатов многолетних исследований (1982–2008 гг.) в трех стационарных полевых опытах Бурятского НИИСХ на каштановой почве в условиях сухой степи.

Каштановая мучнисто-карбонатная супесчанная почва экспериментального участка в исходном состоянии характеризовалась близкой к нейтральной реакцией среды ($pH_{вод}$ 6,9 ± 0,2), низким содержанием общего (0,101 ± 0,017%) и нитратного (5,8 ± 0,3 мг/кг) азота, невысокой емкостью поглощения (16,8 ± 3,0 мг-экв/100 г), высоким содержанием подвижного фосфора (23,0 ± 1,8 мг/100 г) и повышенным – обменного калия (9,5 ± 0,6 мг/100 г), при содержании гумуса 1,44 ± 0,13%, высокой плотности сложения (1,48 ± 0,25 г/см^3) и водопроницаемости, низкой водоудерживающей способности и незначительном диапазоне активной влаги в метровой толще (109,0 ± 8,9 мм).

Среднемноголетняя температура воздуха за вегетационный период, по данным метеостанции п. Иволгинск, рядом с которой расположены опытные стационары составляет 13,6 °С, количество осадков – 197,3 мм, ГТК – 1,1. В годы исследований (n = 26) метеорологические условия вегетационных периодов по осадкам в десяти случаях складывались хуже, в семи – лучше, и в девяти находились на уровне среднемноголетних значений, при остром дефиците в мае при посеве (ГТК ≤ 0,58) и обильном выпадении (до 2/3) в июле–августе на фоне типично высоких температур воздуха. ГТК за годы исследований в среднем составил 0,94 и варьировал от 0,62 до 1,57.

В многолетнем опыте «Севообороты» (МО-1, заложен в 1981 г.) изучали следующие варианты:

севооборот (фактор А) – пар чистый – рожь – овес – овес на зеленую массу; пар чистый – пшеница – овес – овес на зеленую массу; пар занятый (донник) – пшеница – овес – овес + донник на зеленую массу, пар сидеральный (донник) – пшеница – овес – овес + донник на зеленую массу;

система удобрения (фактор В) – без удобрений (0); органо-минеральная система (У) – в пару навоз 40 т/га, под вторую культуру – N_{40}, под третью – N_{60}.

Севообороты развернуты в пространстве и во времени. Площадь делянки общая – 800 м^2, учетная– 200 м^2, повторность трехкратная, размещение – систематическое. Подстилочный твердый полуперепревший навоз вносили разбрасывателем органических удобрений РОУ-6 летом под основную обработку в пару, аммиачную селитру – сеялкой СЗС-2,1 под вторую и третью культуры севооборота.

В севооборотах была принята следующая система обработки почвы: пар – комбинированная (с весны мелкие плоскорезные обработки на 12…14 см, в июле – глубокая вспашка на 28…30 см); под вторую культуру после пара – весенняя плоскорезная обработка на глубину 12…14 см, под третью культуру – с весны мелкие плоскорезные

обработки почвы на 12 …14 см, в июне отвальная вспашка на 20…22 см.

В многолетнем опыте «Обработка почвы» (МО-2, заложен в 1972 г.) в типичном для региона зернопаровом севообороте (пар – пшеница – овес – овес на зеленую массу) изучали следующие варианты:

система обработки почвы (фактор А) – отвальная вспашка на 20…22 см; плоскорезная обработка на 12…14 см; плоскорезная обработка на 20…22 см; плоскорезная обработка на 28…30 см; плоскорезная разноглубинная (в пару весной на 12…14 см, летом на 28…30 см, под вторую и третью культуры на 12…14 см); комбинированная разноглубинная (в пару весной плоскорезная на 12…14 см, летом отвальная вспашка на 28…30 см, под вторую и третью культуры – плоскорезная на 12…14 см);

система удобрений (фактор В) – без удобрений (0); минеральная система (У) – под первую культуру N_{40}, под вторую и третью культуры N_{60}.

Севооборот развернут во времени и пространстве. Площадь делянки общая – 1500 м^2, учетная – 250 м^2, повторность трехкратная, размещение вариантов – систематическое. Аммиачную селитру вносили сеялкой СЗС-2,1 перед основной обработкой почвы.

В многолетнем опыте «Удобрение» (МО-3, заложен в 1967 г.) в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – овес – овес на зерносенаж) изучали эффективность следующих видов, доз и сочетаний минеральных и органических удобрений: без удобрений – контроль (0); P_{20}; $N_{40}P_{40}$; $N_{40}P_{40}K_{40}$; навоз 40 т/га; навоз 20 т/га + $N_{100}P_{50}K_{120}$ (эквивалент 10 т/га навоза). Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий) вносили вручную, навоз – разбрасывателем (РОУ-6) летом под основную обработку в пару. Площадь делянки общая – 112 м^2, учетная – 100 м^2, повторность четырехкратная, размещение – систематическое в два яруса. Основная обработка почвы отвальная на глубину 20…22 см.

Во всех опытах ежегодно высевали районированные сорта яровых зерновых культур, агротехника соответствовала принятой зональной системой земледелия [4]. Экономическую оценку возделывания полевых культур севооборотов осуществляли путем расчета вклада в покрытие постоянных издержек (ВППИ) и величины равновесной урожайности РУ [5]. В качестве основной культуры, возделываемой в зоне, во всех опытах взята яровая пшеница по чистому пару. Расчет переменных издержек и стоимость реализуемой продукции проведен по среднерыночным ценам 2018 г., сложившимся на территории Республики Бурятия.

В условиях рынка производственные факторы – земля, рабочая сила, капитал – в хозяйствах ограничены. В этой ситуации выбор культуры, а равно технологии возделывания зависит от спроса и предложения, цены реализации. В связи с чем, их конкурентоспособность можно определить из отношения ВППИ оцениваемой культуры или технологии к ВППИ альтернативных вариантов. ВППИ равен разности между стоимостью реализованной продукции и величиной переменных издержек [5]. Соответственно максимальный ВППИ свидетельствует о преимуществе культуры или технологии возделывания в использовании ограниченных факторов производства.

По величине ВППИ все культуры в многолетнем опыте с севооборотами по всем предшественникам обеспечивали положительный вклад в покрытие постоянных издержек (табл. 1). По абсолютной величине ВППИ лучшая конкурентоспособность среди всех изученных культур отмечена у овса на зеленую массу, возделываемого в замыкающем поле, как на неудобренном фоне (15118 руб./га), так и при применении удобрений (17694 руб./га). Выше, чем у яровой пшеницы, был ВППИ яровой ржи (на 830…1216 руб./га в зависимости от фона удобрений).

реализации 1 т продукции сравниваемой культуры, руб.

Конкурентоспособность культур севооборотов со сравниваемой основной культурой (яровая пшеница по чистому пару) по величине равновесной урожайности оказалась различной. Среди всех культур с пшеницей могли конкурировать яровая рожь и кормовые (овес, овес + донник на зеленую массу) – показатели равновесных урожайностей меньше средних соответственно на 0,12 т/га и 2,04…5,04 т/га. По уровню равновесной урожайности яровая пшеница по донниковым парам незначительно уступала яровой пшенице по чистому пару. Самая низкая конкурентоспособность отмечена для посевов овса на зерно по стерневым предшественникам. Для достижения равновесной урожайности сбор зерна должен быть выше средних значений на неудобренном фоне на 0,55…0,64 т/га, на удобренном – на 0,69…0,79 т/га.

Экономическая оценка разных систем обработки почвы в зернопаровом севообороте показала безальтернативность использования комбинированной системы при возделывании

1. Экономическая оценка культур севооборота, МО-1

Культура	Фон*	Показатель оценки			
		урожайность, т/га	стоимость, руб./га	ВППИ, руб./га	РУ, т/га
Яровая пшеница	0	1,51	15100	9442	–
по чистому пару	У	1,85	18500	10310	–
Яровая рожь	0	1,65	16500	10672	1,53
по чистому пару	У	1,99	19900	11526	1,87
Яровая пшеница	0	1,44	14400	8654	1,52
по занятому пару	У	1,76	17600	9318	1,86
Яровая пшеница	0	1,44	14400	8814	1,50
по сидеральному пару	У	1,79	17900	9796	1,84
Овес по ржи	0	1,10	8800	5008	1,65
	У	1,40	11200	4760	2,09
Овес по пшенице	0	1,04	8320	4328	1,68
	У	1,29	10320	4014	2,08
Овес на зеленую массу	0	12,54	18810	15118	8,76
по овсу	У	16,00	24000	17694	10,96
Овес + донник	0	10,83	16245	12505	8,79
на зеленую массу по овсу	У	14,33	21495	14171	11,76

**0 – неудобренный, У – удобренный органоминеральный.*

Однако конкурентоспособность или относительное преимущество можно определять не только путем прямого сравнения ВППИ, но и на основе расчета равновесной урожайности (РУ). По уровню РУ определяют насколько надо повысить урожайность сравниваемой культуры, чтобы она могла конкурировать с основной возделываемой в зоне культурой [5]. Равновесную урожайность вычисляют по следующей формуле:

РУск = Уск + (ВППИк – ВППИск)/ РЦск,

где *РУск* – равновесная урожайность сравниваемой культуры, т/га; *Уск* – урожайность сравниваемой культуры, т/га; *ВППИк* – вклад в покрытие постоянных издержек основной культуры возделываемой в зоне, руб./га; *ВППИск* – вклад в покрытие постоянных издержек сравниваемой культуры, руб./га; РЦск – цена

яровой пшеницы (табл. 2). ВППИ в этом варианте составил 9300 руб./га на неудобренном и 12152 руб./га на минеральном фоне, что соответственно на 402 и 596 руб./га выше, чем при выращивании культуры по вспашке. Вклад в покрытие постоянных издержек при возделывании пшеницы по плоскорезным обработкам на 20…22 см и 12…14 см ниже; чем по комбинированной, соответственно на 2020…2178 и 2286…2696 руб./га. Равновесный урожай по отвальной вспашке должен быть выше средней продуктивности на 0,04…0,05 т/га, а в вариантах с плоскорезными системами – на 0,20…0,23 и 0,22…0,27 т/га соответственно.

Конкурентоспособность овса по пшенице и овса на зеленую массу по всем системам обработки почвы значительно ниже, чем яровой пшеницы по комби-

2. Экономическая оценка культур севооборота при разных системах обработки почвы, МО-2

Обработка почвы	Фон*	Показатель оценки			
		урожайность, т/га	стоимость, руб./га	ВППИ, руб/га	РУ, т/га
Пшеница по пару					
комбинированная	0	1,50	15000	9300	–
обработка	У	2,05	20500	12152	–
отвальная вспашка	0	1,40	14000	8898	1,44
20…22 см	У	1,94	19400	11656	1,99
плоскорезная 20…22 см	0	1,22	12200	7280	1,42
	У	1,75	17500	9970	1,97
плоскорезная 12…14 см	0	1,17	11700	7014	1,40
	У	1,68	16800	9456	1,95
Овес по пшенице					
отвальная вспашка	0	0,92	7360	3426	1,65
20…22 см	У	1,36	10880	4264	2,35
плоскорезная 20…22 см	0	0,80	6400	2616	1,64
	У	1,34	10720	4230	2,33
плоскорезная 12…14 см	0	0,76	6080	2644	1,59
	У	1,32	10560	4242	2,31
Овес по овсу (на зеленую массу)					
отвальная вспашка	0	5,69	8535	5993	7,89
20…22 см	У	10,0	15000	8860	12,19
плоскорезная 20…22 см	0	4,43	6645	4265	7,79
	У	8,70	13050	7088	12,08
плоскорезная 12…14 см	0	4,49	6735	4493	7,69
	У	8,38	12570	6754	11,98

**0 – неудобренный, У – удобренный минеральный*

нированной обработке. Равновесная урожайность овса на зерно должна составлять 1,59…1,64 т/га на неудобренном и 2,31…2,35 т/га на минеральном фоне, а равновесная урожайность овса на зеленую массу – соответственно 7,69…7,89 т/га и 11,98…12,19 т/га. Во втором и третьем поле после пара вклад в покрытие постоянных издержек в варианте с отвальной вспашкой больше, чем при использовании плоскорезных систем, что связано с повышенной продуктивностью культур и соответственно большей стоимостью реализуемой продукции.

Урожайность культур зернопарового севооборота при длительном применении удобрений сравнивали с урожайностью яровой пшеницы на фоне $N_{40}P_{40}$ (табл. 3). Анализ экономических показателей свидетельствует о высокой эффективности применяемых удобрений относительно вариантов без удобрений и с внесением малой дозы фосфора (P_{20}) под все культуры севооборота. Для обеспечения конкурентоспособности производства продукции в этих вариантах урожайность зерна пшеницы необходимо увеличить на 0,30…0,39 т/га, зерна овса – на 1,38…1,53 т/га и зерносенажа овса – на 5,40…5,52 т/га.

Высокий ВППИ отмечен при возделывании пшеницы с внесением органо-минерального удобрения – 17140 руб./га. Конкурентоспособным вариантом оказалось внесение навоза в дозе 40 т/га (ВППИ – 16898 руб./га).

Самая высокая стоимость продукции отмечена при использовании полного минерального удобрения – 27200 руб./га. Однако издержки, связанные со стоимостью и затратами на внесение промышленных туков, уменьшали ВППИ в этом варианте до 15774 руб./га, что привело к необходимости увеличения равновесной урожайности относительно среднемноголетней на 0,12 т/га. Больший ВППИ, а равно более высокие конкурентоспособность и продуктивность изучаемых систем удобрений овса на зерно и на зерносенаж отмечены в вариантах с внесением органических и органоминеральных удобрений.

Таким образом, в условиях сухой степи Забайкалья по вкладу в покрытие постоянных издержек и уровню равновесной урожайности среди всех культур четырехпольных зернопаровых севооборотов в сравнении с яровой пшеницей по чистому пару выделились яровая рожь и кормовые культуры (овес и овес + донник на зеленую массу). Величина ВППИ при их возделывании была выше, чем при выращивании яровой пшеницы, соответственно на 830…1216 и 3063…7384 руб./га, а равновесная урожайность – меньше среднего уровня на 0,12 и 2,04…5,04 т/га. ВППИ при возделывании яровой пшеницы в варианте с комбинированной системой обработки почвы в севообороте был выше, чем при использовании вспашки, на 402…596 руб./га, а по сравнению с плоскорезными системами обработки, на 2020…2696 руб./га. Равновесная урожайность яровой пшеницы при отвальной вспашке должна быть выше средней на 0,04…0,05 т/га, а при плоскорезных обработках – на 0,20…0,27 т/га. Высокую экономическую конкуренцию ежегодному применению азотно-фосфорных удобрений ($N_{40}P_{40}$) могут оказать органическая (навоз 40 т/га) и органоминеральная (навоз 20 т/га + $N_{100}P_{50}K_{120}$) системы удобрений. Вклад в покрытие постоянных издержек в этих вариантах применения удобрений составлял 16792…17140 руб./га, а равновесная урожайность находилась на уровне средних значений.

3. Экономическая оценка культур севооборота при применении удобрений, МО-3

Удобрение	Показатель оценки			
	урожайность, т/га	стоимость, руб./га	ВППИ, руб/га	РУ, т/га
Пшеница по пару				
$N_{40}P_{40}$	2,64	26400	16972	–
контроль (без удобрений)	1,89	18900	13798	2,19
P_{20}	1,95	19500	13092	2,34
$N_{40}P_{40}K_{40}$	2,72	27200	15774	2,84
навоз 40 т/га	2,70	27000	16898	2,71
навоз 20 т/га + $N_{100}P_{50}K_{120}$	2,70	27000	17140	2,68
Овес по пшенице				
$N_{40}P_{40}$	2,02	16160	7900	3,15
контроль (без удобрений)	1,23	9840	5906	2,61
P_{20}	1,25	10000	4760	2,78
$N_{40}P_{40}K_{40}$	2,06	16480	6222	3,40
навоз 40 т/га	1,92	15360	6426	3,24
навоз 20 т/га + $N_{100}P_{50}K_{120}$	2,03	16240	8792	3,05
Овес по овсу (на зерносенаж)				
$N_{40}P_{40}$	11,72	17580	10712	15,89
контроль (без удобрений)	7,61	11415	8873	13,01
P_{20}	7,36	11040	7192	13,88
$N_{40}P_{40}K_{40}$	13,35	20025	11159	17,23
навоз 40 т/га	11,28	16920	11920	14,65
навоз 20 т/га + $N_{100}P_{50}K_{120}$	12,52	18780	12724	15,35

Литература.

1. Анализ экономической эффективности возделывания яровой пшеницы в системе точного земледелия / В. П. Якушев, П. В. Лекомцев, Т. С. Первак и др. // Агрофизика. 2016. № 1. С. 43–52.

2. Байбеков Р. Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5–8.

3. Kolberg D., Persson T., Manger K., Riley H. Impact of projected climate change on workability, attainable yield, profitability and farm mechanization in Norwegian spring cereals // Soil and Tillage Research. 2019. № 1. V. 185. P. 122–138.

4. Система земледелия Республики Бурятия: научно-практические рекомендации. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2018. 349 с.

5. Шпаар Д. Зерновые культуры: выращивание, уборка доработка и использование. М.: Книга по Требованию, 2014. 656 с.

