4.2019

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust
crop protection

УРАЛХИМ

минеральные удобрения

www.uralchem.ru

Безупречное соотношение Азот : Сера

- Синергетический эффект увеличивает урожайность и качество зерна
- Устраняет дефицит серы
- Снижает потери азота
- Увеличивает поглощение фосфора растениями

123112, Российская Федерация, Москва,
Пресненская наб., д. 6, стр. 2

тел.: +7 (495)721 89 89
e-mail: marketing@uralchem.com

www.uralchem.ru

4.2019 МАЙ-ИЮНЬ

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

ПЛОДОРОДИЕ FERTILITY

Р. В. Некрасов, М. М. Овчаренко, Н. И. Аканова. Агроэкологические основы химической мелиорации почв 3

R. V. Nekrasov, M. M. Ovcharenko, N. I. Akanova. Agroecological Foundation of Chemical Amelioration of Soils

А. А. Шпедт, Ю. В. Аксенова, В. Н. Жуланова, В. А. Рассыпнов, М. Г. Ерунова, М. В. Бутырин. Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов 8

A. A. Shpedt, Y. V. Aksenova, V. N. Zhulanova, V. A. Rassypnov, M. G. Erunova, M. V. Butyrin. Assessment of Agrochernozems of Siberia Based on Modern Approaches

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО FIELD CROPS

А. И. Иванов, Ж. А. Иванова, Д. А. Моисеев, И. А. Фрейдкин, И. В. Соколов. О целесообразности использования нового органоминерального удобрения на основе птичьего помёта в полевом севообороте на дерново-подзолистой почве 15

A.I. Ivanov, Zh.A. Ivanova, D.A. Moiseev, I.A. Freidkin, I.V. Sokolov. On the Expediency of Application of a New Organic and Mineral Fertilizer from Poultry Droppings in a Field Crop Rotation on Sod-Podzolic Soil

В. И. Мазалов, О. М. Мосина, Н. Г. Хмызова, М. М. Донской. Влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы 19

V. I. Mazalov, O. M. Mosina, N. G. Hmyzova, M. M. Donskoj. Influence of Various Doses of Nitrogen Fertilizers on Yield and Quality of Winter Wheat Grain

Л. И. Петрова, Ю. И. Митрофанов, Н. К. Первушина, В. Н. Лапушкина. Воздействие осушения и удобрений на урожайность озимой тритикале 22

L. I. Petrova, Yu. I. Mitrofanov, N. K. Pervushina, V. N. Lapushkina. Influence of Drainage and Fertilizers on Yield of Winter Triticale

СОРТА И СЕМЕНА GRADES AND SEEDS

М. В. Донская, Н. И. Велкова, В. П. Наумкин. Зернобобовые культуры (чина, вика, горох) в смешанных посевах с горчицей белой 25

M. V. Donskaya, N. I. Velkova, V. P. Naumkin. Leguminous Crops (Lathyrus, Vetch, Pea) in Mixed Plantings with White Mustard

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, Украина
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, Республика Беларусь
М. А. Мазиров, доктор биологических наук
М. Михловски, доктор сельскохозяйственных наук, Чешская Республика
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Казахстан
П. А. Чекмарев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
И. Ф. Храмцов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

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

КОНТАКТЫ:
Тел./факс: +7 916 241 63 43

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

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

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

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «Медиаколор» 127273, г. Москва, Сигнальный пр-д, д.19, стр. 1

Подписано в печать 08.05.19
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

Е. В. Головина, А. А. Зеленов, Р. В. Беляева. Физиологические механизмы формирования продуктивности и адаптивности у сортов сои в контрастных метеорологических условиях 29

E. V. Golovina, A. A. Zelenov, R. V. Belyaeva. Physiological Mechanisms of Productivity and Adaptability Formation of Soybean Varieties under Contrasting Meteorological Conditions

С. Д. Вилюнов. Динамика генетического полиморфизма мультилинейного сорта проса Квартет в условиях Орловской области за 20 лет возделывания 33

S. D. Vilyunov. Dynamics of Genetic Polymorphism of Multilinear Millet Variety «Kvartet» under Conditions of the Orel Region for 20 Years of Cultivation

А. Н. Фесенко, О. В. Бирюкова, И. Н. Фесенко. Морфобиологические особенности основных морфотипов гречихи, возделываемых в России 36

A. N. Fesenko, O. V. Biryukova, I. N. Fesenko. Morphological and Biological Peculiarities of Main Buckwheat Morphotypes Cultivated in Russia