Economic Value of Cultivation of Field Crops in the Dry Steppe of the Transbaikal

A. K. Ulanov, L. V. Budajapov, A. S. Biltuev
Buryat Scientific Research Institute of Agriculture, ul. Tretyakova, 25z, Ulan-Ude, 670045, Russian Federation

Abstract. *An economic assessment of the cultivation of field crops in grain-fallow crop rotations with the long-term (n = 26) impact of agrotechnological methods was given by comparing the contribution to the coverage of fixed costs (CCFC) and the equilibrium yield (EY) according to the results of three long stationary field experiments of the Buryatia Research Institute of Agriculture on chestnut soil in the dry steppe (HTC = 0.94). Spring rye and fodder crops (oat, oat + melilot for green mass) stood out in the values of CCFC and EY among all crops in comparison with spring wheat after bare fallow. Thus, the value of CCFC for these crops exceeded that of spring wheat by 830–1216 RUB/ha and 3063–7384 RUB/ha, respectively, and the equilibrium yield was less than the average yield by 0.12 t/ha and 2.04–5.04 t/ha. The annual moldboard ploughing and various subsurface systems were not competitive with combined tillage in the grain-fallow crop rotation. CCFC of wheat in the variant with combined treatment amounted to 9300 RUB/ha against an unfertilized background and 12152 RUB/ha against a fertilized background, which was higher by 402 RUB/ha and 596 RUB/ha, respectively, than at the cultivation of spring wheat by the moldboard treatment. CCFC of wheat cultivation by subsurface treatments was less than that by the combined treatment by 2020–2696 RUB/ha, respectively. The equilibrium yield with moldboard ploughing was higher than the average productivity by 0.04–0.05 t/ha, and with subsurface systems it was higher by 0.20–0.27 t/ha. Organic (manure 40 t/ha) and organic-mineral (manure 20 t/ha + N100P50K120) fertilizer systems showed high competitiveness to the annual application of nitrogen-phosphate fertilizer (N40P40). CCFC in these variants of fertilizer application was 16792 RUB/ha and 17140 RUB/ha, and the equilibrium yield was at the average productivity values.*

Keywords: *long experiments; crop rotations; tillage; fertilizers; wheat; rye; oat; contribution to the coverage of fixed costs; equilibrium yield.*

Author Details: *A. K. Ulanov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: global@burniish.ru); L. V. Budazhapov, D. Sc. (Biol.), director; A. S. Biltuev, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow.*

For citation: *Ulanov A. K., Budazhapov L. V., Biltuev A. S. Economic Value of Cultivation of Field Crops in the Dry Steppe of the Transbaikal. Zemledelie. 2019. No. 2. Pp. 27–30 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10207.*

80-летний юбилей академика Сулейменова Мехлиса Касымовича

Мехлис Касымович Сулейменов – известный ученый, академик СХН РК, НАН РК и РАН, общественный деятель.

Под его руководством в условиях Северного Казахстана разработаны теоретические основы предпосевной обработки почвы, основы интенсивной технологии возделывания зерновых культур, определены оптимальная площадь питания и нормы высева яровой пшеницы, усовершенствованы элементы почвозащитной системы земледелия. Результаты этих исследований нашли широкое применение в практике.

М.К. Сулейменов создал новое направление в теории полевых севооборотов, показал возможность ведения земледелия в засушливых условиях Северного Казахстана без чистого пара, а также эффективность плодосменных севооборотов, которые обеспечивают решение основных задач почвозащитной системы земледелия по сохранению плодородия почвы и формированию стабильно высоких урожаев зерновых, зернобобовых, масличных и кормовых культур.

Разрабатывая новые направления земледельческой науки, Мехлис Касымович сформировал школу ученых Казахстана, представители которой более 25 лет с успехом занимаются совершенствованием плодосменной системы севооборотов.

М.К. Сулейменов автор 12 монографий и более чем 200 научных публикаций, в том числе в различных международных изданиях, которые получили высокую оценку и широко используются учеными и товаропроизводителями аграрного сектора.

За годы долгого и плодотворного труда Мехлис Касымович был удостоен орденов Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», Дружбы народов, трех медалей Союза Советских Социалистических Республик и медали «Астана», награжден золотым знаком Общества немецко-советской дружбы, избран почетным гражданином штата Небраска (США), стал лауреатом Президентской премии мира и духовного согласия Республики Казахстан.

Широко известна международная деятельность М. К. Сулейменова. Он долгое время работал заместителем регионального координатора Международного центра сельскохозяйственных исследований в засушливых регионах Центральной Азии и Закавказья. Благодаря его усилиям и авторитету сегодня активно развивается международное сотрудничество в аграрном секторе, в частности по вопросам изучения и продвижения ресурсосберегающих технологий.

Поздравляя Мехлиса Касымовича со знаменательной датой, от всей души желаем крепкого здоровья, процветания, достойных приемников и много радостных дней.

Генеральный директор Казахского НИИ почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, академик Сапаров А. С.

Заведующий отделом ТОО «Красноводопадская сельскохозяйственная опытная станция», доктор сельскохозяйственных наук Медеубаев Р. М.

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10208
УДК 631.51.021:631.51.022:631.559:633.31

Влияние предпосевной обработки почвы на урожайность зелёной массы люцерны сорта Астраханочка

З. С. ЩЕБАРСКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: shebarskowa@yandex.ru)
Е. Г. КИПАЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Д. С. КАДРАЛИЕВ, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
К. В. ИСАЕВ, научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства, ул. Любича, 16, Камызяк, Астраханская обл., 416341, Российская Федерация

Исследование проводили в 2007–2009 гг. в условиях орошения на опытном поле ВНИИООБ. Изучали влияние приемов предпосевной обработки аллювиально-луговой слабозасолённой почвы на урожай зелёной массы сорта люцерны Астраханочка местной селекции. Схема опыта включала следующие варианты: боронование БЗСС-1,0 в 1-й декаде апреля – контроль; боронование БЗСС-1,0 в 1-й декаде апреля + боронование БЗСС-1,0 во 2-й декаде апреля; боронование БЗСС-1,0 в 1-й декаде апреля + дискование БДТ-3,0 на глубину 5...7 см во 2-й декаде апреля; боронование БЗСС-1,0 в 1-й декаде апреля + чизелевание ЧКУ-4 на глубину 16...18 см с боронованием БЗСС-1,0 во 2-й декаде апреля. Перед посевом вносили $N_{60}P_{60}K_{40}$. С увеличением числа обработок и глубины рыхления почвы перед посевом сокращалась продолжительность периода от посева до цветения с 99,0 до 94,7...88,5 дней, возрастал среднесуточный прирост растений люцерны, по сравнению с контролем, в различные фазы на 5,0...37,5 %. Высота растений по вариантам увеличивалась, в сравнении с контрольными, на 2,2...6,5 %, облиственность – на 9,0...14,7 %, кустистость – на 20...68 %. Урожайность зелёной массы возрастала с 5,2 т/га в контроле до 5,7 т/га (на 9,6 %) при двукратном бороновании, 5,9 т/га (на 13,5 %) при сочетании боронования с дискованием и 6,5 т/га (на 26,9 %) в варианте с сочетанием боронования с чизелеванием и последующим боронованием.

***Ключевые слова**: предпосевная обработка почвы, боронование, чизелевание, люцерна, зелёная масса, урожайность.*

***Для цитирования:** Влияние предпосевной обработки почвы на урожайность зелёной массы люцерны сорта Астраханочка / З. С. Щебарскова, Е. Г. Кипаева, Д. С. Кадралиев и др. // Земледелие. 2019. № 2. С. 31–32. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10208.*

Многолетний опыт исследовательской работы подтверждает, что в современных условиях все приёмы обработки почвы должны совершенствоваться в направлении минимализации. Наиболее эффективны технологии минимальной основной и предпосевной обработки почвы [1, 2]. Необходимо разработать технические решения, позволяющие оптимизировать плотность сложения пахотного слоя и исключить деформации переуплотнения подпахотного горизонта [3, 4]. Применяя различные приёмы предпосевной обработки почвы, можно в большой степени воздействовать на степень засоренности, структурные и физико-химические процессы, водный и воздушный режимы [5, 6]. Предпосевная обработка почвы создаёт условия, обеспечивающие дружное прорастание и хорошее последующее развитие растений.

Цель наших исследований – определить эффективность приемов предпосевной обработки аллювиально-луговой почвы под люцерну Астраханочка в условиях орошения.

Работу проводили на опытном поле ФГБНУ ВНИИООБ в 2007–2009 гг. Изучали влияние способов предпосевной обработки почвы на урожайность зелёной массы люцерны. Схема опыта включала следующие варианты: боронование БЗСС-1,0 на глубину 3...5 см в 1-й декаде апреля – контроль (К); боронование БЗСС-1,0 на глубину 3...5 см в 1-й и 2-й декаде апреля (Б+Б); боронование БЗСС-1,0 на 3...5 см в 1-й декаде апреля + дискование БДТ-3,0 на глубину 5...7 см во 2-й декаде апреля (Б+Д); боронование БЗСС-1,0 на 3...5 см в 1-й декаде апреля + чизелевание ЧКУ-4 на глубину 16...18 см с боронованием БЭСС-1,0 на 3...5 см во 2-й декаде апреля (Б+Ч+Б).

Посев люцерны проводили ручной однорядной сеялкой СР-1 во второй декаде апреля на глубину 2...3 см с междурядьями 0,3 м при норме высева 5,0...5,5 млн всхожих семян на 1 га (12 кг/га). Закладку опыта, а также все наблюдения и учеты проводили согласно общепринятым методикам в опытном деле и Государственном сортоиспытании сельскохозяйственных культур [7]. Перед посевом вносили минеральные удобрения ($N_{60}P_{60}K_{40}$).

Почва опытного участка аллювиально-луговая, тяжело- и среднесуглинистая, слабозасолённая. Глубина залегания грунтовых вод – 1,5...2,0 м. Содержание гумуса 1,55...1,65 %, легкогидролизуемого азота – 51,2...60,0 мг/кг, водорастворимых солей – 0,24 %. Тип засоления сульфатно-хлоридный, pH 7,6...7,8. Сумма активных температур выше +10 °С за вегетационный период в 2007 г. составила 2590 °С, в 2008 г. – 2625 °С, в 2009 г. – 2670 °С. Атмосферных осадков за период с мая по октябрь в 2007 г. не отмечали, в 2008 г. выпало 7,2 мм, в 2009 г. – 37,4 мм.

Результаты исследований показали, что приёмы предпосевной обработки почвы по-разному влияли на рост и развитие люцерны. С увеличением числа обработок и глубины рыхления почвы перед посевом, уменьшалась продолжительность

1. Продолжительность межфазных периодов развития люцерны в зависимости от приёмов предпосевной обработки почвы (2007–2009 гг.), дней

Вариант	Посев – всходы	Всходы – ветвление	Ветвление – бутонизация	Бутонизация – цветение	Посев – цветение
К	7,3	34,7	28,3	28,7	99,0
Б+Б	7,0	33,0	26,7	28,0	94,7
Б+Д	7,1	31,5	25,7	27,0	91,3
Б+Ч+Б	7,0	30,0	25,0	26,0	88,0
$НСР_{05}$	0,1	1,7	1,8	1,0	8,5

2. Интенсивность роста люцерны в зависимости от приёмов предпосевной обработки почвы (2007–2009 гг.)

Вариант	Среднесуточный прирост стебля, м на 1 растение по периодам развития			
	всходы – ветвление	ветвление – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование семян
К	0,014	0,016	0,050	0,020
Б+Б	0,016	0,019	0,053	0,021
Б+Д	0,017	0,020	0,055	0,022
Б+Ч+Б	0,018	0,022	0,058	0,023
$НСР_{05}$	0,002	0,002	0,002	0,009

межфазных периодов. Так, если в контроле с одним боронованием до посева длительность периода посев – цветение составляло 99,0 дней, то при двукратном бороновании она сокращалась на 4,3 дня, при сочетании боронования с дискованием – на 7,7 дней, а при сочетании двух боронований с чизелеванием – на 11,0 дней (табл. 1).

проведении в первой декаде апреля ранневесеннего боронования на 3…5 см, а во второй декаде перед посевом – чизелевания на глубину 16…18 см с последующим боронованием на 3…5 см, что обеспечивает ускорение прохождения фенологических фаз, улучшение биометрических показателей растений и увеличение урожайности зеленой массы на 1,4 т/га

3. Морфологические показатели растений и урожайность зелёной массы люцерны в зависимости от приёмов предпосевной обработки почвы (среднее 2007–2009 гг.)

Вариант	Высота растений, м	Облиственность, %	Кустистость, шт	Урожайность зеленой массы, т/га	Отклонение от контроля, т/га
К	0,92	24,5	2,5	5,2	–
Б+Б	0,94	26,7	3,0	5,7	+0,5
Б+Д	0,96	27,8	3,4	5,9	+0,7
Б+Ч+Б	0,98	28,1	4,2	6,5	+1,3
$НСР_{05}$	0,48	0,4	0,5	0,1	

Одновременно происходило увеличение среднесуточного прироста растений люцерны. От всходов до ветвления он превышал величину этого показателя в контроле на 14,3…28,6 %, от ветвления до бутонизации – на 18,8…37,5 %, от бутонизации до цветения – на 6,0…16,0 %, от цветения до образования семян – на 5,0…15,0 % (табл. 2). Самые лучшие условия для роста и развития растений люцерны создавались при сочетании боронования с чизелеванием и последующим боронованием.

Варианты предпосевной обработки почвы оказывали существенное влияние на рост, развитие и формирование зелёной массы люцерны (табл. 3). Высота растений по вариантам имела устойчивую тенденцию к увеличению, в сравнении с контролем на 2,2, 4,3 и 6,5 %, облиственность – на 9,0, 13,5 и 14,7 %, кустистость – на 20, 36 и 68 %. Урожайность зелёной массы растений с 5,2 т/га в контроле с одним боронованием повышалась при двукратном бороновании до посева на 0,5 т/га (9,6 %), при сочетании боронования с дискованием – на 0,7 т/га (13,5 %), а в варианте с комбинацией боронования с чизелеванием и последующим боронованием – на 1,4 т/га (26,9 %).

Таким образом, в условиях Астраханской области при орошении на аллювиально-луговых почвах наиболее благоприятные условия для прорастания семян и последующего роста и развития растений сорта люцерны Астраханочка складываются при (26,9 %), в сравнении с однократным боронованием в начале апреля.

Литература

1. Зволинская О. В. Современные агротехнологии как фактор интенсификации сельскохозяйственного производства // Вестник Прикаспия. 2016. №3 .С. 42–47.
2. Влияние способа основной обработки почвы и влияния удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха / В. Д. Соловиченко, В. В. Никитин, А. П. Карабутов и др. //Земледелие. 2018. № 5. С. 20–23.
3. Шевченко В. А., Соловьёв А. М., Матюк Н. С. Совершенствование приёмов механической обработки почвы в Нечернозёмной зоне // Плодородие. 2018. № 5. С. 12–13.
4. Шевченко В. А., Соловьёв А. М., Бубер А. Л. Влияние обработки почвы на агрофизические показатели плодородия при возделывании ячменя на мелиорированных землях Верхневолжья // Плодородие. 2018. № 4. С.17–18.
5. Влияние систем предпосевной обработки почвы на урожайность кукурузы при разных способах основной обработки и применения гербицидов / Т. Р. Толорая, Р. В. Ласкин, В. Ю. Пацкан и др. // Земледелие. 2018. № 1. С. 23–26.
6. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Продуктивность в зависимости от абиотических условий среднего Предуралья // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 4 (30). С. 41–44.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Influence of Pre-Sowing Tillage on Green Mass Yield of Alfalfa 'Astrakhanochka'

Z. S. Shebarskova, E. G. Kipaeva, D. S. Kadraliev, K. V. Isayev
All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing, ul. Lubitscha, 16, Kamyzyak, Astrakhanskaya obl., 416341, Russian Federation

Abstract. *The study was carried out in 2007–2009 under conditions of irrigation on the experimental field of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing. We studied the effect of pre-sowing treatment of alluvial-meadow slightly saline soil on the harvest of green mass of alfalfa 'Astrakhanochka' of local breeding. The experiment scheme included the following options: harrowing with BESS-1.0 in the 1st decade of April – the control; harrowing with BESS-1.0 in the 1st decade of April + harrowing with BESS-1.0 in the 2nd decade of April; harrowing with BESS-1.0 in the 1st decade of April + disking with BDT-3.0 to a depth of 5–7 cm in the 2nd decade of April; harrowing with BESS-1.0 in the 1st decade of April + chiseling with ChKU-4 to a depth of 16–18 cm with harrowing with BESS-1.0 in the 2nd decade of April. Before sowing, N60P60K40 was applied. With an increase in the number of treatments and the depth of soil loosening before sowing, the structure of the arable layer, the water, air and nutrient regimes of the soil improved, consequently the conditions for the growth and development of alfalfa improved, the duration of the period from sowing to flowering decreased from 99.0 to 88.5–94.7 days, the average daily gain of alfalfa plants increased, as compared with the control, by 5.0–37.5% in various phases. The height of the experimental plants increased, as compared with the control, by 2.2–6.5%, the leaf coverage – by 9.0–14.7%, bushiness – by 20–68%. The yield of green mass of plants from 5.2 t/ha in the control with one harrowing increased to 5.7 t/ha (by 9.6%) with double harrowing; in the combination of harrowing with disking it grew up to 5.9 t/ha (by 13.5%), and in combination of harrowing with chiseling and subsequent harrowing it raised up to 6.5 t/ha (by 26.9%).*

Keywords: *pre-sowing soil treatment; harrowing; chiseling; alfalfa; green mass; productivity.*

Author Details: *Z. S. Shebarskova, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: shebarskowa@yandex. ru); E. G. Kipaeva, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; D. S. Kadraliev, D. Sc. (Agr.), head of laboratory; K. V. Isayev, research fellow.*

For citation: *Shebarskova Z. S., Kipaeva E. G., Kadraliev D. S., Isayev K. V. Influence of Pre-Sowing Tillage on Green Mass Yield of Alfalfa 'Astrakhanochka'. Zemledelie. 2019. No. 2. Pp. 31–32 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10208.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10209
УДК 633.33:631.51:631.8:631.452:631.434

Влияние основной обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства почвы при возделывании сахарной свёклы

О. К. БОРОНТОВ, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: vniiss@mail.ru)
П. А. КОСЯКИН, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник (e-mail: kosyakinp@mail.ru)
Е. Н. МАНАЕНКОВА, научный сотрудник (e-mail: vniiss@mail.ru)
Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А. Л. Мазлумова, пос. ВНИИСС, 86, Рамонский р-н, Воронежская обл., 396030, Российская Федерация

Проанализировано многолетнее (1985–2014 гг.) влияние основной обработки и удобрений на динамику агрофизических и агрохимических свойств чернозёма выщелоченного в 9-и польном плодосменном севообороте лесостепной части ЦЧР с целью совершенствования агротехники возделывания сахарной свёклы. Изучали 3 системы обработки почвы (отвальная, безотвальная, комбинированная) и 3 системы удобрений (контроль без удобрений; $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза на 1 га севооборотной площади; $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га севооборотной площади). Содержание азота нитрификации в пахотном слое увеличилось с 28 мг/кг при закладке опыта до 49 мг/кг при отвальной и комбинированной обработках, до 52 мг/кг при безотвальной с внесением $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га; количество подвижного фосфора – с 52 мг/кг до 123…124 мг/кг при безотвальной и комбинированной обработках, до 155 мг/кг при отвальной с внесением $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га; содержание обменного калия – с 80 мг/кг до 180 мг/кг при отвальной, до 161мг/кг при безотвальной. Коэффициенты структурности при отвальной и безотвальной обработках снижались с 3,0 до 2,3, а при комбинированной увеличивались с 2,0 до 2,7 без удобрений и до 3,3 с внесением $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га. Плотность сложения была оптимальной и составляла 1,13…1,24 г/см^3. Коэффициент водопотребления сахарной свеклы варьировал от 9,2 до 22,6 мм/т, что связано с агротехникой возделывания и выпадающими осадками. Более экономно растения сахарной свёклы расходовали влагу при отвальной обработке почвы с внесением $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га. Наибольшая урожайность культуры 44,1 т/га и сбор сахара 7,1 т/га отмечены при вспашке с применением $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га, при безотвальной обработке урожайность снижалась на 3…23 %.

Ключевые слова: *основная обработка почвы, удобрения, физические свойства чернозёма, содержание питательных веществ в почве, сахарная свёкла, продуктивность, плодосменный севооборот.*

Для цитирования: *Боронтов О. К., Косякин П. А., Манаенкова Е. Н. Влияние основной обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства почвы при возделывании сахарной свёклы // Земледелие. 2019. № 2. С. 33–35. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10209.*

Основная обработка почвы – наиболее энергозатратный элемент возделывания сельскохозяйственных культур. От систем и качества ее проведения зависит совокупность свойств почвы, которые прямо или косвенно влияют на развитие растений, болезней, вредителей, сорняков и в итоге определяют плодородие почвы и урожайность сахарной свёклы [1]. На сегодня существует много публикаций о переходе на новые ресурсосберегающие технологии возделывания пропашных культур, однако результаты таких исследований противоречивы [2, 3].

Цель нашей работы – совершенствование технологии возделывания сахарной свёклы в севообороте с учетом динамики агрофизических и агрохимических свойств чернозёма выщелоченного при многолетнем применении различных способов обработки почвы и удобрений.

Исследования проводили во ВНИИСС имени А. Л. Мазлумова в 1987–2014 гг. в стационарном опыте со следующим чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свёкла – ячмень с подсевом клевера – клевер на 1 укос – озимая пшеница – сахарная свёкла – однолетние травы – кукуруза на зелёную массу.

В 1987–1989 гг. сумма осадков за вегетационный период составляла 407 мм, ГТК=1,16; в 1994–1996 гг. – 284 мм, ГТК=1,07; в 2002–2004 гг. – 294 мм, ГТК – 1,19; в 2012–2014 гг. – 337 мм и ГТК=1,17, среднемноголетнее количество осадков 316 мм, ГТК=1,2.

Схема опыта включала три системы основной обработки почвы:

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

безотвальная (плоскорезная) разноглубинная под все культуры севооборота – под озимую пшеницу по клеверу, ячмень и однолетние травы на глубину 20…22 см, под кукурузу и черный пар на 25…27 см, под сахарную свеклу дисковая обработка на глубину 5…6 см с последующим плоскорезным рыхлением сначала на 12…14 см, затем на 30…32 см;

комбинированная – плоскорезная обработка под озимую пшеницу по клеверу, ячмень и однолетние травы на глубину 20…22 см, под черный пар и кукурузу вспашка на 25…27 см, под сахарную свеклу дисковая обработка на глубину 5…6 см, плоскорезное рыхление на 12…14 см, вспашка на 30…32 см.

Опыты заложены на 3-х фонах удобрений: контроль без удобрений; $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза на 1 га севооборотной площади; $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га севооборотной площади.

Площадь делянки – 110 м^2, учетная – 30 м^2, повторность – 3-хкратная.

Почва – чернозём выщелоченный среднемощный. Содержание гумуса в пахотном слое при закладке опыта в 1985 г. составляло 5,57 %.

Содержание азота нитрификации в почве определяли по Кравкову в модификации Ваксмана, подвижного фосфора и калия – по Чирикову [4], агрегатный состав почвы – по Саввинову, водопрочность почвенных агрегатов – по Бакшееву, плотность сложения – по Качинскому, твёрдость – по Ревякину, водопотребление – по Долгову [5]. Учет урожайности проводили по методике ВНИС [6]. Статистическую обработку результатов выполняли по Б. А. Доспехову [7].

За период исследований при безотвальной обработке с внесением $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т навоза на 1 га севооборотной площади нитрификационная способность почвы увеличилась с 28 мг/кг в 1985–1986 гг. до 52 мг/кг в 1994–1996 гг. (табл. 1). Результаты определения среднего по обработкам почвы содержания азота нитрификации свидетельствуют, что более стабильное увеличение происходило при отвальной системе обработки почвы – с 39 мг/кг до 44 мг/кг. При безотвальной и комбинированной обработках рост величины этого показателя отмечали в 1994–1996 гг. В последующем происходило ее снижение до 36 мг/кг в виду затухания микробиологической активности почвы, вызванного худшими условиями увлажнения.

Содержание подвижного фосфора неуклонно увеличивалось с 52 мг/кг в 1985–1986 гг. при закладке опыта, до 155 мг/кг – в 2012–2014 гг. при отвальной обработке с внесением $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т

1. Динамика содержания питательных элементов в пахотном (0…30 см) слое почвы в зависимости от обработки почвы и удобрений в севообороте, мг/кг

Годы	$N\text{-}NO_3$ нитрификации			P_2O_5			K_2O		
	контроль	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	контроль	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	контроль	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза
Отвальная обработка почвы									
1987–1989	35	41	40	78	101	77	125	145	121
1994–1996	42	43	45	75	69	72	70	77	88
2002–2004	41	43	49	105	133	137	110	125	143
2012–2014	43	42	46	96	140	155	156	173	180
Безотвальная обработка почвы									
1987–1989	33	45	44	68	80	72	100	121	136
1994–1996	47	48	52	72	77	69	79	108	100
2002–2004	39	36	46	87	128	124	107	121	131
2012–2014	39	40	46	85	128	124	145	161	135
Комбинированная обработка почвы									
1987–1989	34	43	42	74	84	83	98	111	127
1994–1996	44	47	49	72	78	78	72	103	113
2002–2004	34	36	39	90	121	118	108	122	119
2012–2014	36	41	42	81	128	123	134	136	148
1985–1986	28			52			80		
Высокое содержание [2, 8, 9]	60…70			150…200			120…180		

навоза на 1 га севооборотной площади. Большие темпы прироста наблюдали при отвальной обработке почвы с внесением удобрений. В вариантах с безотвальной и комбинированной обработками конечная величина этого показателя в 2012–2014 гг. снизилась на 17 %, по сравнению с отвальной системой, и составила 111…112 мг/кг.

Отвальная система оказала большее положительное влияние на прирост содержания обменного калия. В среднем оно увеличивалось с 80 мг/кг до 170 мг/кг. При безотвальной и комбинированной обработках темпы прироста были ниже, что отразилось на содержании этого элемента в 2012–2014 гг. – 135…161 мг/кг при безотвальной обработке и 134…146 мг/кг – при комбинированной.

В варианте с применением $N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза в среднем содержание азота нитрификации увеличивалось на 8 %, подвижного фосфора – на 36 %, калия – на 15 %. При внесении $N_{59}P_{59}K_{59}$+11 т навоза на 1 га севооборотной площади – на 16 %, 40 % и 18 % соответственно.

Установлено, что коэффициент структурности при отвальной обработке за годы исследований в контроле снизился с 3,0 до 2,3, а при внесении $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т навоза на 1 га – с 2,7 до 2,6. При комбинированной обработке величина этого показателя увеличилась с 2,0 до 2,8…3,0 (табл. 2). Удобрения ухудшали структуру почвы, причём при безотвальной обработке сильнее, чем при отвальной и комбинированной.

Более стабильным физическим показателем оказалась водопрочность почвенных агрегатов. Так, в контроле ее коэффициент варьировал от 0,87 до 0,94, а в варианте с использованием $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т навоза на 1 га севооборотной площади – от 0,79 до 0,94. В течение опыта величина этого показателя мало изменялась. Так, при отвальной обработке с применением удобрений в 1987–1989 гг. и в 2007–2013 гг. она была равна 0,87. Более низкая водопрочность отмечена при безотвальной обработке – 0,70…0,91.

Плотность сложения почвы без удобрений при отвальной обработке составляла 1,14…1,21 г/см^3; при безотвальной – 1,19…1,22 г/см^3; при комбинированной – 1,14…1,17 г/см^3. Удобрения снижали величину этого показателя на 0,01…0,04 г/см^3. При отвальной и безотвальной обработках она повышалась на 0,03…0,05 г/см^3 за ротацию, что связано с ухудшением структуры почвы.

Наименьшие коэффициенты водопотребления определены при отвальной системе с внесением удобрений – 9,2…10,2 мм/т. Рост величины этого показателя в 1987–1989 гг. связан с большим (на 17…43 %) количеством осадков, чем в другие периоды исследований.

Установлено некоторое увеличение способности почвы к оструктуриванию при комбинированной обработке. Так, индекс нестабильности агрегатов в этом варианте находился на уровне 10,0…10,2, что выше, чем при отвальной обработке, на 2…6 %.

Урожайность сахарной свёклы в 1987–1989 гг. составила 24,9…34,6 т/га, при сахаристости корнеплодов 16,8…17,9 %; в 1994–1996 гг. – 23,8…35,2 т/га и 17,7…18,2 %; в 2012–2014 гг. – 25,1…44,1 т/га и 16,2…16,9 % соответственно (табл. 3). Наибольшая величина этого показателя при отвальной и комбинированной обработке зафиксирована в варианте с применением $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т навоза на 1 га севооборотной площади в 2012–2014 гг. (43,3…44,1 т/га). Самый низкий ее уровень отмечен при безотвальной обработке без удобрений в 1994–1996 гг. (23,8 т/га).

Поскольку содержание питательных элементов в почве увеличивалось, росла и продуктивность сахарной свёклы. Так, урожайность при отвальной обработке в контроле в 1987–1989 гг. составляла 30,5 т/га; в 1994–1996 гг. – 24,3 т/га; в 2002–2004 гг. – 31,6 т/га; в 2012–2014 гг. – 34,4 т/га. При внесении удобрений сбор корнеплодов увеличивался, однако по мере улучшения влагообеспеченности их эффективность снижалась. Так, в 1987–1989 гг. количество осадков за вегетацию составило 407 мм, прибавка урожайности 4,0…6,9 т/га, или 13…30 %, в 1994–1996 гг. сумма осадков – 284 мм, а прибавка урожайности – 10,1…10,9 т/га, или 28…45 %.

Сахаристость корнеплодов в варианте без удобрений была наибольшей –

2. Агрофизические свойства пахотного слоя (0…30 см) почвы в зависимости от её обработки и удобрений при возделывании сахарной свёклы

Годы	Коэффициент структурности		Коэффициент водопрочности		Плотность сложения, г/см^3		Твёрдость, МПа		Коэффициент водопотребления, мм/т	
	контроль	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	контроль	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	контроль	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	контроль	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	контроль	$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза
Отвальная обработка почвы										
1987–1989	3	2,7	0,9	0,87	1,14	1,13	1,54	1,57	18,3	16,2
1994–1996	2,4	2,2	0,89	0,85	1,19	1,17	1,69	1,57	13,2	10,2
2012–2014	2,3	2,6	0,87	0,88	1,19	1,17	1,22	1,43	13,8	10,6
Безотвальная обработка почвы										
1987–1989	2,6	2,5	0,89	0,89	1,19	1,17	2,14	2,01	22,6	17,6
1993–1996	2,3	2,2	0,87	0,79	1,21	1,18	2,51	2,88	15	10,7
2012–2014	3,0	2,3	0,94	0,88	1,24	1,18	1,45	1,55	15,8	10,8
Комбинированная обработка почвы										
1987–1989	2	2	0,91	0,9	1,14	1,14	1,82	1,67	20,3	16,4
1993–1996	2,5	3,2	0,94	0,86	1,17	1,13	1,7	1,7	14	10,4
2012–2014	2,7	3,3	0,95	0,87	1,16	1,12	1,42	1.22	13,5	10,3
Оптимальные величины [10]	1,9…4,9		0,81…0,95		1,11…1,17		1,20…1,70		–	

3. Продуктивность сахарной свёклы

Система удобрений (фактор В)	Урожайность, т/га				Сахаристость, %			
	1987–1989 гг.	1994–1996 гг.	2002–2004 гг.	2012–2014 гг.	1987–1989 гг.	1994–1996 гг.	2002–2004 гг.	2012–2014 гг.
Отвальная обработка почвы (фактор А)								
Контроль	30,5	24,3	31,6	34,4	18,3	18,3	16,6	16,8
$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза	36,4	34,4	40,0	38,4	17,1	18,1	16,2	16,5
$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	34,5	35,2	39,9	44,1	16,8	18,2	16,7	16,2
Безотвальная обработка почвы (фактор А)								
Контроль	24,8	23,8	28,0	25,1	17,8	18,2	16,5	16,7
$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза	32,6	32,2	38,9	31,7	16,8	18,1	16,4	16,4
$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	31,8	30,4	40,1	39,8	16,8	18,2	16,2	16,2
Комбинированная обработка почвы (фактор А)								
Контроль	28,1	23,3	30,2	33,6	17,9	18,0	17,1	16,9
$N_{45}P_{45}K_{45}$ + 5,5 т навоза	34,3	33,1	41,2	38,4	16,9	17,9	16,2	16,6
$N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза	34,6	33,9	42,9	43,3	17,0	17,7	16,2	16,4
$НСР_{05\ фактор\ А}$	2,2	1,8	2,4	2,6	0,5	0,4	0,3	0,3
$НСР_{05\ фактор\ В}$	1,7	1,3	2,0	2,4	0,4	0,5	0,4	0,4
$НСР_{05\ АВ}$	2,8	2,0	2,6	2,7	0,6	0,7	0,5	0,5

16,6…18,3 %, а при их использовании она снижалась на 0,1…0,9 %.

В целом за 30 лет исследования содержание азота нитрификации при внесении $N_{59}P_{59}K_{59}$ + 11 т навоза на 1 га севооборотной площади увеличилось до 42…52 мг/кг, что составило 60…70 % от высокой обеспеченности почвы этим элементом питания, подвижного фосфора – до123…155 мг/кг, или 60…80 %, калия – до 135…180 мг/кг, или 75…100 % соответственно. Наибольшее содержание элементов в почве установлено при отвальной системе обработки.

Коэффициент структурности почвы за годы исследований варьировал от 2,0 до 3,3, при оптимальной величине этого показателя 1,9…4,9, коэффициент водопрочности – от 0,79 до 0,95 (оптимальный 0,81…0,95), плотность сложения – от 1,12 до 1,24 г/см^3 (1,11…1,17 см^3), твердость – от 1,22 до 2,51 Мпа (1,20…1,70 Мпа). Фактор стабильности физических свойств почвы – ее высокая способность к оструктуриванию (фактор структурности 90…95 %).

Наибольшая величина этого показателя (33,9…44,1 т/га) зафиксирована при внесении $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т навоза на 1 га севооборотной площади на фоне отвальной и комбинированной систем обработки почвы в севообороте, при безотвальной она составила 30,4…40,1 т/га, или на 3…23 % меньше.

Повышенная обеспеченность чернозёма выщелоченного подвижным фосфором и высокая – калием, физические свойства в течение всего периода наблюдений свидетельствуют о большой устойчивости почвы к антропогенным воздействиям.

Для получения высоких и стабильных урожаев сахарной свёклы хорошего качества, увеличения содержания питательных элементов в почве и стабилизации её физических свойств необходимо использовать комбинированную или отвальную систему основной обработки почвы в плодосменном севообороте ЦЧР с внесением $N_{59}P_{59}K_{59}$ и 11 т навоза на 1 га севооборотной площади.

Литература.

1. Влияние агротехнических приёмов на агрохимические свойства чернозёма типичного / В. Д. Соловиченко, Е. В. Навальнева, А. Г. Ступаков и др. // Эволюция и деградация почвенного покрова: Сборник статей Международной научно-практической конференции. Белгород: Издательство Белгородского ГАУ им. В. Я. Горина, 2015. С. 325–326.