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ — **PLANT PROTECTION**

А. А. Разина, О. Г. Дятлова. Влияние средств химизации и протравливания семян на корневую гниль яровой пшеницы 40

A. A. Razina, O. G. Dyatlova. Influence of Chemicalization Means and Seed Treatment on the Injuriousness of Root Rot of Spring Wheat

Л. М. Поддымкина, Г. Е. Ларина, А. В. Калинин, Х. Мохамад. Динамика разложения пропамокарба гидрохлорида при применении препарата Превикура Энерджи на растениях томата 44

L. M. Poddymkina, G. E Larina, A. V. Kalinin, Kh. Mokhamad. Dynamics of Propamocarb Hydrochloride Decomposition on Application of Previkur Energy on Tomato Plants

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: 10.24411/0044-3913-2019-10401
УДК 631.821

Агроэкологические основы химической мелиорации почв

Р. В. НЕКРАСОВ[1], директор департамента (e-mail: r.nekrasov@mcx.ru)
М. М. ОВЧАРЕНКО[2], доктор сельскохозяйственных наук, президент (e-mail: agruna43@mail.ru)
Н. И. АКАНОВА[3], доктор биологических наук, руководитель группы (e-mail: N_Akanova@mail.ru)
[1]Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Орликов пер, 1/11, Москва, 107139, Российская Федерация
[2]Агрохимический союз, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2, Москва, 127550, Российская Федерация
[3]Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, ул. Прянишникова, 31 а, Москва, 127550, Российская Федерация

Представлен анализ состояния и динамики кислотности почв сельскохозяйственных угодий, объёмов применения удобрений и мелиорантов за более чем 30 летний период обследования, указаны особенности применения различных форм известьсодержащих материалов и прогноз формирования агрохимических мероприятий на период до 2024 г. Интенсивное подкисление почвенной среды отмечено в последние 10 лет, когда практически полностью прекращены работы по известкованию. Так, по сравнению с 1975–1991 гг., объемы вносимых в Воронежской области известковых материалов снизились в 20...22 раза. Как следствие, теряется до 2/3 урожая сахарной свеклы, что ежегодно оборачивается недобором 352800 т производимого из нее сахара. По данным мониторинга, площади пахотных почв, нуждающихся в известковании, увеличиваются ежегодно на 1 млн га. Наибольшая доля почв, требующих первоочередного известкования, выявлена Центральном (54,9 %) и Северо-Западном (40,6 %) федеральных округах. Ежегодные потери растениеводческой продукции от избыточной кислотности почв в России в пересчете на зерно составляют 16...18 млн т. Впервые высокая эффективность применения известковых удобрений установлена в условиях Краснодарского края на рисовых полях. Средняя прибавка зерна риса при внесении 3...4 т/га известняковой муки составляла 0,39...0,46 т/га. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность известкования почв, его сочетания с минеральными удобрениями. Установлены количественные параметры миграции оснований из корнеобитаемого слоя почвы в зависимости от гранулометрического состава почв и формы химического мелиоранта. Приведены результаты влияния различных доз извести на урожайность сельскохозяйственных культур. Известкование почв – главное природоохранное мероприятие, обеспечивающее стабилизацию экологической безопасности агроценозов и производство продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам. Предложены сценарии проведения химической мелиорации кислых почв в условиях дефицита известковых материалов и финансирования.

Ключевые слова: *известкование почв, кальций, магний, плодородие почв, кислотность, урожайность, химическая мелиорация.*

Для цитирования: *Некрасов Р. В., Овчаренко М. М., Аканова Н. И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв // Земледелие. 2019. № 4. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10401.*

Повышение продуктивности неразрывно связано с интенсификацией сельскохозяйственного производства, одно из важнейших условий которой – эффективное применение удобрений при оптимизации реакции почвенной среды, состава поглощенных катионов и содержания подвижных соединений фосфора в почвах. Современное рациональное природопользование предполагает обязательную эколого-мелиоративную оценку территорий и проведение мероприятий по оптимизации и охране состояния почв. Прекращение или проведение в недостаточных объемах химической мелиорации, в том числе известкования, сопровождается катастрофическим разрушением педосферы: подкислением, ухудшением физико-химических свойств, усилением водной и ветровой эрозии и др. Известкование – превентивная мера от разрушения наиболее важной части почвы – поглощающего комплекса [1, 2].

Необходима разработка мероприятий по восстановлению всей технологической системы и необходимых объёмов проведения известкования (фосфоритования), которое служит важнейшим звеном в решении проблемы продовольственной безопасности.