2. Гармашов В. М., Турусов В. И., Гаврилова С. М. Изменение свойств чернозёма обыкновенного при различных способах основной обработки // Земледелие. 2014. № 6. С. 17–19.

3. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Воронежской области / под общей ред. А. В. Гордеева. Воронеж: Квадра, 2013. 446 с.

4. Трофимова Т. А. Научные основы совершенствования основной обработки и регулирования плодородия почв в ЦЧР: автореф. дисс. … д-ра с.-х. наук. Воронеж, 2014. 47 с.

5. Агрохимические методы исследования почв / Под редакцией А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.

6. Методическое руководство по изучению почвенной структуры / под ред. И. Б. Ревута, А. Н. Роде. Л.: Колос, 1969. 527 с.

7. Барштейн Л. А., Гизбуллин Н. Г. Методика исследований по сахарной свёкле. Киев: ВНИС, 1986. 262 с.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 414 с.

9. Сычев В. Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимодействи. М.: Издательство ЦИНАО, 2003. 228 с.

10. Агрохимия / под ред. Б. А. Ягодина. М.: Колос, 1982. 574 с.

11. Королев В. А. Современное физическое состояние чернозёмов центра Русской равнины. Воронеж: ГУП ВО Воронежская областная типография. Издательство им. Е.А. Болховитинова, 2008. 313 с.

Influence of Soil Tillage and Fertilizers on Soil Nutritive Regime and Physical Properties in Cultivation of Sugar Beet

O. K. Borontov, P. A. Kosyakin, E. N. Manaenkova

A. L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, pos. VNIISS, 86, Ramonskii r-n, Voronezhskaya obl., 396030, Russian Federation

Abstract. *In a nine-field crop rotation in the forest-steppe part of the Central Chernozem region, the influence of tillage and fertilizers on dynamics of agrophysical and agrochemical properties of leached chernozem was determined in 1985–2014. The aim of the experiment was to improve the agrotechnics of sugar beet cultivation. We tested 3 tillage systems (moldboard, nonmoldboard, combined), and 3 fertilizing systems: the control without fertilizers; N45P45K45 + manure 5.5 t/ha of crop rotation area; N59P59K59 + manure 11 t/ha of crop rotation area. The content of nitrogen of nitrification was 28 mg/kg at the beginning of the experiment; it increased to 49 mg/kg at the moldboard and combined tillage and to 52 mg/kg at the nonmoldboard one with the application of N59P59K59 + manure 11 t/ha. The content of mobile phosphorus increased from 52 mg/kg to 123–124 mg/kg at the nonmoldboard and combined tillage, and to 155 mg/kg at the moldboard one with the application of N59P59K59 + manure 11 t/ha. The content of exchange potassium increased from 80 mg/kg to 180 mg/kg with the moldboard tillage and to 161 mg/kg with the nonmoldboard one. Structure coefficients decreased from 3.0 to 2.3 at moldboard and nonmoldboard tillage methods, but they increased from 2.0 to 2.7 at the combined tillage without fertilizers and to 3.3 at the combined tillage with the application of N59P59K59 + manure 11 t/ha. Soil density was optimal and amounted to 1.13–1.24 g/cm3. Water consumption coefficient of sugar beet varied from 9.2 to 22.6 mm/t; it depended on agrotechnics and precipitation. Sugar beet plants consumed moisture more economically with the moldboard tillage and application of N59P59K59 + manure 11 t/ha. The greatest sugar beet yield of 44.1 t/ha and sugar yield of 7.1 t/ha were obtained at the moldboard tillage with the application of N59P59K59 + manure 11 t/ha. The nonmoldboard tillage reduced the yield by 3–23%.*

Keywords: *tillage; fertilizers; physical properties of chernozem; content of nutrients in soil; sugar beet; productivity; crop rotation.*

Author Details: *O. K. Borontov, D. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: vniiss@mail.ru); P. A. Kosyakin, Cand. Sc. (Agr.), research fellow; E. N. Manaenkova, research fellow.*

For citation: *Borontov O. K., Kosyakin P. A., Manaenkova E. N. Influence of Soil Tillage and Fertilizers on Soil Nutritive Regime and Physical Properties in Cultivation of Sugar Beet. Zemledelije. 2019. No. 2. Pp. 33–35 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044- 3913-2019-10209.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10210
УДК 631:531.28:358

Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева

И. А. ФИЛАТОВА, старший научный сотрудник (e-mail: niish1c@mail.ru)
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева, квартал 5, 21, пос. 2 участка Института имени Докучаева, Таловский р-н, Воронежская обл., 397463, Российская Федерация

Исследования проводили в 2016–2018 гг. в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева. Цель работы – изучить влияние нормы высева на урожайность, элементы её структуры и морфологические признаки растений гороха. Материалом для исследования служили перспективные сортообразцы Л-4/13, Л-9/13, Л-12/13, Л-113/13, а также сорт местной селекции Фокор. Образцы высевали нормами 1,5 млн всхожих семян/га, 1,2 млн шт./га и 1,0 млн шт./га в трехкратной повторности. Учитывали урожайность, высоту растения, высоту прикрепления нижнего (первого) боба, количество узлов на растении и узлов до первого боба, количество плодоносящих узлов, всего бобов и количество семян на растении, количество семян в бобе, массу семян с растения, массу 1000 семян, коэффициент размножения. Увеличение нормы высева гороха с 1,0 млн шт./га до 1,5 млн шт./га обеспечивало прибавку урожая у всех испытуемых образцов. В среднем в 2016 г. она составила 0,4 т/га, в 2017 г. – 0,28 т/га, в 2018 г. – 0,13 т/га. При увеличении нормы высева на 0,5 млн шт./га уменьшалось количество плодоносящих узлов, количество бобов на растении, количество семян на растении, а также масса семян с растения в 2016 г. на 0,6 шт.; 1,4 шт.; 3,8 шт.; 0,6 г., в 2017 г. – 0,7 шт.; 1,3 шт.; 4,4 шт.; 0,9 г, в 2018 г. – 0,3 шт.; 0,7 шт.; 3,6 шт.; 0,5 г соответственно. На количество семян в бобе, массу 1000 семян, отношение семян к соломе, сохранность растений к уборке густота стояния не влияла. Коэффициент размножения увеличивался при снижении густоты посевов в среднем на 41 % при уменьшении нормы высева с 1,5 млн шт./га до 1,0 млн шт./га и на 27 % при снижении с 1,5 млн шт./га до 1,2 млн шт./га.

Ключевые слова: *горох посевной (Pisum sativum L.), продуктивность, элементы продуктивности, норма высева, коэффициент размножения.*

Для цитирования: *Филатова И. А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева // Земледелие. 2019. № 2. С. 36–38. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10210.*

На обеспеченность растений гороха элементами питания оказывает влияние множество факторов, основные из которых почвенно-климатические, агротехнические и морфо-биологические. Эти факторы также вносят значительный вклад в формирование продуктивности. В своих высказываниях Тимирязев К. А. отмечал, что «предел плодородия данной площади земли определяется не количеством удобрения, которое мы могли бы ей поставить, не количеством влаги, которой мы её оросим, а количеством световой энергии, которую посылает на данную поверхность солнце» [1]. Активное введение в производство сортов гороха с усатой формой листа, агроценоз которых значительно отличается от листочковых, меняет подход к агротехнике возделывания культуры. Освещенность внутри травостоя у них в период цветения выше, чем у обычных сортов в 3,7...4,0 раза [2].

Оптимально подобранная норма высева позволяет растениям в большей степени адаптироваться к погодным условиям [1]. Поэтому при ее определении необходимо изначально планировать густоту стояния растений для формирования наибольшей продуктивности в производственных посевах при наименьших затратах труда и средств [3, 4]. В семеноводстве агротехнические мероприятия должны быть направлены на увеличение коэффициента размножения и скорейшего распространения в производстве [5].

Достаточно актуальным вопросом при возделывании гороха остается установление оптимальной нормы высева семян, при которой сохранялся бы урожайный потенциал культуры и не снижались технологические характеристики сортов, прежде всего, устойчивость к полеганию [6, 7].

Цель исследований – изучить влияние нормы высева на урожайность, элементы её структуры и морфологические признаки растений гороха.

Условия, материалы и методы. Эксперименты проводили в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева в 2016–2018 гг. Посевы гороха располагали в зернопаровом селекционном севообороте, предшественник – яровая пшеница. Почва представлена высокоплодородным обыкновенным черноземом. Агрохимическая характеристика слоя почвы 0...40 см: гумус – 6,8 % (по Тюрину в модификации Никитиной, ГОСТ 23740-79); валовые запасы азота – 0,29 % (по Гинзбургу), фосфора – 0,18 % (по Гинзбургу и Щегловой), калия – 1,7 % (по Ожигову). Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, pH солевой вытяжки – 7,1 (по Алямовскому). Сумма поглощенных оснований – 50,1 мг-экв./100 г (по Каппену), гидролитическая кислотность – 0,69 мг-экв./100 г почвы (по Алямовскому).

Погодные условия в 2016–2017 гг. сложились достаточно благоприятно для роста и развития гороха. Средняя урожайность по годам была равна 2,9 т/га (2016 г.) и 2,4 т/га (2017 г.). Сумма активных температур за период вегетации составляла 1387 °С и 1333 °С, сумма осадков – 164 мм и 148 мм, ГТК по Селянинову – 1,2 и 1,1 соответственно. Крайне неблагоприятным для гороха оказался 2018 г. Наряду с хорошей влагообеспеченностью до всходов, в апреле выпало 58 мм осадков, или 181 % от нормы, что снабдило семена достаточным количеством влаги для формирования дружных всходов и стартового роста. Однако за период с 1 мая до 16 июля, когда у большинства образцов отмечали полную спелость, выпало всего 24 мм осадков, при сумме активных температур 1357 °С, ГТК составил 0,2, что соответствует экстремальной засухе.

В качестве материала для исследования использовали четыре перспективные линии Л-4/13, Л-9/13, Л-12/13, Л-113/13, а также сорт местной селекции Фокор. Все образцы обладали усатым типом листа, сорт

1. Некоторые наиболее вариабельные показатели структуры урожая гороха при изменении нормы высева

Образец (фактор А)	Норма высева (фактор В)	Урожайность, т/га			Количество семян с растения, шт.			Масса семян с растения, г		
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Фокор	1,0	2,37	2,32	1,45	18,2	25,3	14,6	3,23	5,25	2,34
	1,2	2,92	2,52	1,29	17,4	21,5	10,2	3,13	4,45	1,61
	1,5	3,01	2,63	1,36	13,9	20,3	9,7	2,64	4,15	1,55
Л-4/13	1,0	2,71	2,15	1,51	19,3	26,0	11,0	3,67	5,57	1,86
	1,2	3,05	2,47	1,56	16,6	25,0	10,5	3,09	5,78	1,75
	1,5	3,11	2,68	1,53	13,9	24,5	8,4	2,76	4,98	1,43
Л-12/13	1,0	2,84	2,33	1,49	17,0	25,9	11,9	3,40	5,10	1,76
	1,2	3,12	2,48	1,56	18,1	24,1	10,8	3,52	4,88	1,72
	1,5	3,26	2,41	1,76	14,5	21,9	10,0	2,88	4,22	1,83
Л- 9/13	1,0	2,96	1,92	1,41	17,4	24,4	13,5	3,20	5,02	2,12
	1,2	2,75	2,37	1,27	16,0	25,8	10,6	2,87	5,11	1,79
	1,5	3,12	2,36	1,51	15,6	20,1	8,3	2,82	4,15	1,33
Л- 113/13	1,0	2,82	2,64	1,23	21,2	26,0	12,1	3,49	5,13	1,83
	1,2	2,80	2,56	1,39	18,3	21,8	9,8	3,09	4,12	1,52
	1,5	3,22	2,68	1,60	16,1	18,5	8,6	2,85	4,02	1,42
$НСР_{05}$		0,28	0,26	0,20	3,1	5,1	2,4	0,5	1,07	0,40
Среднее	1,0	2,74	2,27	1,42	18,6	25,5	12,6	3,4	5,2	2,0
	1,2	2,93	2,48	1,41	17,3	23,6	10,4	3,1	4,8	1,7
	1,5	3,14	2,55	1,55	14,8	21,1	9,0	2,8	4,3	1,5
Влияние фактора, %	А	14,7*	17,3*	21,8*	6,6	5,4	3,7	4,6	12,2*	3,4
	В	41,1*	13,5*	10,6	24,9*	14,9*	29,4*	22,8*	12,9*	18,4*
	АВ	19,4*	8,7	15,8	6,1	5,4	5,9	5,4	4,7	10,7

** – достоверно на 5 % уровне значимости.*

Фокор и Л-9/13 имели признак неосыпаемости.

Изучали три нормы высева – 1,5 млн шт./га, 1,2 млн шт./га и 1,0 млн шт./га. Площадь учетной делянки 10 м², повторность трехкратная. Перед уборкой, в фазе полной спелости, с 2-х площадок по 0,25 м², находящихся на несмежных рядках, отбирали снопoвой материал для выполнения структурного анализа. Учитывали высоту растения, высоту прикрепления нижнего (первого) боба, количество узлов на растении и узлов до первого боба, количество плодоносящих узлов, бобов и семян на растении, количество семян в бобе, массу семян с растения, массу 1000 семян, урожайность, коэффициент размножения [8]. Семенную продуктивность сортообразцов оценивали по коэффициенту размножения, который рассчитывали как отношение числа собранных семян с 1 м² к количеству высеянных. Статистическую обработку результатов выполняли с помощью надстройки Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов [9].

В благоприятные годы обычно отмечают положительное влияние увеличения нормы высева на урожайность гороха [10]. В 2016 г., когда средний сбор семян с 1 га составил 2,94 т, прибавка урожая при норме высева 1,5 млн шт./га к норме высева 1,0 млн шт./га составила от 5,1 % (Л-9/13) до 21 % (Фокор). В 2017 г. рост урожайности отмечен только у 3 образцов Фокор – на 11,8 %, Л-4/13 – на 19,8 %, Л-9/13 – на 18,6 %, у линий Л-12/13 и Л-113/13 достоверных различий не фиксировали (табл. 1). В засушливом 2018 г. увеличение нормы высева на 0,5 млн шт./га достоверно обеспечило прибавку только у Л-113/13 – на 23 %, тенденция к увеличению проявилась у Л-12/13 – 15 %. Различия между продуктивностью образцов, высеянных нормой 1,2 млн шт./га и 1,0 млн шт./га, а также 1,2 млн шт./га и 1,5 млн шт./га, были слабо выражены и находились в пределах ошибки опыта.

Стабильными признаками (определяющими продуктивность образца), не зависившими от нормы высева, были количество семян в бобе (степень влияния по годам 2,4...12,3 %), масса 1000 семян (0,5...6,4 %), отношение семян к соломе 0,5...11,5 %), сохранность растений к уборке (0,1...7,4 %). Под воздействием густоты стеблестоя больше всего изменялись количество плодоносящих узлов (16,5...20,4 %), количество бобов (18,2...30,7 %), семян на растении (14,9...29,4 %), масса семян с растения (12,9...22,8 %). При повышении нормы высева величины этих показателей уменьшались.

Отдельно следует выделить показатели, определяющие струк-

2. Коэффициент размножения перспективных сортообразцов гороха

Образец	Норма высева	Коэффициент размножения				Отклонение от варианта с нормой высева 1,5 млн шт./га, %
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	
Фокор	1,0	16,2	20,3	18,0	18,2	+50
	1,2	14,8	17,3	14,0	15,4	+13
	1,5	11,4	13,7	11,2	12,1	
Л-4/13	1,0	18,9	18,4	14,9	17,4	+45
	1,2	15,4	19,2	14,3	16,3	+36
	1,5	10,7	14,3	10,9	12,0	
Л-12/13	1,0	17,9	15,9	15,8	16,5	+35
	1,2	14,3	19,9	13,8	16,0	+31
	1,5	10,9	14,5	11,2	12,2	
Л- 9/13	1,0	14,1	17,3	15,8	15,7	+31
	1,2	15,2	17,8	14,8	15,9	+33
	1,5	10,9	14,8	10,3	12,0	
Л- 113/13	1,0	20,6	24,1	16,3	20,3	+42
	1,2	14,8	18,6	13,8	15,7	+10
	1,5	14,1	17,2	11,7	14,3	
Среднее	1,0	17,5	19,2	16,2	17,6	+41
	1,2	14,5	18,6	13,7	15,9	+27
	1,5	11,6	14,9	11,1	12,5	

туру стебля растения гороха. Так, в результате исследований было выявлено, что стабильными оставались количество узлов на растении (2,2...7,7 %) и количество узлов до первого боба (1,4...3,4 %). Загущение посевов приводило к увеличению высоты растений. При этом отмечали рост длины стебля от корня до места прикрепления 1-го (нижнего) боба. В среднем по всем образцам в 2016 г. она увеличилась на 3,8 см, в 2017 г. – на 4,2 см. В условиях экстремальной засухи 2018 г., когда усилилась конкуренция за питание, отмечали лучшее развитие гороха в более разреженных посевах. Высота растений при норме высева 1,0 млн шт./га составляла 54,4 см, при высеве 1,2 млн шт./га она снижалась на 2,6 см, 1,5 млн шт./га – еще на 2,4 см. В итоге различия по величине этого показателя в вариантах с нормами высева 1,0 млн шт./га и 1,5 млн./га составили 5 см. Разница по высоте прикрепления первого (нижнего) боба была равна 3,5 см. Даже у таких константных показателей как количество узлов на растении и количество узлов до 1-го боба отмечали некоторое увеличение при снижении нормы высева.

Наибольший коэффициент размножения отмечен при посеве гороха нормой 1,0 млн шт./га. Превосходство над вариантом 1,5 млн шт./га составило 41 %, над нормой 1,2 млн шт./га – 27 % (табл. 2).

Самым высоким коэффициент размножения был у перспективного образца Л-113/13 при норме высева 1,0 млн шт./га – 20,3 в среднем за 3 года.

Отзывчивыми на изменение густоты стеблестоя оказались сорт Фокор, образцы Л-4/13 и Л-113/13. Снижение нормы высева на 0,5 млн шт./га обеспечивало рост коэффициента размножения на 50 %, 45 % и 42 % соответственно. При норме высева 1,2 млн шт./га наибольшее его увеличение зафиксировано у образцов Л-4/13 (на 36 %), Л-12/13 (на 35 %) и Л-9/13 (на 33 %).

Таким образом, в результате исследований установлено, что изменение нормы высева в сторону увеличения с 1,0 млн до 1,5 млн на 1 га оказывает значительное положительное влияние на урожайность только в благоприятные по метеоусловиям годы. Сбор семян при этом в среднем увеличивается на 0,34 т/га. В засушливых условиях больший вклад в продуктивность образца вносят генотипические особенности – 21,8 %. Стабильны при изменении нормы высева количество семян в бобе, масса 1000 семян, отношение семян к соломе, сохранность растений к уборке. Наибольшее влияние изменение густоты стеблестоя оказывает на количество плодоносящих узлов, количество бобов, семян на растении, массу семян с растения. При увеличении нормы высева они снижались в среднем за три года на 18,8 %, 22,6 %, 21,2 % и 17,1 % соответственно.

Сорт Фокор и образец Л-4/13 характеризуются хорошей отзывчивостью на увеличение нормы высева в благоприятные по тепло- и влагообеспеченности годы, их урожайность при посеве нормой 1,5 млн шт./га, по сравнению с 1,0 млн шт./га, увеличивалась на 0,48 и 0,47 т/га соответственно. В условиях экстремальной засухи самым продуктивным при загущении посевов до 1,5 млн шт./га был сортообразец Л-12/13 (1,76 т/га), а наибольшую урожайность при высеве нормой 1,0 млн шт./га сформировала линия Л-4/13 (1,51 т/га).

При уменьшении нормы высева с 1,5 млн шт./га до 1,2 млн шт./га коэффициент размножения гороха, в среднем по образцам увеличивался на 27 %, а при снижении еще на 0,2 млн шт./га на 41 %.

Литература.

1. Филин В. В. Влияние норм высева, способов и видов посева на урожайность гречихи на южных черноземах Волгоградской области: дис. ... канд. с-х. наук. Волгоград, 2016. 133 с.

2. Диденко С. А. Особенности формирования продуктивности сортов гороха в зависимости от площади питания, нормы и глубины посева семян на обыкновенном черноземе приазовской зоны Ростовской области: дис. .... канд. с-х. наук. Персиановский, 2000. 155 с.

3. Якименко А. Ф. О способах посева гречихи // Зерновые культуры. 1991. № 2. С. 17–18.

4. Синягин И. И. Площади питания растений. М.: Россельхозиздат, 1975. 238 с.

5. Чупахина Н. А. Влияние норм высева и способов уборки на урожайность и посевные качества семян различных по морфотипу сортов гороха в условиях Орловской области: автореф. ... канд. с-х. наук. Орел, 2000. 22 с.

6. Тедеева А. А., Хохоева Н. Т., Абаев А. А. Влияние норм высева на освещенность, засоренность и полегаемость гороха // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 4. С. 38–43.

7. Столяров О. В. Влияние нормы высева и гербицидов на показатели азотфиксирующей деятельности и урожайность современных сортов гороха // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 2. С. 46–49.

8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. М: Колос, 1989. 195 с.

9. Гончар-Зайкин П. П., Чертов В. Г. Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации: М. «Современные тетради», 2003, С. 559–564.

10. Филатова И. А. Влияние норм высева гороха на формирование элементов продуктивности // Вестник Мичуринского ГАУ. 2018. № 2. С. 82–87.

Productivity of Pea and Elements of a Crop Structure Depending on Seeding Rates

I. A. Filatova
V. V. Dokuchaev Research Institute of Agriculture of the Central Black-Earth Zone, kvartal 5, 81, pos. 2 uchastka Instituta imeni Dokuchaeva, Talovskii r-n, Voronezhskaya obl., 397463, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out in 2016–2018 in V.V. Dokuchaev Research Institute of Agriculture of the Central Black-Earth Zone. The purpose of the research was to study the effect of seeding rate on yield, elements of its structure and morphological features of pea plants. The material for the study was promising varieties L-4/13, L-9/13, L-12/13, L-113/13, as well as a variety of local breeding 'Fokor'. All samples were sown at the seeding rate of 1.5 million seeds/ha, 1.2 million seeds/ha and 1.0 million seeds/ha in three-fold replication. The yield, plant height, height of attachment of the lower (first) bean, the number of nodes on the plant and the nodes before the first bean, the number of fruit bearing nodes, the total beans and the number of grains on the plant, the number of grains in the bean, the weight of seeds per plant, the weight of 1000 seeds, multiplication factor were analyzed. An increase in the pea seeding rate from 1.0 million seeds/ha to 1.5 million seeds/ha provided an increase in the yield for all the tested samples. On average, it amounted to 0.40 t/ha in 2016, 0.28 t/ha in 2017, and 0.13 t/ha in 2018. With an increase in the seeding rate by 0.5 million seed/ha, the number of fruit bearing nodes, the number of beans per plant, the number of grains per plant, and the mass of grain per plant decreased by 0.6 nodes, 1.4 beans, 3.8 seeds, 0.6 g, respectively, in 2016; by 0.7 nodes, 1.3 beans, 4.4 seeds, 0.9 g in 2017; by 0.3 nodes, 0.7 beans, 3.6 seeds, 0.5 g in 2018. The number of grains in the bean, the weight of 1000 grains, the ratio of grain weight to straw weight, the safety of plants to harvesting were not influenced by the standing density. The multiplication factor increased with a decrease in crop density on average by 41% with a decrease in the seeding rate from 1.5 million seeds/ha to 1.0 million seeds/ha and by 27% while decreasing from 1.5 million seeds/ha to 1.2 million seeds/ha.*

Keywords: *field pea (Pisum sativum L.); productivity; productivity elements; seeding rate; multiplication factor.*

Author Details: *I. A. Filatova, senior research fellow (e-mail: niish1c@mail.ru).*

For citation: *Filatova I. A. Productivity of Pea and Elements of a Crop Structure Depending on Seeding Rates. Zemledelije. 2019. No. 2. Pp. 36–38 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044- 3913-2019-10210.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10211
УДК 633.174.1

Использование многокритериальной оценки в селекции сорго сахарного

А. В. АЛАБУШЕВ, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, директор (e-mail: vniizk30@mail.ru)
А. Е. РОМАНЮКИН, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Н. А. КОВТУНОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: n-beseda@mail.ru)
Е. А. ШИШОВА, аспирант
В. В. КОВТУНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Аграрный научный центр «Донской», пос. Научный городок, 3, Зерноград, 347740, Российская Федерация

Цель работы – анализ селекционного материала сорго сахарного по ряду хозяйственных признаков с использованием многокритериальной оценки для выделения сортов, отвечающих требованиям модели сорта. Исследования проводили в 2016–2018 гг. в Аграрном научном центре «Донской» (Ростовская область). Почвенный покров опытного участка представлен обыкновенным карбонатным черноземом. Объект исследований – 13 сортообразцов сорго сахарного селекции центра, вовлеченные в конкурсное сортоиспытание. Опыты выполняли в соответствии с методическими указаниями по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур, методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. По урожайности зеленой массы 5 сортообразцов находились на уровне модельного сорта (более 45 т/га) – Д-3868, КД-388, Сахарное 105/3, Феникс, Лиственит. Для основных хозяйственных признаков, по которым вели селекционную работу (урожайность зеленой массы, продолжительность вегетационного периода, высота растений, размеры листа и их количество, содержание сахаров в соке стеблей), с использование программ Excel и Statistica 10.0 были рассчитаны стандартные отклонения, весовые коэффициенты, интегральные оценки сортообразцов. По результатам многокритериального анализа, выполненного по С. П. Мартынову, установлены критерии оценки (основные хозяйственные признаки) и их вклад в формирование перспективности образцов, а также величины этих показателей, которые должны быть характерны для модели сорта. Самую высокую интегральную оценку получили сортообразцы Феникс (2,67), Южное (3,80) и сорт Дебют (4,29). Образцы Южное и Феникс по результатам многолетних исследований в 2019 г. были переданы на государственное сортоиспытание, сорт Дебют внесен в Государственный реестр селекционных достижений с 2003 г. Таким образом, многокритериальную оценку можно использовать в селекционном процессе для выделения образцов, отвечающих требованиям селекционных программ.

Ключевые слова: *сорго, урожайность, зеленая масса, модель сорта, критерии оценки, хозяйственно-ценные признаки.*

Для цитирования: *Использование многокритериальной оценки в селекции сахарного сорго / А. В. Алабушев, А. Е. Романюкин, Н. А. Ковтунова и др. // Земледелие. 2019. № 2. С. 39–41. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10211.*

В засушливых районах Северного Кавказа часто повторяющиеся засухи резко снижают производство зелёных и сочных кормов. В таких климатических условиях перспективно выращивание сорго сахарного, отличающегося засухоустойчивостью и стабильностью урожаев по годам [1, 2]. Исключительная засухоустойчивость, неприхотливость к почвам, высокая продуктивность, хорошее качество зеленной массы – все это делает его незаменимым в зеленом конвейере. Распространение этой культуры сдерживает отсутствие широкого набора новых сортов, хорошо адаптированных к местным условиями, пригодных для рентабельного семеноводства [3]. Современные сорта должны отвечать многим требованиям, в том числе обладать высокой и устойчивой по годам урожайностью в заданных почвенно-климатических условиях, пригодностью к комплексной механизации возделывания и уборке, высоким качеством продукции, а также обеспечивать экономическую эффективность возделывания [4, 5, 6]. Поэтому оценка новых сортов по основным хозяйственно-ценным признакам – обязательное условие успешной селекционной работы. В этом может помочь метод многокритериальной оценки, который используют в селекционной работе со многими сельскохозяйственными культурами [7].

Цель работы – анализ селекционного материала сорго сахарного по ряду хозяйственных признаков с использованием многокритериальной оценки для выделения генотипов, отвечающих требованиям модели сорта.

Эксперименты выполняли в 2016–2018 гг. в АНЦ «Донской», расположенном в зоне неустойчивого увлажнения (г. Зерноград Ростовской области). Почвенный покров опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый со следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH–7,1; $CaCO_3$ – 2,2 %, гумус – 3,2...3,4 %; P_2O_5 – 18...25 мг/кг; K_2O – 320...360 мг/кг. Почва имеет мелкозернистую структуру, рыхлое сложение, обладает хорошей влагоемкостью и воздухопроницаемостью [8, 9]. Отбор проб почвы осуществляли по ГОСТ-28168-89, азот в почве определяли по ГОСТ-26951-86, подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ-26205-91.

Объект для исследований – 10 новых сортообразцов сорго сахарного, селекции центра, вовлеченные в конкурсное сортоиспытание – ЗР-454/32, Костер, Южное, КД-388, ДК-3868, Феникс, ЗСР-441, Сахарное 105/3, ОК-1798, СК-44/1634, и три сорта – Зерноградский янтарь (стандарт), Дебют, Лиственит.

Опыты проводили в соответствии с методическими указаниями по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур, методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и методикой полевого опыта [10, 11, 12]. Посев осуществляли в I декаде мая широкорядным способом с междурядьем 70 см, учетная площадь делянок 25 м^2, повторность 4-кратная. Норма высева – 200 тыс. всхожих семян на 1 га.

Многокритериальный анализ выполняли по С. П. Мартынову [13]. Согласно этому методу выделяли критерии оценки (в наших исследованиях это продолжительность вегетационного периода, высота растений, длина и ширина листа, содержание сахаров в соке стеблей, урожайность зеленой массы) и их вклад в интегральную оценку образцов (p_k), а также определяли величины этих показателей, которые должны быть характерны для модели сорта. Затем составляли матрицу, в которой рассчитывали стандартное отклонение (s) и разницу каждого сортообразца от параметров модели по каждому критерию (признаку). После этого определяли интегральную оценку сортов:

$$w_i = pk \times N;$$

$$SD = \sum w_i \times (x_m - x_i) / s_i,$$

где w_i – весовой коэффициент; p_k – заданный вклад в интегральную оценку сортообразца; N – количество признаков; SD – значение интегральной оценки; x_m – желательный уровень признака; x_i – фактическое значение

1. Характеристика сортообразцов сорго сахарного конкурсного испытания (среднее за 2016–2018 гг.)

Сорт	Продол–жительность вегетационного периода, дни	Высота растений, см	Длина листа, см	Ширина листа, см	Количество листьев, шт.	Содержание сахаров, %	Сбор зеленой массы, т/га	Интегральная оценка (SD)
Зерноградский янтарь (st.)	113	171	63,7	6,2	9	12,6	34	8,94
Дебют	109	201	67,0	7,3	9	15,0	37	4,29
ЗР–454/32	117	216	60,7	6,0	9	9,6	39	9,53
Костер	107	157	54,7	4,8	9	11,6	32	9,80
Южное	108	199	63,0	7,8	9	11,6	38	3,80
КД–388	115	210	61,0	6,6	10	11,9	41	6,31
ДК–3868	120	228	68,0	6,8	12	8,2	41	8,04
Феникс	115	203	68,0	7,3	11	10,6	44	2,67
ЗСР–441	115	220	61,3	7,3	10	8,2	36	9,09
Сахарное 105/3	117	209	60,7	6,2	10	7,7	42	7,25
ОК–1798	114	208	57,7	7,7	10	8,7	38	7,68
Лиственит	123	214	63,7	6,8	12	9,7	46	5,39
СК–44/1634	113	191	54,0	6,2	11	9,4	35	9,07
Среднее по питомнику	114	202	60,9	6,7	10	10,4	38,8	7,10
$НСР_{05}$	–	–	–	–	–	–	2,7	–
Стандартное отклонение (s)	4,6	19,6	3,8	0,8	1	2,1	3,4	–
Модель сорта	110	200	65	7	11	10	40	–
Заданный вклад в интегральную оценку, p_k	0,30	0,05	0,05	0,10	0,10	0,05	0,35	–
Весовой коэффициент (w)	-2,1	-0,35	0,35	0,70	0,70	0,35	2,45	–

признака у сортообразца; s_i – стандартное отклонение.

Чем ниже интегральная оценка, тем ближе образец к модельному сорту.

Метеорологические условия в 2016–2018 гг. сложились не вполне благоприятно для роста и развития растений сорго. Осадки в период вегетации выпадали неравномерно. Так, в 2016 г. их сумма в мае составила 156,8 мм, что выше среднемноголетний нормы на 105,5 мм, или 205,6 %. Это привело к задержке с посевом на 10…15 дней. Условия летнего периода были засушливыми и жаркими. Высокая температура воздуха привела к сокращению периода выход в трубку–цветение на 5…10 дней. В 2017 г. сумма температур за период всходы–полная спелость составила 2816,0 °С при норме 2583,5 °С, осадков – 258,4 мм при среднемноголетнем количестве 267,8 мм. Распределение осадков по месяцам было приближено к среднемноголетнему. В 2018 г. температура воздуха в течение всей вегетации была выше среднемноголетней на 2,7…3,4 °С. Особенность 2018 г. заключалась в том, что осадки выпали к концу периода всходы–выметывание, что сильно отклоняется от многолетнего распределения, когда большая часть осадков выпадает в мае–июне. Дожди в июле привели к формированию подгонов, ветвистости растений.

Для снижения сроков селекционного процесса и создания сорта с желаемыми признаками с учетом особенностей почвенно-климатических условий региона на основании многолетнего изучения (2006–2018 гг.) была разработана модель сорта сахарного сорго, включающая следующие параметры:

урожайность зеленной массы – более 45 т/га,

продолжительность вегетационного периода – до 110 дней,

высота растения – до 200 см,

количество листьев – 9…12 шт.,

длина листа – 65 см,

ширина листа – 7 см,

содержание сахара в соке стеблей (для сортов силосного направления) – от 10 %.

Изученные в конкурсном испытании сорта сорго сахарного относятся к раннеспелой (до 110 дней) и среднеспелой (111…123 дней) группам спелости (табл. 1). Самыми раннеспелыми и подходящими под модель сорта по этому признаку были образцы Костер, Южное и сорт Дебют, позволяющие производить уборку зеленной массы на силос через 92…95 дней после посева на семена – через 107…109 дней.

Высота растений в фазе полной спелости варьировала от 157 см (Костер) до 228 см (ДК-3868). Корреляционный анализ указывает на то, что чем выше растение, тем больше сбор зеленой массы (r=0,62±0,05) [13]. Однако у форм с высотой более 200 см затруднена уборка семян, что учтено в модели сорта.

Лист – это наиболее питательный элемент зеленной массы сорго, размеры которого имеют тесную положительную связь с ее урожайностью (r=0,45-0,52±0,12) [13]. У изученных сортообразцов длина листа варьировала от 54 см (СК-44/1634) до 67 см (Дебют) при средней величине этого показателя у всех генотипов 61 см. Ширина листа варьировала от 4,8 см (Костер) до 7,8 см (Южное), при средней величине этого показателя 6,7 см. Количество листьев составляло 9…12 шт, то есть в целом все образцы соответствовали по параметрам облиственности модельному сорту.