Цель исследований – анализ динамики и оценка эффективности известкования почв Российской Федерации и его последствия в условиях резкого снижения темпов химической мелиорации кислых почв, обладающих рядом неблагоприятных свойств, лимитирующих формирование высоких и устойчивых урожаев. Эта тема сейчас крайне актуальна в связи с тем, что основной задачей агропромышленного комплекса (АПК) страны на ближайшую перспективу становится производство сельскохозяйственной продукции в объемах, удовлетворяющих не только внутренние потребности, но и экспорт.

Значение известкования, как природоохранного мероприятия, многообразно. Оно проявляется в сохранении положительного баланса кальция и магния в корнеобитаемом слое почвы; повышении эффективности минеральных удобрений на 30...40 %; снижении в 4...10 раз подвижности в почве тяжелых металлов и радионуклидов и накопления их в растениях; увеличении общей биологической активности почвы, улучшении ее физико-механических свойств, повышении величины и качества урожая сельскохозяйственных культур [3, 4].

Впервые в земледелии России известкование почв в государственном масштабе начали проводить во второй половине прошлого столетия, причем полностью за счет государства. Интенсивным оно было в течение 1975–1990 гг., затем масштабы этих работ сократились в 10...15 раз. Всего за 42 года (с 1965 по 2006 г.) было произвестковано 114 млн га, или каждый гектар зоны известкования был подвергнут химической мелиорации в среднем дважды, в результате чего было внесено не менее 8 т/га $CaCO_3$, при среднегодовых потерях кальция вследствие вымывания с инфильтрационными водами и выноса урожаем 300...400 кг/га [5, 6].

Процесс подкисления среды в почве стал особенно интенсивным в последние 10 лет. Данные агрохимических обследований зафиксировали ежегодное увеличение площади пахотных почв, нуждающихся в известковании, на 1 млн га. В последние годы результаты почвенного мониторинга на уровне федеральных округов (ФО), проводимого агрохимической службой МСХ РФ, выявили значительные колебания по группировке почв пахотных угодий по степени кислотности. Очень сильно кислые (pH < 4,0) и сильнокислые (pH 4,1...4,5) почвы распространены в основном в Центральном и Северо-Западном ФО, где они занимают соответственно 5,8 и 5,6 % от общей обследованной площади пашни в этих округах. Почвы средне- (pH 4,6...5,0) и слабокислые (pH 5,1...5,5) занимают значительные площади пашни в Дальневосточном (59,1 %), Центральном (48,5 %), Уральском (44,7 %), Северо-Западном (38,0 %), Приволжском (34,6 %) и Сибирском (25,4 %) округах, что свидетельствует о крайне низких объемах известкования. Наибольшие площади почв, требующих известкования, отмечены в Центральном ФО (54,9 %) и Северо-Западном ФО (40,6 %).

В результате мониторинга на уровне субъектов Федерации установлена высокая вариабельность кислотности почв пашни. Так, в Центральном ФО тип почвы пахотных угодий варьирует от дерново-подзолистых низкогумусных, малопродуктивных, кислых, переувлажненных оглеенных в Ивановской, Смоленской, Брянской и Владимирской областях до черноземов оподзоленных, выщелоченных и обыкновенных среднегумусированных, среднекислых и среднепродуктивных, распространенных в Рязанской, Липецкой, Воронежской, Белгородской, Тамбовской, Курской и Пензенской областях. В целом наибольшую площадь (35 % от обследованной) занимают почвы со слабокислой реакцией среды (pH 5,1...5,5). Существенно различаются площади кислых почв (pH <5,5), требующих известкования: в Воронежской области на их долю приходится 30,8 %, во Владимирской – 35,0, в Белгородской – 35,1, Брянской – 37,5, Ивановской – 50,1, Ярославской – 58,9, Тверской – 61,3, Смоленской – 67,3, Рязанской – 67,5, Курской – 68,0, Костромской – 73,3 %.

Результаты мониторинга свидетельствуют, что подкисление среды в ненасыщенных основаниями выщелоченных и оподзоленных черноземах происходит быстрее, чем в дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Эту закономерность следует учитывать при планировании сроков проведения периодического известкования. При интенсивном сельскохозяйственном использовании повышение кислотности почв происходит непрерывно, что привело, например, в Воронежской области к подкислению типичных черноземов на площади пашни 600 тыс. га, или 20 %, превратившему их в кислые и оподзоленные черноземы. По сравнению с периодом интенсивной химической мелиорации в 1975–1991 гг., объемы вносимых в Воронежской области известковых удобрений снизились в 20...22 раза. Как следствие, теряется до 2/3 урожая сахарной свеклы, что ежегодно оборачивается недобором 352800 т производимого из нее сахара [7].