Требование к содержанию сахаров в соке стеблей зависит от направления использования сорта. Так, у сортов силосного направления оно должно находиться в пределах 8…12 %; у сортов, предназначенных для переработки на спирт, сироп – более 15 % [14]. У сортообразцов конкурсного испытания величины этого показателя варьировали в диапазоне 8…15 %.

Сбор зеленной массы – главный показатель, по которому проводят отбор генотипов, составлял от 32 т/га (Костер) до 44 т/га (Феникс). Значительно превысили стандарт Зерноградский янтарь (34 т/га) 10 сортообразцов. Наиболее близкими по величине этого показателя к модели сорта были Феникс (44 т/га) и Лиственит (46 т/га).

Результаты многокритериальной оценки образцов сорго, суть которой заключается в анализе отклонений изучаемых генотипов от параметров модели сорта, показали, что наиболее перспективны образцы с наименьшими отклонениями. Они имели самые низкие интегральные оценки – это сортообразцы Феникс (2,67) и Южное (3,80), а также сорт Дебют (4,29).

Сорт Дебют с 2003 г. внесен в Государственный реестр селекционных достижений. Он создан методом самоопыления и отборов скороспелых и высокопродуктивных линий из среднеспелого сорта сорго сахарного Зерноградский янтарь. Сорт сочностебельный, раннеспелый, средней кустистости (2…3 стебля на растении), хорошо облиственный (30 %). Семена темно-коричневые, масса 1000 штук – 21…23 г.

Сортообразцы Южное и Феникс переданы на государственное сортоиспытание с 2019 г. (табл. 2).

Сортообразец сорго сахарного Южное создан в результате отбора раннеспелых, устойчивых к полеганию, сочностебельных форм из гибридной популяции, полученной от скрещивания образца коллекции К-388 и сорта Дебют. Он раннеспелый (период всходы–полная спелость – 108 дней,

2. Сравнительная характеристика сортообразцов Южное и Феникс (2016-2018 гг.)

Признак	Зерноградский янтарь, стандарт	Южное	Феникс
Урожайность зеленой массы на силос, т/га ($НСР_{05}$=2,7)	34,0	38	44,0
Урожайность абсолютно-сухого вещества, т/га ($НСР_{05}$=1,7)	10,3	12,5	14,1
Урожайность зерна, т/га ($НСР_{05}$=0,4)	2,3	2,8	2,8
Продолжительность периода «всходы – полная спелость», дней	113	108	115
Продолжительность периода «всходы – молочно-восковая спелость», дней	100	95	101
Содержание в зеленой массе сырого протеина, %	6,7	7,8	7,4
Содержание сахаров в соке стеблей, %	13,2	11,6	10,6

период всходы–молочно-восковая спелость – 95 дней), урожайность зелёной массы на силос – 38 т/га, абсолютно сухого вещества – 12,5 т/га, семян – 2,8 т/га, превышение над стандартом 4,0; 2,2; 0,5 т/га соответственно.

Сортообразец сорго сахарного Феникс выделен в результате отбора раннеспелых растений с высокой продуктивностью, интенсивностью начального роста и устойчивых к полеганию из гибридной популяции, полученной в результате естественного переопыления сорта Северное 44 смесью пыльцы. Он среднеспелый (период всходы–полная спелость – 115 дней, период всходы–молочно-восковая спелость – 101 день). Семена округлые, полупленчатые, светло-коричневые, масса 1000 шт. – 17,0 г. Урожайность зелёной массы на силос – 47,1 т/га, абсолютно сухого вещества – 14,1 т/га, семян – 2,8 т/га, превышение над стандартом 10,0; 3,8 и 0,5 т/га соответственно.

Южное и Феникс отличаются повышенной облиственностью (35…40 %), устойчивостью к поражению пыльной головней, бактериозом, к повреждению тлей. Рекомендуются для использования на зеленый корм и силос в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижне-Волжском регионах России.

Таким образом, многокритериальную оценку можно использовать в селекционном процессе для выделения сортов, отвечающих требованиям селекционных программ. Результаты проведенных исследований показали, что переданные на государственное сортоиспытание сортообразцы Южное и Феникс в наибольшей степени приближены к параметрам модели сорта и имеют наименьшие величины интегральной оценки (3,80 и 2,67 соответственно).

Литература.

1. Роль новых сортов сахарного сорго в укреплении кормовой базы в засушливых условиях Среднего Поволжья и Урала / В. В. Глуховцев, Л. Ф. Сыркина, А. К. Антимонов и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. №3 (47). С. 37–39.

2. Володин А. Б., Капустин С. И., Колодкин А. В. Комплексная оценка новых и перспективных сортов в условиях Ставропольского края // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 32–39.

3. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Кормовой потенциал гибридов сахарного сорго в засушливых условиях Центрального Предкавказья // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 4. С. 109–111.

4. Региональные особенности селекции суданской травы / Г. М. Ермолина, Н. А. Ковтунова, А. Е. Романюкин и др. // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 16–20.

5. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Создание исходного материала сорго для селекции в условиях Ставропольского края // Генофонд и селекция растений: тезисы докладов. Новосибирск: СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, 2017. С. 12–13.

6. Ковтунов В. В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3 (57). С. 47–49.

7. Бутовец Е. С. Многокритериальная оценка сортов сои на заключительном этапе селекции // Дальневосточный аграрный вестник. 2015. № 2 (34). С. 13–16.

8. Южно-Российские технологии ячменя / А. В. Алабушев, Н. Н. Коломийцев, И. Н. Лысенко и др. Ростов н/Д: ООО «Терра Принт», 2008. 272 с.

9. Ковтунова Н.А. Биологические особенности роста и развития суданской травы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 48-51.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М.: Госагропром СССР, 1989. 194 с.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: АльянС, 2014. 308 с.

12. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур. Л.: ВИР, 1968. 51 с.

13. Мартынов С. П. Метод многокритериального выбора на заключительном этапе селекции растений (методика) // Сельскохозяйственная биология. 1987. № 6. С. 122–124.

14. Беседа Н.А., Ермолина Г.М., Горпиниченко С.И. Закономерности наследования содержания сахаров в соке стеблей сорго сахарного // Труды КубГАУ. 2011. №3(30). С.145-147.

15. Алабушев А. В., Ковтунова Н. А., Романюкин А. Е. и др. Основные факторы повышения урожайности и качества зеленой массы сорго // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 50–55.

Use of Multi-Criteria Estimation in Sweet Sorghum Breeding

A. V. Alabushev, A. E. Romanyukin, N. A. Kovtunova, E. A. Shishova, V. V. Kovtunov

Agrarian Scientific Center “Donskoj”, pos. Nauchnyi gorodok, 3, Zernograd, 347740, Russian Federation

Abstract. *The aim of the work was to analyze the breeding material of sweet sorghum according to a number of economic traits using a multi-criteria assessment to identify varieties that meet the requirements of the variety model. The study was carried out in the Agricultural Research Center “Donskoy” (Rostov region) in 2016–2018. The soil of the experimental plot was represented by ordinary carbonate chernozem. The objects of the study were 13 sweet sorghum variety samples developed in the Center and involved in the Competitive Variety Testing. The experiments were carried out in accordance with the methodical recommendations for the study of collection samples of corn, sorghum and groat crops and with the methods of the State Commission on Variety Testing. Five variety samples ‘D-3868’, ‘KD-388’, ‘Sakharnoe 105/3’, ‘Feniks’, ‘Listvenit’ had green mass productivity at the level of the model variety (more than 45 t/ha). There were identified the main economic characteristics for which breeding work was carried out (the green mass productivity, the duration of a vegetation period, plant height, leaf size and quantity, sugar percentage in the stem sap). Using the Excel and Statistica 10.0 programs, we calculated the standard deviation, weight coefficient and integrated assessment of the varieties. The multi-criteria analysis was performed by Martynov’s, according to which there were identified the estimation criteria (main economic traits) and their contribution to the variety samples formation, as well as the values of these indicators, which should be characteristic of the variety model. The multi-criteria assessment of the sorghum varieties allowed identifying variety samples ‘Feniks’ (2.67), ‘Yuzhnoe’ (3.8) and variety ‘Debyut’ (4.29) with the best integral estimation. According to the study results variety samples ‘Feniks’ and ‘Yuzhnoe’ were sent to the State Variety Testing since 2019. Variety ‘Debyut’ was included into the State Register of Breeding Achievements in 2003. Thus, the multi-criteria assessment can be used in the breeding process to identify the varieties that meet the requirements of the breeding programs.*

Keywords: *sorghum; productivity; green mass; varietal model; criteria of estimation; economic traits.*

Author Details: *A. V. Alabushev, D. Sc. (Agr.), prof., member of the RAS (e-mail: vniizk30@mail.ru); A. E. Romanyukin, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; N. A. Kovtunova,; E. A. Shishova, post graduate student; V. V. Kovtunov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow.*

For citation: *Alabushev A. V., Romanyukin A. E., Kovtunova N. A., Shishova E. A., Kovtunov V. V. Use of Multi-Criteria Estimation in Sweet Sorghum Breeding. Zemledelije. 2019. No. 2. Pp. 39–41 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10211.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10212
УДК 632.51:635.21

Пространственное размещение сорных растений в посадках картофеля

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

Посадки картофеля обычно характеризуются сильной засоренностью и высокой вредоносностью сорных растений, что обусловлено длительным периодом появления всходов и низкой конкурентоспособностью культуры из-за пропашного типа возделывания. При этом сорная растительность, как известно, может иметь неравномерное распространение на поле, что дает возможность дифференцировать обработки гербицидами. Цель исследований – анализ пространственного размещения сорной растительности в посадках картофеля на Северо-Западе России. Работу проводили в 2014–2016 гг. на посадках картофеля агроэкологического стационара Меньковского филиала Агрофизического НИИ. Поле виртуально делили на 54 элементарных участка (10 × 10 м), в середине каждого из которых размещали постоянные площадки 1,4 м², на которых проводили детализированные учеты численности сорных растений в отдельности по видам. Для посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, оказалась характерна пространственная неравномерность распространения сорных растений, которую подтверждают высокие коэффициенты вариации (43 % и более) и агрегации (1,8 и более). Для многолетних сорных растений, особенно двудольных, отмечена значительно более выраженная пространственная неоднородность в структуре засоренности посадок картофеля. Неравномерное размещение сорных растений было следствием разного содержания элементов питания и кислотности почвы пахотного горизонта, обусловленного длительным применением минеральных удобрений согласно схеме опыта. Сильное варьирование численности доминантных видов сорных растений наблюдалось и в пределах отдельных уровней удобренности.

Ключевые слова: *картофель Solanum tuberosum L., сорные растения, пространственная структура засоренности, минеральные удобрения, коэффициент вариации.*

Для цитирования: *Шпанев А. М., Смук В. В. Пространственное размещение сорных растений в посадках картофеля // Земледелие. 2019. № 2. С. 42–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10212.*

Изучением пространственного размещения сорных растений в агроценозах активно занимаются за рубежом на протяжении трех последних десятилетий. Выявленная неоднородность их распространения послужила научной основой дифференцированного проведения гербицидных обработок, предусмотренного системой точного земледелия. Она обусловлена биологическими особенностями сорных растений, по-разному реагирующих на содержание гумуса и кислотность почвы, обеспеченность влагой и питательными веществами [1, 2, 3]. Кроме того, неравномерность их распространения связана с влиянием антропогенных факторов, а именно с неравномерной глубиной обработки почвы, неравномерным высевом культуры, внесением органических и минеральных удобрений [4, 5, 6].

Пространственному размещению сорной растительности по-прежнему уделяется мало внимания в отечественной науке и сельскохозяйственном производстве. Однако с интенсивным распространением технологий точного земледелия, ситуация должна поменяться. При этом для изучения особенностей пространственного размещения сорных растений хорошо подходят посадки картофеля, которые из-за растянутого периода появления всходов длительное время остаются без культурных растений.

Цель исследований – анализ пространственного размещения сорной растительности в посадках картофеля в условиях Северо-Запада России.

Исследования проводили на сорте картофеля Сударыня в 7-польном зернотравянопропашном севообороте, в котором предшественником служат многолетние травы 2 года пользования (тимофеевка луговая + клевер красный), на агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института в 2014–2016 гг. Стационар заложен в 1982 г. с целью оценки эффективности трех уровней минерального питания (низкий – $N_0P_0K_0$, средний – $N_{65}P_{50}K_{50}$, высокий – $N_{100}P_{75}K_{75}$), рассчитанных на урожайность культур, равную КПД ФАР 1, 2 и 3 %. Площадь поля – 0,6 га (30 × 200 м).

Система обработки почвы включала дискование пласта многолетних трав в два следа (МТЗ-82 + БДТ-3), зяблевую и весеннюю вспашки (John Deer + Kverneland 6), нарезку гребней (МТЗ-82 + КОН-2,8 ПМ), два довсходовых сплошных боронования и две послевсходовые междурядные обработки (МТЗ-82 + КОН-2,8 ПМ + БРУ-0,7), а также окучивание (МТЗ-82 + КОН-2,8 ПМ).

Участок, занимаемый агроэкологическим стационаром, расположен на озерно-ледниковой равнине. Почвенный покров сформирован дерново-слабоподзолистыми легкосуглинистыми почвами, развитыми на лёгком мореном суглинке. Мощность пахотного слоя – 23 см. Основные агрохимические показатели плодородия почвы в севообороте зависели от уровня удобренности (табл. 1).

Для изучения пространственного размещения сорных растений поле виртуально делили на 54 элементарных участка размером 10×10 м. В середине каждого из них размещали постоянные площадки 1,4 м², на которых осуществляли детализированные учеты численности сорных растений в отдельности

1. Физико-химические и агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы в агроэкологическом стационаре

Вариант	pH_{KCl}	Нг., мМоль 100 г⁻¹	Органическое вещество, %	Подвижные соединения, мг кг⁻¹		
				N	P_2O_5	K_2O
$N_0P_0K_0$	4,53	4,18	3,05	93	208	90
$N_{65}P_{50}K_{50}$	4,51	4,42	3,42	107	266	98
$N_{100}P_{75}K_{75}$	4,73	4,43	3,75	110	268	88

2. Пространственное размещение биологических групп сорных растений в посадках картофеля

Биологическая группа	Год	Численность, экз./м²			Коэффициент вариации, $K_{вар}$	Коэффициент агрегации, $K_{агр}$
		средняя	минимальная	максимальная		
Малолетние двудольные	2014	86	22	194	45,3	24,6
	2015	133	33	329	57,8	62,5
	2016	114	34	227	38,8	24,1
Многолетние двудольные	2014	2	0	8	109,5	2,6
	2015	1	0	4	171,4	2,0
	2016	2	0	19	200,0	10,7
Многолетние злаковые	2014	47	3	120	63,3	26,2
	2015	19	1	95	103,0	28,6
	2016	27	4	91	69,6	18,4

по видам. Всего за период вегетации культуры было проведено 11 учетов численности и один учет сырой фитомассы и высоты сорных растений. В анализе пространственного распространения сорных растений в посадках картофеля использовали данные первого учета, выполненного на 7-й день после посадки культуры.

При анализе пространственного размещения сорных растений рассчитывали коэффициенты вариации (стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности) и агрегации (отношение дисперсии к среднему значению). Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10 %, средней – от 10 до 20 % и значительной – более 20 % [7]. Коэффициент агрегирования равен 1 при случайном, больше 1 при групповом и меньше 1 при регулярном размещении особей [8].

Контурные карты пространственного размещения сорных растений в пределах посадок картофеля составляли в программе АФИ ГИС, разработанной в лаборатории информационного обеспечения точного земледелия Агрофизического НИИ.

По результатам проведенных исследований выявлена сильная засоренность посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав [9]. Численность сорных растений на 7-й день после высадки клубней варьировала по годам от 134 до 153 экз./м², в том числе малолетних двудольных – 86…133 экз./м², многолетних злаковых – 19…47 экз./м², многолетних двудольных – 1…2 экз./м². Из-за значительной доли многолетних злаковых видов для таких посадок был характерен корневищно-малолетний тип засоренности.

В отдельные годы исследований наблюдали сильное варьирование численности сорных растений в посадках картофеля. Различия между максимальными и минимальными значениями обилия малолетних двудольных видов составляли по годам 8,8, 10,0 и 6,7 раза, многолетних злаковых и двудольных видов еще больше (табл. 2). На сильную степень варьирования в размещении сорных растений на полях, занятых картофелем, указывают также высокие коэффициенты вариации, достигавшие 38,8…57,8 % для малолетних двудольных, 63,3…103,0 % – для многолетних злаковых. Самое неравномерное по площади поля размещение характерно для группы многолетних двудольных сорных растений, которая была представлена в основном осотом полевым (*Sonchus arvensis* L.), щавелем малым (*Rumex acetosella* L.) и чистецом болотным (*Stachys palustris* L.). Подтверждение такому распределению можно найти и в литературе [10, 11].

Массовыми видами сорных растений в посадках картофеля выступали марь белая (*Chenopodium album* L.), пырей ползучий (*Elitrigia repens* (L.) Nevski), пикульники (*Galeopsis* spp.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), дымянка аптечная (*Fumaria officinalis* L.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.). Неравномерность пространственного размещения в посадках картофеля была свойственна всем перечисленным видам. Коэффициенты вариации для пырея ползучего по годам составляли 70,4…106,1, мари белой – 51,9…101,7, пикульников – 81,4…90,4, фиалки полевой – 43,2…75,0 %, для других видов – значительно больше (табл. 3).

Величины коэффициентов агрегации, превышающие 1, свидетельствует о том, что все виды сорных растений характеризовались агрегированным (скученным, пятнистым) размещением на полях, занятых картофелем. Ближе всего к случайному распределению были фиалка полевая, дымянка аптечная и торица полевая.