В Краснодарском крае выявлена новая зона рисосеяния, в которой целесообразно применение химических мелиорантов [8]. Использование почв под культуру риса связано с длительным (в течение 4...5 месяцев) затоплением, которое создает в них восстановленные условия. Вследствие изменения окислительно-восстановительного режима меняется направленность биологических, химических и физико-химических процессов. Частное следствие этого – высокая агрономическая эффективность кальцийсодержащих соединений и большие потери кальция из почвы [9].

В целом ежегодные потери от кислых почв в России в пересчете на зерно составляют порядка 16...18 млн т. При этом, например, в странах Европы строго следят за уровнем кислотности почв. Известно, что запрещено использование минеральных удобрений там, где уровень pH < 5,0. Не случайно в хозяйствах Европы и Америки, приступая к работе на земле, первым делом вкладывают средства не в закупку техники, удобрений или семян, а в проведение приемов оптимизации почвенной среды [10].

Негативное влияние повышенной кислотности почвенной среды на растения общепризнанное и обусловлено большим рядом факторов, в том числе недостатком Ca; повышенной концентрацией токсичных Al, Mn, H; низкой доступностью для растений элементов питания, вследствие ослабления минерализации органического вещества; неблагоприятными физико-химическими свойствами почв [11]. При высоком содержании в кислых почвах подвижного алюминия и железа происходит связывание ими усвояемых форм фосфора с образованием нерастворимых и малодоступных растениям фосфатов полуторных окислов, в результате чего ухудшается питание растений этим элементом.

В качестве одного из примеров необходимости известкования при внесении минеральных удобрений, можно привести результаты полевого опыта, проведенного лабораторией известкования почв ВИУА совместно с Костромским НИИСХ [12], которые свидетельствуют о том, что без известкования урожай на таких почвах вообще может погибнуть, а эффективность NPK при оптимальной реакции среды удваивается и утраивается (табл. 1). В опыте изучали действие средних ($N_{45}P_{45}K_{45}$) и повышенных ($N_{90}P_{90}K_{90}$) доз удобрений, без известкования и на фоне извести, внесенной по полной гидролитической кислотности (9,5 т/га). Применяли известняковую муку с АДВ 87 %. По результатам этого эксперимента сделан вывод о том, что применение минеральных удобрений на почвах с очень кислой реакцией без предварительного известкования должно быть запрещено.

1. Влияние сочетания известкования с минеральными удобрениями на урожай озимой пшеницы и ячменя (Костромской НИИСХ), т/га

Вариант	Озимая пшеница				Ячмень			
	урожайность	прибавка			урожайность	прибавка		
		общая	от извести	от NPK		общая	от извести	от NPK
Без удобрений (контроль)	0,31	–	–	–	1,11	–	–	–
Известь	1,28	0,97	0,97	–	2,13	1,02	1,02	–
$N_{45}P_{45}K_{45}$	0,71	0,40	–	0,40	1,64	0,53	–	0,53
$N_{45}P_{45}K_{45}$+известь	1,45	1,14	0,74	–	2,61	1,50	0,97	–
$N_{90}P_{90}K_{90}$	0,75	0,44	–	0,44	1,85	0,74	–	0,74
$N_{90}P_{90}K_{90}$+известь	2,31	2,00	1,56		2,35	1,24	0,50	–
$НСР_{05}$, т/га	0,21				0,24			

На слабо окультуренной почве с сильной степенью кислотности и высоким содержанием алюминия (pH 4,0, Нг 6,5 мэкв, подвижный алюминий 11,7 мг/100 г почвы) эффективность известкования в 1,5...2,0 раза превышает действие минеральных удобрений.

Влияние избыточной кислотности проявляется также в снижении проницаемости плазмы, ослизнении корней, ухудшении микробиологических процессов, особенно жиз-

недеятельности свободноживущих и клубеньковых азотфиксирующих бактерий, для развития которых наиболее благоприятна нейтральная реакция (pH 6,5...7,5) [13]. В то же время повышенная кислотность способствует развитию в почве грибов, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений.

Поддержание близкой к нейтральной и нейтральной реакции среды почвы – обязательный элемент технологий производства диетической и незагрязненной растениеводческой продукции [14], как сравнительно дешевое средство повышения ее качества.