Выявленная на основе коэффициентов варьирования и агрегации пространственная неравномерность засоренности посадок картофеля во многом обусловлена различиями в удобренности внутри каждого из полей,

3. Пространственное размещение доминантных видов сорных растений в посадках картофеля

Вид	Год	Численность, экз./м²			Коэффициент вариации, $K_{вар}$	Коэффициент агрегации, $K_{аг}$
		средняя	минимальная	максимальная		
Марь белая	2014	38	1	96	65,5	22,6
	2015	67	0	239	101,7	97,1
	2016	60	14	160	51,9	22,7
Пырей ползучий	2014	42	2	120	70,4	29,3
	2015	19	0	94	106,1	29,6
	2016	27	3	91	70,9	19,0
Пикульники	2014	24	1	119	85,6	25,0
	2015	9	0	37	81,4	8,5
	2016	27	3	96	90,4	30,6
Фиалка полевая	2014	3	0	11	75,0	2,4
	2015	17	2	37	43,2	4,3
	2016	9	2	21	49,6	3,0
Дымянка аптечная	2014	1	0	3	200,0	1,8
	2015	11	0	29	76,7	8,9
	2016	4	0	28	108,5	6,9
Редька дикая	2014	15	1	52	93,4	18,4
	2015	15	1	57	74,4	11,7
	2016	4	0	51	223,1	25,8
Торица полевая	2014	3	0	9	78,4	2,3
	2015	5	0	21	101,5	6,9
	2016	7	0	43	123,9	14,1

4. Влияние минеральных удобрений на численность доминантных видов сорных растений в посадках картофеля (2014–2016 гг.)

Вид	Численность, экз./м²								
	$N_0P_0K_0$			$N_{65}P_{50}K_{50}$			$N_{100}P_{75}K_{75}$		
	средняя	минимальная	максимальная	средняя	минимальная	максимальная	средняя	минимальная	максимальная
Пырей ползучий	32	0	120	36	2	91	31	1	120
Марь белая	18	0	96	57**	4	105	90**	26	239
Пикульники	7	0	29	32**	3	119	21**	1	86
Фиалка полевая	9	1	23	12*	1	37	8	0	29
Дымянка аптечная	5	0	29	5	0	28	5	0	27
Редька дикая	15	0	51	13	0	52	7**	0	57
Торица полевая	8	0	43	4**	0	22	2**	0	7

** Различия существенны при P≥0,95, ** – при P≥0,99*

5. Пространственное размещение доминантных видов сорных растений в посадках картофеля на разном фоне минерального питания

Вид	Вариант	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
		$K_{вар}$	$K_{агр}$	$K_{вар}$	$K_{агр}$	$K_{вар}$	$K_{агр}$
Марь белая	$N_0P_0K_0$	96,1	19,2	65,6	2,7	62,1	18,3
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	46,9	15,3	65,1	27,2	31,8	10,6
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	37,0	9,2	25,6	13,9	42,7	18,4
Пырей ползучий	$N_0P_0K_0$	65,2	29,6	113,7	43,4	52,3	8,4
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	68,2	18,7	80,4	17,5	86,4	29,8
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	66,8	30,0	105,5	20,2	62,5	16,7
Пикульники	$N_0P_0K_0$	44,9	2,0	74,0	2,7	75,7	7,8
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	60,7	21,1	56,8	4,7	53,3	18,0
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	43,2	6,5	64,2	7,8	90,1	28,7
Фиалка полевая	$N_0P_0K_0$	83,3	2,5	42,3	3,4	54,7	4,1
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	52,3	1,8	29,0	2,6	32,3	1,4
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	74,2	1,8	47,1	4,6	56,1	3,1
Дымянка аптечная	$N_0P_0K_0$	200,0	1,0	84,7	9,9	106,7	10,1
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	166,7	1,8	80,9	9,3	68,5	2,6
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	133,3	1,2	68,2	8,1	76,5	2,0
Редька дикая	$N_0P_0K_0$	63,4	12,7	27,2	1,8	100,0	5,0
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	79,0	16,0	54,5	5,7	202,2	37,9
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	66,7	2,7	120,7	29,6	176,9	4,2
Торица полевая	$N_0P_0K_0$	96,3	2,4	49,6	3,4	93,7	14,0
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	46,6	1,3	103,7	3,0	118,3	11,5
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	85,2	2,0	70,3	1,8	69,4	1,7

сформированными за длительный период внесения минеральных удобрений согласно схеме опыта.

Длительное внесение удобрений привело к достоверным изменениям в засоренности посадок картофеля, проявляющимся в росте численности малолетних двудольных и снижении численности многолетних двудольных видов сорных растений [12]. Отзывчивыми на внесение минеральных удобрений оказались марь белая и пикульники, численность которых в зависимости от доз увеличивалась в 3,2…5,0 раза и 3,0…4,6 раза соответственно (табл. 4). Обратную закономерность можно отметить для редьки дикой и торицы полевой, наибольшее присутствие которых отмечали в варианте без внесения минеральных удобрений. В отношении торицы полевой этот факт хорошо известен, поскольку указанный вид относится к группе оксилофитов – растений, предпочитающих кислую реакцию почвенного раствора [13]. В варианте без удобрений кислотность почвы была выражена сильнее (pH = 4,18), чем при многолетнем внесении средних и высоких доз минеральных удобрений (pH = 4,42 и 4,43).

Однако сильное варьирование численности доминантных видов сорных растений наблюдали и в пределах отдельных уровней удобренности (табл. 5, рисунок). Это фиксировали на протяжении всех трех лет детального изучения пространственной структуры засоренности посадок картофеля, что указывает на типичность выявленной ситуации.

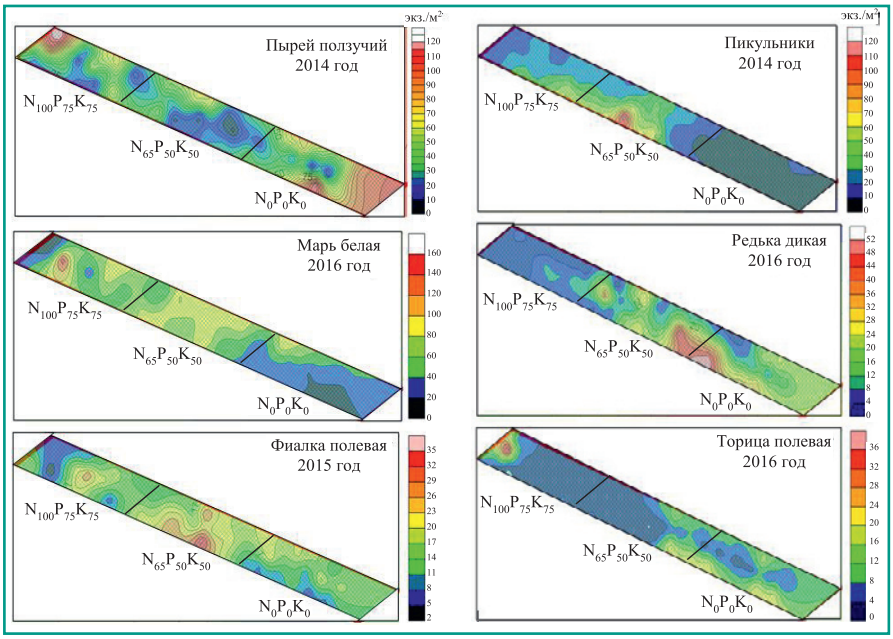


Рисунок. *Контурные карты пространственного размещения доминантных видов сорных растений в посадках картофеля*

Таким образом, в условиях Северо-Запада страны для посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, характерна пространственная неравномерность распространения сорных растений, которую подтверждают высокие коэффициенты вариации (43 % и более) и агрегации (1,8 и более). Для многолетних сорных растений, особенно двудольных, отмечена значительно более выраженная пространственная неоднородность в структуре засоренности посадок картофеля.

Сложившееся положение стало следствием разного содержания элементов питания и кислотности пахотного горизонта, обусловленных длительным применением минеральных удобрений согласно схеме опыта. Сильное варьирование численности доминантных видов сорных растений наблюдали и в пределах отдельных уровней удобренности.

Неравномерное размещение сорных растений указывает на целесообразность дифференцированного подхода при проведении гербицидных обработок.

Литература.

1. Mortensen D. A., Johnson G. A., Young L. J. Weed distributions in agricultural fields // Proceedings of the International Weed Science Meeting. Minneapolis St. Paul. 1992. P. 113–124.

2. Pluschkel U., Pallutt B. Zur Verteilung von Unkräutern auf Getreidefeldern und deren Auswirkung auf die Nutzung von Schadensschwellen // Zeitschr. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz. Sonderheft. 1996. XV. S. 141–147.

3. Hurle K. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen in der Unkrautbekämpfung aus der Sicht der Herbologie // Pflanzenschutz – Nachrichten Bayer. 1998. 51. № 2. S. 109–128.

4. Grigo E. Unkrautbekampfung auf Grunland // Rinderwelt. 1989. 14. № 4. S. 131–133.

5. Biller R.H. Verfahren zur Reduzierung des Aufwandes an chemischen Pflanzenschutzmitteln in der Pflanzenproduktion – eine betriebstechnische Analyse // Landbauforschung Völkenrode. 1994. 44. № 2. S. 205–215.

6. Wartenberg G. Heterogene Verteilung von Unkräutern auf Ackerflächen-umweltverträgliches Anwenden von Herbiziden // Gesunde Pflanzen. 1996. 48. № 1. S. 3–10.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

8. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир. 1967. 359 с.

9. Смук В. В., Шпанев А. М. Засоренность посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав в Ленинградской области // Вестник защиты растений. 2016. № 2 (88). С. 38–42.

10. Мешалкина Ю. Л., Самсонова В. П. Использование методов геостатистики для выявления пространственной структуры засоренности угодья // Состояние и пути совершенствования интегрированной защиты посевов с.-х. культур от сорной растительности. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. С. 34–35.

11. Научные основы снижения норм гербицидов при использовании технологии дифференцированного прецизионного их внесения в земледелии развитых стран Европы / Д. Шпаар, Г. Ветенберг, К. Даммер и др. // Агро XXI. 2003. № 1-6. С. 40–43.

12. Шпанев А. М., Смук В. В., Фесенко М. А. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений на посадках картофеля в Северо-Западном регионе // Агрохимия. 2017. № 12. С. 38–45.

13. Рогожникова Е. С., Шпанев А. М. Засоренность ячменя с подсевом многолетних трав при разных уровнях минерального питания // Вестник защиты растений. 2014. № 4. С. 49–51.

Spatial Distribution of Weeds in Potato Plantings

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

Abstract. *Potato planting is usually characterized by strong infestation and high injuriousness of weeds, which is due to the long period of emergence of shoots and low competitiveness of this crop due to the tilled type of cultivation. At the same time, weeds can have uneven distribution on the field, which makes it possible to carry out differentiated treatment with herbicides. The aim of the research was to analyze the spatial distribution of weeds in potato plantings in the North-West of Russia. The experiments were carried out on the field of the agroecological stationary experiment at the Menkovo branch of the Agrophysical Research Institute in 2014–2016. To study the spatial distribution of weeds the field was virtually divided into 54 elementary plots (10 x 10 m); in the middle of them, permanent sites of 1.4 m2 were placed, on which we carried out a detailed accounting of the number of weed plants separately by species. The results of the research showed that potato plantings placed after perennial grasses were characterized by spatial heterogeneity of weed plants, which was confirmed by high values of coefficient of variation (43% or more) and aggregation (1.8 or more). For perennial weeds, especially for dicotyledonous plants, more discernable spatial heterogeneity was observed in the structure of potato plantings. Uneven distribution of weeds was the result of different content of nutrients and acidity of the arable horizon due to the long-term use of mineral fertilizers according to the scheme of the experiment. A strong variation in the number of dominant species of weeds was marked within certain levels of fertilization.*

Keywords: *potato Solanum tuberosum L.; weeds; spatial structure of infestation; mineral fertilizers; coefficient of variation.*

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

For citation: *Shpanev A. M., Smuk V. V. Spatial Distribution of Weeds in Potato Plantings. Zemledelie. 2019. No. 2. Pp. 42–45 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10212.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10213
УДК: 632.1/4:632.6/7:633.1:631.526.32

Эффективность защиты сортов яровой пшеницы от вредных организмов

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

Исследования проводили в 2017–2018 гг. на опытном поле СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН в типичных для лесостепной зоны Западной Сибири почвенно-климатических условиях. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. В целом годы исследований были благоприятными для роста и развития растений, а также формирования урожая зерна. В опыте изучали 5 сортов мягкой яровой пшеницы сибирской селекции (фактор А): Сибирская 21, Новосибирская 31, Обская 2, Новосибирская 18, Сибирская 17. На их фоне реализовывали следующие варианты защиты растений (фактор В): без применения инсектицидов и фунгицидов – контроль; фунгицид (протравливание семян); фунгицид (протравливание семян) + инсектициды (обработка растений в фазах полные всходы и колошение); фунгициды (протравливание семян и обработка растений в фазе колошения) + инсектициды (обработка растений в фазах полные всходы и колошение). Посев проводили в конце второй декады мая сеялкой СН-16, норма высева – 6 млн всхожих зерен/га. Предшественник – чистый пар. В среднем по всем сортам от использования протравителя семян урожайность увеличивалась на 2,5 %, от протравителя и инсектицидов – на 14,4 %, от комплекса фитосанитарных средств – на 24,4 %. Без применения фунгицидов и инсектицидов, а также при проведении защитных мероприятий наиболее рационально возделывать сорт Обская 2, который в обоих случаях формировал самую высокую урожайность. Полный комплекс фитосанитарных средств экономически более целесообразно использовать при возделывании сортов пшеницы Сибирская 17 и Новосибирская 31, поскольку условный чистый доход от реализации дополнительной продукции этих сортов достигал наибольших значений (3022 и 3792 руб./га соответственно).

Ключевые слова: *сорт, яровая мягкая пшеница, фунгицид, инсектицид, урожайность, условный чистый доход.*

Для цитирования: *Слободчиков А. А. Эффективность защиты сортов яровой пшеницы от вредных организмов // Земледелие. 2019. № 2. С. 45–47. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10213.*

Современные сорта имеют высокую генетическую потенциальную урожайность, но в зависимости от внешних условий среды реализуют ее неодинаково [1]. Чтобы полностью раскрыть потенциальные возможности сорта необходимо иметь сведения о его способности противостоять массовому распространению вредных организмов и потребности в проведении приемов защиты растений, так как сорта различаются по восприимчивости к вредителям и болезням, а также по реакции на фитосанитарные средства [2, 3]. С помощью сорта можно успешно решать не только задачи защиты растений от вредных организмов, но и вопросы ресурсосбережения, малозатратности, экологизации производства сельскохозяйственной продукции [4].

Цель исследований – изучить эффективность применения фунгицидов и инсектицидов при возделывании сортов мягкой яровой пшеницы сибирской селекции.

Исследования проводили в 2017–2018 гг. на опытном поле СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, расположенном в Новосибирской области, в типичных для лесостепной зоны Западной Сибири почвенно-климатических условиях. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Содержание гумуса в слое 0...30 см – 4,4 %, общего азота – 0,34 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г почвы соответственно, pH – 6,7...6,8. В 2017 г. отмечали повышенную теплообеспеченность, в 2018 г. ощущался небольшой дефицит тепла. Оба года были умеренно увлажненными. В целом метеоусловия были благоприятными для роста и развития растений, а также формирования урожая зерна.

В опыте изучали 5 сортов мягкой яровой пшеницы сибирской селекции (фактор А) – 2 среднеранних (Сибирская 21, Новосибирская 31),

1. Влияние фитосанитарных средств на урожайность сортов яровой пшеницы (2017-2018 гг.), т/га

Сорт (фактор А)	Средства защиты (фактор В)				Среднее по фактору А	Прибавка от		
	контроль	протравитель	протравитель+ инсектициды	протравитель+ инсектициды+ фунгицид		протравителя	протравителя и инсектицидов	комплекса средств защиты
Сибирская 21	4,07	4,29	4,72	5,03	4,52	0,22	0,65	0,96
Новосибирская 31	3,53	3,61	4,16	4,62	3,98	0,08	0,63	1,09
Обская 2	4,31	4,33	4,85	5,22	4,68	0,02	0,54	0,91
Новосибирская 18	3,64	3,69	3,96	4,46	3,93	0,05	0,32	0,82
Сибирская 17	3,92	4,04	4,54	4,90	4,34	0,12	0,62	0,98
Среднее по В	3,89	3,99	4,44	4,84				

$НСР_{05}$ для факторов: А – 0,19; В – 0,17; частных средних – 0,38

2 среднеспелых (Обская 2, Новосибирская 18) и 1 среднепоздний (Сибирская 17), на фоне которых реализовывали следующие варианты защиты растений (фактор В): без применения инсектицидов и фунгицидов – контроль; фунгицид (протравливание семян); фунгицид (протравливание семян) + инсектициды (обработка растений в фазах полные всходы и колошение); фунгициды (протравливание семян и обработка растений в фазе колошения) + инсектициды (обработка растений в фазах полные всходы и колошение). Посев проводили в конце второй декады мая сеялкой СН-16, норма высева – 6 млн всхожих зерен/га. Предшественник – чистый пар. Учетная площадь делянки – 29,7 м^2.

Семена обрабатывали системным фунгицидом Иншур Перформ, КС (0,6 л/т). Вегетирующие растения опрыскивали системными инсектицидом Эсперо, КС (0,1 л/га) и фунгицидом Абакус Ультра, СЭ (1,5 л/га). Общим фоном проводили обработку баковой смесью гербицидов против однодольных и двудольных сорняков Фокстрот Экстра, КЭ (0,5 л/га) + Элант Премиум, КЭ (0,8 л/га) + Зингер, СП (0,01 кг/га). Оценку фитосанитарного состояния посевов в отношении болезней и вредителей осуществляли согласно общепринятым методикам [5, 6]. Уборку урожая проводили методом сплошного обмолота комбайном Сампо-130. Математическая обработка данных выполнена с использованием пакета прикладных программ СНЕДЕКОР [7].

При расчете экономической эффективности цену реализации 1 т зерна принимали равной 7 тыс. руб. В соответствие с прейскурантами фирм-поставщиков за 2018 г., стоимость приобретения и применения протравителя семян составляла 475 руб./га, инсектицидов (в расчете на две обработки) – 1392 руб./га, фунгицида – 1971 руб./га. Условно чистый доход определяли, как разницу между доходом, полученным от реализации дополнительной продукции, и затратами на приобретение и внесение фитосанитарных средств.

В годы испытаний поражение посевов пшеницы болезнями и заселение их вредителями различалось в зависимости от сорта культуры. Развитие обыкновенной корневой гнили в агроценозах пшеницы было слабым, однако пораженность сортов Обская 2 (3,9 %) и Сибирская 17 (4,8 %) этой болезнью в фазе кущения была выше других, меньше всего она поражала сорт Новосибирская 18 (1,5 %). Относительно восприимчивыми к мучнистой росе оказались сорта Новосибирская 31 (25,4 %) и Новосибирская 18 (34,8 %), высокую устойчивость к ней проявили сорта Сибирская 21 (1,1 %) и Обская 2 (2,1 %). Септориозом сильнее поражались растения Новосибирской 18 (10,9 %), слабее – Сибирской 21 (2,9 %). Устойчивостью к бурой листовой ржавчине обладали сорта Обская 2 (0,2%), Сибирская 21 (0,4%) и Сибирская 17 (1,4%), самым восприимчивым к этой болезни был сорт Новосибирская 18 (9,9%).

Хлебная полосатая блошка меньше заселяла посевы Новосибирской 18 (271 шт./м^2), больше – Новосибирской 31 (433 шт./м^2). Внутристеблевые вредители (шведская и яровая мухи, стеблевые блошки) сильнее повреждали растения пшеницы Сибирская 17, Обская 2 и Новосибирская 18, доля поврежденных боковых и главных стеблей составила 4...7 и 12...15 % соответственно. В посевах сортов Новосибирская 31 и Сибирская 21 величина этого показателя была значительно ниже и не превышала 2...4 и 1...3 % соответственно. Наиболее привлекательным для пшеничного трипса оказался сорт Новосибирская 18 (63 личинки/колос), самая низкая численность вредителя отмечена на растениях Сибирской 17 и Сибирской 21 (16 и 28 личинок/колос соответственно).

Различия в устойчивости изучаемых сортов пшеницы к вредным организмам вызвали необходимость проведения оценки эффективности применения средств защиты растений на каждом отдельно взятом сорте. Без внесения фунгицидов и инсектицидов изучаемые сорта показали достаточно высокую продуктивность, которая в среднем составляла 3,89 т/га (табл. 1). Наибольшую урожайность формировал сорт Обская 2 (4,31 т/га), наименьшую – сорт Новосибирская 31 (3,53 т/га). Протравливание семян увеличивало сбор зерна в среднем на 2,5 %. Самый высокий прирост отмечали у сорта Сибирская 21 (5,4 %), самый низкий – у пшеницы Обская 2 (0,5 %).

Дополнительный сбор зерна в варианте с протравливанием семян и инсектицидными обработками посевов в среднем достигал 14,4 %. Сорта Сибирская 17, Новосибирская 31 и Сибирская 21 были наиболее отзывчивыми на такое сочетание фитосанитарных средств, прибавка урожая достигала 15,8...16,0 %. При использовании полного комплекса средств защиты растений в агроценозах пшеницы продуктивность возрастала в среднем на 24,4 %. Максимальный в опыте прирост урожая отмечали на сорте Новосибирская 31 (30,9 %), самую низкую прибавку у сорта Обская 2 (21,1 %).

2. Экономическая эффективность защитных мероприятий на сортах яровой пшеницы (2017–2018 гг.), руб./га

Сорт	Стоимость дополнительной продукции			Условный чистый доход		
	протравитель	протравитель+ инсектициды	протравитель+ инсектициды + фунгицид	протравитель	протравитель+ инсектициды	протравитель + инсектициды+ фунгицид
Сибирская 21	1540	4550	6720	1065	2683	2882
Новосибирская 31	560	4410	7630	85	2543	3792
Обская 2	140	3780	6370	-335	1913	2532
Новосибирская 18	350	2240	5740	-125	373	1902
Сибирская 17	840	4340	6860	365	2473	3022

Индивидуальная реакция сортов на применение средств защиты растений по разному проявлялась в величине дополнительного урожая и соответственно окупаемости защитных мероприятий (табл. 2). Расчет экономической эффективности показал, что наибольший условный чистый доход от протравливания семян отмечен при возделывании сорта Сибирская 21 (1065 руб./га), самый низкий – сорта Новосибирская 31 (85 руб./га). На сортах Новосибирская 18 и Обская 2 этот прием оказался мало эффективным из-за их слабой поражаемости корневыми гнилями, и сопровождался убытком на сумму 125 и 335 руб./га соответственно. Дополнительные инсектицидные обработки наиболее заметно увеличивали чистый доход на сортах Сибирская 17 (на 2108 руб./га) и Новосибирская 31 (на 2458 руб./га). Наименее отзывчивым на использование инсектицидов был сорт Новосибирская 18, рост прибыли не превышал 498 руб./га. В целом же при совместном применении протравителя и инсектицидов по вегетации самый высокий чистый доход отмечен при выращивании сорта Сибирская 21 (2683 руб./га), несколько ниже величина этого показателя была у сортов Новосибирская 31 (2543 руб./га) и Сибирская 17 (2473 руб./га), самая низкая – у сорта Новосибирская 18 (373 руб./га).

Рост прибыли от дополнительного внесения фунгицида по вегетации был наиболее ощутимым на сорте Новосибирская 18 (на 1529 руб./га), наименьшим он оказался у сорта Сибирская 21 (на 199 руб./га). Максимальный в опыте условный чистый доход от комплекса защитных мероприятий отмечен на сорте Новосибирская 31 (3792 руб./га), в 1,2, 1,3 и 1,5 раза величина этого показателя была ниже на сортах Сибирская 17, Сибирская 21 и Обская 2 соответственно. Наименьшая прибыль от комплекса фитосанитарных средств зафиксирована при выращивании сорта Новосибирская 18 (1902 руб./га).

В результате исследований установлено, что применение средств защиты в посевах яровой пшеницы экономически оправдано практически на всех изученных сортах. Однако их генетические особенности и реакция на пестициды определили значительные различия в формировании условно чистого дохода. Наименьшим он был при выращивании сорта Новосибирская 18, что связано с его слабой отзывчивостью на предпосевное протравливание семян и инсектицидные обработки посевов. Однако этот сорт наиболее восприимчив к листостебельным болезням и сильнее других отзывается на применение фунгицидов.

Использование фунгицида в посевах сорта Сибирская 21 было менее оправданным, чем инсектицидов. Поэтому в условиях дефицита финансовых средств при возделывании сортов Новосибирская 18 и Сибирская 21 следует отдавать предпочтение тем химическим препаратам, применение которых экономически выгоднее. В ситуациях отсутствия или ограниченного объема фитосанитарных средств оправдано выращивание сорта пшеницы Обская 2, который даже без применения инсектицидов и фунгицидов формирует достаточно высокую урожайность (4,31 т/га), при этом его отзывчивость на средства защиты растений также высока. Исключением могут быть фунгицидные протравители семян, которые в условиях слабой инфекционной нагрузки становятся малоэффективными, особенно на сортах, относительно устойчивых к семенным и почвенным болезням.

При возделывании сортов Сибирская 17 и Новосибирская 31 целесообразно применять полный комплекс средств защиты против болезней и вредителей, поскольку условный чистый доход в этом случае достигает наибольших значений (3022 и 3792 руб./га соответственно).

Литература.

1. Ярцев Г. Ф., Байкасенов Р. К. Ресурсосберегающая технология выращивания сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в зависимости от норм высева в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46). С. 31–34.
2. Власенко Н. Г., Слободчиков А. А., Теплякова О. И. Особенности формирования фитосанитарной ситуации в посевах сортов яровой пшеницы сибирской селекции. Новосибирск: ГНУ СибНИИЗиХ, 2010. 92 с.
3. Зеленева Ю. В., Судникова В. П., Плахотник В. В. Устойчивость районированых сортов пшеницы к эпифитотийно опасным болезням // Вестник Тамбовского университета. 2017. Т. 22. № 2. С. 404–410.
4. Роль сорта в защите озимой пшеницы / М. И. Зазимко, Д. П. Фетисов, С. С. Егоров и др. // Защита и карантин растений. 2008. № 6. С. 11–13.
5. Болезни зерновых колосовых культур / С. С. Санин, Е. А. Соколова, В. И. Черкашин и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 140 с.
6. Фитосанитарный контроль за вредителями и сорняками сельскохозяйственных культур в Сибири / под ред. Н. Н. Горбунова, В. П. Цветковой. Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2001. 146 с.
7. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск:ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

Efficiency of Protection of Spring Wheat Varieties from Pests

A.A. Slobodchikov
Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – the branch of the federal state budgetary scientific institution «Federal Research Center the Institution of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the RAS», ul. S-100, zd. 21, a/ya 375, pos. Krasnoobsk, Novosibirskii r-n, Novosibirskaya obl., 630501, Russian Federation

Abstract. *The investigation was carried out in 2017–2018 on the experimental field of the Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding under typical soil and climate conditions for the forest-steppe zone of Western Siberia. The soil was leached medium loamy chernozem. In general, the years of the research were favourable for the growth and development of plants, as well as for the formation of grain yield. In the experiment, we studied 5 varieties of soft spring wheat, developed in Siberia (factor A): Sibirskaya 21, Novosibirskaya 31, Obskaya 2, Novosibirskaya 18, Sibirskaya 17. Factor B included variants of plant protection: without the use of insecticides and fungicides (the control); fungicide (seed treatment); fungicide (seed treatment) + insecticides (treatment of plants in the phase of full germination and earing); fungicides (seed treatment and processing of plants in the earing phase) + insecticides (processing of plants in full germination and earing phases). Seeds were sown at the end of the second decade of May with SN-16 seed drill; the seeding rate was 6 million of germinating seeds on a hectare. The forecrop was bare fallow. On average for all varieties, the use of the seed protectant increased the yield by 2.5%; combined application of the seed protectant and insecticides increased it by 14.4%. The complex of phytosanitary measures promoted the growth of the yield by 24.4%. Without the use of fungicides and insecticides, as well as with protective measures, it was most rational to cultivate Obskaya 2 variety, which formed the highest yield in both cases. It was economically more profitable to use the full complex of phytosanitary measures when cultivating Sibirskaya 17 and Novosibirskaya 31 wheat varieties since the conditional net income, received from the sale of additional products of these varieties, reached the highest values (3022 and 3792 RUB/ha, respectively).*

Keywords: *variety; spring soft wheat; fungicide; insecticide; yield; net profit.*

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

For citation: *Slobodchikov A. A. Efficiency of Protection of Spring Wheat Varieties from Pests. Zemledelie. 2019. No. 2. Pp. 45–47 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10213.*

Качество зерна в фокусе

Качество зерна в фокусе

Листостебельные инфекции – настоящий бич для производителей зерна. Фузариозы, септориозы, ржавчины и другие подобные заболевания, активно развиваясь в период вегетации, значительно ослабляют растения, приводя к катастрофическому снижению урожая или ощутимо ухудшая качество зерна. Так, изначальные потери урожая в поле при поражении **фузариозом колоса** составляют до 30 %, что может показаться не очень большой проблемой. Однако почти всегда оставшиеся 70 % даже при незначительном присутствии микотоксинов (продуктов жизнедеятельности фузариев) делают зерно абсолютно непригодным для использования. Ни содержание белка, ни показатели ИДК, ни натура не имеют значения, если зерно содержит ничтожное количество микотоксинов. Часто такую партию не примет даже спиртзавод.

При поражении **септориозом колоса** значительно ухудшаются технологические показатели качества зерна. Зерно в колосе такого растения становится щуплым или вовсе отсутствует. Такая недоразвитость колоса приводит к потерям урожая в 20-30 % и более.

Невидимый фузариоз

Фузариоз колоса – самое опасное заболевание зерновых колосовых. Накопление микотоксинов может происходить в колосе, даже если нет видимых симптомов массового повреждения растений. Поскольку полевая диагностика не дает полной картины, чтобы быть уверенным, что зерно пригодно на экспорт или для использования в качестве фуража, необходим анализ на микотоксины.

Контроль фузариоза колоса

Поскольку будущий урожай закладывается уже в момент опыления, выбор времени и технологии фунгицидной обработки имеет решающее значение. Пыльники служат входными воротами для возбудителя болезни, следовательно, фунгицидную обработку против фузариоза колоса необходимо проводить, когда полностью появилось 75 % колосьев на главном стебле. И заканчивать до фазы, когда 50 % колосьев отцвели (BBCH 55-65). Более ранние или более поздние обработки неэффективны.

Без сомнения, важными факторами в заражении фузариозом колоса являются погодные условия в период цветения, запас инфекции в поле, применяемая агротехника и сортовой состав растений. Не забывайте, что грамотное применение фунгицидов способно лишь снизить риски серьезного накопления микотоксинов. Для снижения запаса инфекции патогенов, в том числе и возбудителей фузариоза, необходимо проводить заделку пожнивных остатков, уничтожать падалицу, а также использовать биодеструкторы стерни в севооборотах, насыщенных колосовыми. К примеру, ускорению разложения растительных остатков способствует внесение аммиачной селитры (10 кг д. в. / га) или триходермина (5,0 л/га) сразу после уборки.

Требования патогенов к температуре и влажности

Заболевание	Где и на какой стадии зимует	Длительность сохранения инфекции	Температура и влажность		Длина инкубационного периода, дней
			начала заражения	для эпифитотии	
Септориоз колоса	Споры на пораженных растительных остатках; пикниды и мицелий на всходах озимых культур	Пикноспоры – до 3 месяцев	4-10 °С 80-100 %	20-25 °С капельная влага в течение 17-19 дней	6-9
Фузариоз колоса	Споры и мицелий на зерне; покоящиеся структуры на пораженных растительных остатках	Хламидоспоры, склероции – до 4 лет	15-16 °С 70-71 %	22-25 °С осадки в фазу колошения и молочно-восковой спелости	3-12

Представляем вашему вниманию МАГНЕЛЛО™ – инновационный фунгицид, созданный специально для защиты колоса!

МАГНЕЛЛО™ обладает следующими преимуществами:

- защита от фузариоза колоса – критического элемента получения качественного зерна;
- усиленный контроль септориоза колоса;
- снижение уровня микотоксинов в зерне;
- полная защита от комплекса поздних листостебельных инфекций (септориоз, ржавчина и др.);
- длительный период защиты;
- отличная дождестойкость.

3 золотых правила для контроля качества зерна с помощью МАГНЕЛЛО™.

1. **Фаза обработки**. Для эффективного контроля фузариоза колоса и других колосовых инфекций МАГНЕЛЛО™ необходимо применить не ранее фазы полностью развернутого флагового листа и не позднее начала цветения! Оптимальный период для обработки – за 1-2 дня до выбрасывания пыльников.
2. **Норма расхода**. Применяйте МАГНЕЛЛО™ против фузариоза в норме 1,0 л/га при расходе рабочей жидкости не менее 200 л/га, используя специальные распылители для защиты колоса!
3. **Наличие симптомов фузариоза**. Не применяйте МАГНЕЛЛО™, если вы уже увидели симптомы фузариоза в поле! Любые обработки в этом случае бесполезны!

Компания «Сингента», аккумулируя мировой опыт в области сельского хозяйства, предлагает наиболее эффективные и экологичные приемы и методы для получения урожая и сохранения его качества. Благодаря внедрению современных технологий и слаженной работе специалистов компании, «Сингента» обеспечивает своим партнерам стабильно высокий результат. Это и повышение урожайности культур, и рост рентабельности производства продукции, и возможность постоянного совершенствования и роста в бизнесе.

Узнайте больше о продукции компании «Сингента» по телефону горячей линии агрономической поддержки
8 800 200–82–82,
а также на сайте
www.syngenta.ru

syngenta®

Sk Сколково

ООО Научно-технический центр “РобоПРОБ”

Sk Biomed

RoboPROB

Программно-аппаратный комплекс "Roboprob".
Разработка и продажа автоматических почвенных пробоотборников.

Услуги:

- Роботизированное агрохимическое и агрофизическое обследование
- Картографирование территорий с БПЛА
- Расчет доз удобрений для их дозированного внесения

E-mail - info@roboprob.com

Веб-сайт - www.roboprob.com

М. тел - +7 (903)-667-47-34
+7 (925)-826-86-96

МАГНЕЛЛО™ — секретный ингредиент КАЧЕСТВА урожая

Эксперт среди фунгицидов для защиты пшеницы и ячменя от болезней колоса

Рецепты качества урожая ищите на сайте www.syngenta.ru

Магнелло™

syngenta®

Узнайте больше о продукции компании «Сингента» по телефону горячей линии агрономической поддержки 8 800 200–82–82, а также на сайте www.syngenta.ru

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2019. № 2.1 - 48. Индекс 70329.