При проведении известкования почв каждая тонна внесенного $CaCO_3$ обеспечивает за ротацию 6...7-польного севооборота прибавку урожаев сельскохозяйственных культур на уровне 0,6...0,8 тыс. зерн. ед./га. На известкованных почвах возможно снижение на 15...20 % доз азотных и фосфорных удобрений без ущерба для урожайности. При pH 6,2...6,7 уменьшается поступление в растения тяжелых металлов, повышается биологическая активность, снижается поступление техногенных радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs, сокращаются потери калия от вымывания на легких почвах, компенсируются кислые дожди, снижается заболеваемость растений и негативное действие пестицидов.

В силу того, что в почве нет механизма прочной фиксации кальция, и он интенсивно теряется с промывными водами, основная проблема при проведении известкования кислых почв – значительные потери обменных оснований, составляющие на дерново-подзолистых почвах 350...450 кг/га в год, а на осушенных – до 375...1000 кг/га [15].

Известно, что для каждого вида растений существует конкретная наиболее благоприятная для его роста и развития величина pH среды, большинство из них лучше развиваются при уровне реакции, близком к нейтральному интервалу (pH 6...7). По отношению к отзывчивости на известкование сельскохозяйственные культуры можно подразделить на группы:

наиболее чувствительные, которые не переносят кислой реакции (люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста), для них оптимум лежит в интервале pH 7,0...7,5. Они хорошо отзываются на известкование даже на слабокислых почвах;

чувствительные к повышенной кислотности (пшеница, ячмень, кукуруза, огурец, лук, салат, подсолнечник, все бобовые, за исключением люпинов и сераделлы). Они лучше растут при слабокислой или нейтральной реакции (pH 6...7) и хорошо отзываются на известкование не только сильно-, но и среднекислых почв;

слабо чувствительные к повышенной кислотности (рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, редис, морковь, томаты). Эти культуры не имеют явно выраженного оптимального значения реакции среды и могут расти в широком интервале pH от 4,5 до 7,5, однако наиболее благоприятна для их роста слабокислая реакция (pH 5,5...6,0). Они положительно реагируют на известкование сильно- и среднекислых почв полными дозами;

нуждающиеся в известковании только на средне- и сильнокислых почвах (лен и картофель). Картофель мало чувствителен к кислотности, а для льна лучше слабокислая реакция (pH 5,5...6,5). Они довольно хорошо переносят умеренную кислотность почвы, положительно отзываются на известкование при сохранении в почве оптимального соотношения между кальцием, калием, магнием, бором и другими элементами питания. Отрицательное влияние на эти культуры известкования в высоких дозах объясняется в основном, уменьшением усвояемых соединений бора в почве и избыточной концентрацией ионов кальция в растворе, что затрудняет поступление в растение других катионов, в том числе магния и калия. В полевых севооборотах с большой долей картофеля и льна применение высоких доз удобрений, особенно калийных, возможно в сочетании с известкованием в полных нормах. Следует учесть, что в этом случае лучше использовать известковые удобрения, содержащие магний, например, сланцевую золу или металлургические шлаки, а в сочетании с $CaCO_3$ вносить одновременно борные удобрения. Это нивелирует отрицательное действие известкования на лен и картофель, и в то же время повышает урожай клевера, озимой пшеницы и других культур, чувствительных к кислотности;

культуры, которые переносят кислую реакцию и чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве (люпин, сераделла, козлятник, щавель, чайный куст). Оптимальные условия для их роста и развития создаются при pH_{KCl} 4,5...5,0. При их возделывании необходимо известковать только очень сильнокислые (pH_{KCl} < 4,2...4,4) почвы, а применение повышенных доз извести снижает урожайность этих культур. При использовании люпина и сераделлы на зеленое удобрение известь лучше вносить при их запашке в почву.

Несмотря на различное отношение растений к кислотности почвы, для большинства сельскохозяйственных культур при прорастании и в молодом возрасте требуется среда близкая к нейтральной – pH_{KCl} 5,8...6,4, повышенная кислотность почвы оказывает весьма многостороннее негативное влияние.

Прямое вредное воздействие повышенной концентрации ионов водорода сочетается с косвенным влиянием ряда сопутствующих кислой реакции факторов. При повышенной кислотности почвенного раствора уменьшаются рост и ветвление корней, проницаемость клеток корня, поэтому ухудшается использование растениями воды и питательных веществ, нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляются процессы превращения простых углеводов (моносахаров) в другие более сложные органические соединения [16].

Коллоидная часть кислых почв бедна кальцием и другими основаниями. Вследствие вытеснения кальция ионами водорода из почвенного поглощающего комплекса, повышается его дисперсность и подвижность, а насыщение водородом минеральных коллоидных частиц приводит к постепенному их разрушению. Этим объясняется малое содержание в кислых почвах коллоидной фракции, поэтому они имеют неблагоприятные физические и физико-химические свойства, плохую структуру, низкую емкость поглощения и слабую буферность [17].

2. Нуждаемость почв в известковании по М. Ф. Корнилову (1971) [18]

Гранулометрический состав почв	Нуждаемость почв в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH менее	V % менее	pH	V %	pH	V %	pH более	V % более
Тяжело- и средне суглинистые	4,5	50	4,5...5,0	50...65	5,0...5,5	65...75	5,5	75
Легкосуглинистые	4,5	40	4,0...5,0	40...60	5,0...5,5	60...70	5,5	70
Супесчаные и песчаные	4,5	35	4,5...5,0	35...50	5,0...5,5	50...60	5,5	60
Заболоченные торфянистые, торфянистые и торфяно-болотные	3,5	35	3,5...4,2	35...55	4,2...4,8	55...65	4,8	65

В кислых почвах в 2...3 раза уменьшается подвижность молибдена, меди и цинка, они переходят в труднорастворимые формы, и их может не хватать для нормального роста растений, особенно бобовых.

Величина кислотности почвы – важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почв в известковании. Необходимо учитывать также степень насыщенности основаниями (V) и гранулометрический состав. С учетом этих трех показателей степень нуждаемости почв в известковании может быть установлена значительно точнее (табл. 2).

Под влиянием известкования возрастает использование растениями питательных веществ почвы и удобрений и значительно повышается урожайность сельскохозяйственных культур. На основании многочисленных опытов установлено, что известкование средне- и сильнокислых дерново-подзолистых почв увеличивает сбор зерна озимой пшеницы на 0,3...0,7 т/га, ржи, яровой пшеницы, ячменя – на 0,25...0,60, сена клевера – на 0,8...1,5, сахарной, кормовой свеклы и капусты – на 4,0...10,0, кукурузы (зеленая масса) – на 3,0...7,5, картофеля – на 1,0...2,5 т/га. При известковании сильнокислых почв урожайность повышается в еще большей степени, чем на средне- и слабокислых, и прибавки возрастают пропорционально повышению доз химического мелиоранта [18].

Известь медленно растворяется и взаимодействует с почвой, поэтому эффект от ее применения достигает максимума на 2...3-й год. При внесении извести в дозе по 1,0 г.к. её положительное действие на урожайность проявляется не менее 10...12 лет.

Прибавки урожайности от известкования и его экономическая эффективность могут широко варьировать в зависимости от ряда факторов, главные из которых степень кислотности почв, доза и форма извести, состав культур севооборота. Наибольший чистый доход от известкования кислых почв и окупаемость затрат обеспечиваются в севооборотах с наличием культур, сильно отзывающихся на использование этого приема. Результаты большого числа полевых опытов показывают, что на сильно- и среднекислых почвах затраты на известкование окупаются стоимостью дополнительного урожая зерновых за 1...2 года, кормовых культур – менее чем за год, а картофеля и овощей – в 3-кратном размере в течение года. На слабокислых почвах время окупаемости затрат возрастает в 1,5 раза [19, 20].

В Нижегородской области на светло-серой лесной легкосуглинистой почве в 1978 г. был заложен многолетний стационарный опыт по изучению эффективности разового известкования, проведенного при закладке (фактор А – без известкования; доломитовая мука в дозе по 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 и 2,5 г.к.), и систематического применения возрастающих доз минеральных удобрений (фактор В – без удобрений – 0; $N_{45...90}P_{30...60}K_{45...90}$ – NPK-1; $N_{90...120}P_{60...90}K_{90...120}$ – NPK-2; $N_{135...180}P_{90...135}K_{135...180}$ – NPK-3). Его результаты показали [21], что при длительном (в течение 36 лет) выращивании культур без известкования и применения минеральных удобрений кислотность почвы оставалась в исходных пределах среднекислых значений pH – 4,5...5,0 (табл. 3). К 2014 г. при ежегодном внесении минеральных удобрений отмечали подкисление неизвесткованной почвы на 0,7...1,0 ед. pH, в большей степени это проявилось на фоне высоких доз минеральных удобрений.

Проведенное в 1978 г. известкование уже к осени оказало положительное влияние на кислотно-основные свойства, в результате чего почва из слабокислой перешла в разряд с близкой к нейтральной и нейтральной реакцией среды. На 36-й год последействия известкования (к 2014 г.) выявлено, что применение высоких доз извести по 1,5...2,5 г.к. совместно с NPK-2 и NPK-3 обеспечило длительный положительный эффект, тогда как систематическое внесение тех же доз NPK на фоне Са 0,5 г.к. и Са 1,0 г.к. негативно повлияло на уровень кислотности почвы. К 2014 г. действие известкования ослабевало, почва в большинстве вариантов характеризовалась низким содержанием поглощенных оснований (до 7,6 мг-экв./100 г почвы). При этом систематическое применение высоких доз NPK оказало большее негативное влияние. Результаты исследования свидетельствуют о том, что за 36 лет известкование исчерпало своё эффективное действие даже после высоких доз и почва нуждается в проведении повторных мелиоративных работ [21].

Возобновление химической мелиорации в первую очередь связано с ассортиментом и ресурсами известковых удобрений. По данным Росстата, ежегодное производство известняковой муки в Российской Федерации не превышает 1,3...2,0 млн т, следовательно вопросы известкования выходят за рамки сельского хозяйства и приобретают характер межотраслевой проблемы. При дефиците известковых материалов и финансирования возможны следующие варианты известкования кислых почв:

активное применение магнийсодержащих известковых материалов с целью оптимизации содержания обменного магния в песчаных, супесчаных и частично суглинистых почвах на площади 10 млн га;

известкование половинными дозами остро нуждающихся в химической мелиорации пахотных почв с сильной и средней кислотностью на площади 12,2 млн га. Однако необходимо учитывать, что использование неполных доз извести в условиях дальнейшего повышения норм минеральных удобрений не обеспечивает благоприятной реакции среды, оптимальных соотношений питательных веществ для растений, устойчивого высокого плодородия почв и ведет к снижению продуктивности отдельных культур и севооборота в целом;

известкование малыми дозами в прикорневой слой в сочетании с внесением фосфоритной муки под вспашку.

Для наибольшей агроэкономической эффективности известкования необходимо современное научное обеспечение практики осуществления этого мероприятия. Основные исследования следует направить на решение следующих задач:

разработка дифференцированной системы оптимизации доз извести по комплексу агрохимических параметров почв;

3. Влияние длительного последействия различных доз извести и минеральных удобрений на изменение обменной кислотности (pH)

Удобрение (фактор В)	Доза доломитовой муки по г.к. (фактор А)											
	0		0,5		1,0		1,5		2,0		2,5	
	1978	2014	1978	2014	1978	2014	1978	2014	1978	2014	1978	2014
0	5,0	4,6	5,7	4,7	6,3	4,2	6,4	4,7	6,3	4,7	6,3	4,5
NPK-1	5,1	4,4	5,7	4,4	5,9	4,5	6,2	4,7	6,3	4,5	6,5	4,5
NPK-2	5,0	4,2	5,8	4,3	5,8	4,3	6,2	4,7	6,2	4,5	6,0	4,5
NPK-3	5,0	4,0	5,7	4,1	5,9	4,3	6,2	4,1	6,7	4,4	6,4	4,1
$НСР_{05}$ (1978/2014) для факторов: А – 0,13/0,13; В – 0,10/Fф<Fт; АВ – 0,25/0,26												

оптимизация химического и гранулометрического состава известковых удобрений;

определение периодичности известкования;

оптимизация уровней применения минеральных и органических удобрений;

разработка ассортимента известковых удобрений, применение экологически безопасных известковых и минеральных удобрений;

разработка приёмов известкования, обеспечивающих максимальную окупаемость затрат на его проведение;

разработка севооборотов, включающих наиболее отзывчивые на известкование культуры.

Таким образом, в результате резкого снижения объемов известкования в нашей стране нарастают площади кислых почв. По данным мониторинга агрохимической службы России, площади почв, нуждающихся в первоочередном известковании, составляют более 30 млн га. Необходимо восстановить инфраструктуру этой отрасли химизации и требуемый ежегодный объем внесения известковых удобрений для устранения дальнейшего подкисления почв сельскохозяйственных земель, последующего снижения эффективности минеральных удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур, потери качества продукции. На кислых почвах химическая мелиорация должна предшествовать всем агротехническим мероприятиям, особенно применению минеральных удобрений и посеву высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, эффективность которых иначе будет снижена на 30…40 %.

Литература.

1. Гарднер Г. Известкование почв в Англии. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1954. 228 с.

2. Потери элементов питания растений в агробиохимическом круговороте веществ и способы их минимизации / И. А. Шильников, В. Г. Сычёв, А. Х. Шеуджен и др. М.: ВНИИА, 2012. 350 с.

3. Тяжелые металлы в системе почва-растения-удобрения / М. М. Овчаренко, И. А. Шильников, Н. И. Аканова и др. М.: Пролетарский светоч, 1997. 290 с.

4. Небольсин А. Н., Небольсина З. П. Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов). СПб.: ГНУ ЛНИИСХ Россельхозакадемии, 2010. 241 с.

5. Кулаковская Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. М. Агропромиздат. 1990. 218 с.

6. Яковлева Л. В. Экологические аспекты известкования дерново-подзолистых почв Северо-Запада России. Автореф. дисс. … докт. с.-х. наук. С-Пб. ГАУ 2009. 36 с.

7. Закшевская Е. В., Закшевская Т. В., Тютюников А. А. Теоретические и практические аспекты государственного регулирования агропродовольственного рынка // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. Вып. 4-2 (47). С. 129–136.

8. Кизинёк С. В. Эффективность различных форм кальцийсодержащих удобрений при возделывании риса // Плодородие. 2013. № 1.С. 14–16.

9. Кремзин Н. М. Удобрение и химическая мелиорация кислых почв Кубани, используемых под рис. Автореф. дисс. … канд. с.-х. наук. М. 1990. 22 с.

10. Авдонин Н. С. Известкование кислых почв. М.: Колос, 1976. 304 с.

11. Орлов Д. С. Химия почв. М.: МГУ, 1992. 400 с.

12. Петрова И. С., Шильников И. А., Щелкунова А. А. Агроэкономическая эффективность сочетания возрастающих доз извести и минеральных удобрений. Бюлл. ВИУА. 1987. № 82. С. 68-72.

13. Корнилов М. Ф., Небольсин А. Н. Условия, определяющие эффективность известкования кислых почв // Агрохимия. 1968. № 5. С. 62–68.

14. Аканова Н. И. Агроэкологическая и энергетическая эффективность сочетания известкования с минеральными удобрениями. Автореф. дисс. … д-ра биол. наук. М. ВИУА. 2001. 36 с.

15. Потери питательных элементов растений: монография / И. А Шильников, В. Г. Сычёв, А. Х. Шеуджен и др. Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH& Co.KG, Deutschland. 2015. 502 с.

16. Кедров-Зихман О. К. Основные вопросы теории и практики известкования дерново-подзолистых почв Советского Союза // Вопросы питания и применения удобрений. М.: ВАСХНИЛ, 1957. С. 148–182.

17. Шильников И. А., Ермолаев С. А., Аканова Н. И. Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. М.: ООО «Технология», 2006. 158 с.

18. Корнилов, М.Ф. Известкование кислых почв Нечерноземной полосы СССР. Л.: Колос, 1971. 255 с.

19. Шильников И. А., Мельникова М. Н. Научные основы и рекомендации по известкованию кислых почв в странах Восточной Европы // Бюл. ВИУА. 1992. .№ 19. 80 с.

20. Лозовая Н. Г, Мальцев В. Т., Мошкарев В. Н. Влияние различных приемов известкования на агрохимические свойства серой лесной кислой почвы и продуктивность севооборота в Прибайкалье // Агрохимия. 2011. № 3. С. 24–32.

21. Комиссарова В. С., Богомолова Ю. Л., Сюбаева А. О. Влияние длительного последействия известкования и систематического применения удобрений на кислотность светло-серой почвы // Плодородие. 2018. № 2. С. 6–8.

Agroecological Foundation of Chemical Amelioration of Soils

R. V. Nekrasov[1], M. M. Ovcharenko[2], N. I. Akanova[3]

[1]Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Orlikov per., 1/11, Moskva, 107139, Russian Federation
[2]Agrochemical Union, ul. Bolshaya Akademicheskaya, 44, k. 2, Moscow, 127550, Russian Federation
[3]D. N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova, 31 a, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. *The state and dynamics of soil acidity of agricultural land, the use of fertilizers and ameliorants for more than 30 years of the survey have been analyzed; the application peculiarities of various forms of lime-containing materials and the forecast of agrochemical measures for the period up to 2024 are presented. Intensive acidification of soil has been observed in the last 10 years when liming work has been almost completely terminated. So, in comparison with the period of 1975–1991, the volumes of lime fertilizers applied in the Voronezh region decreased by a factor of 20–22. As a result, up to 2/3 of the sugar beet harvest is lost, which annually turns into a shortage of 352,800 tons of sugar produced from it. According to the monitoring data, the area of arable soil requiring liming increases annually by 1 million hectares. It was revealed that the soil areas requiring immediate liming are the largest in the Far Eastern (59.1%), Central (54.9%), Ural (44.7%) and Northwestern (40.6%) federal districts. The annual loss of crop production from the excess acidity of Russian soil is 16–18 million tons in terms of grain. For the first time, high efficiency of lime fertilizers was established under the conditions of the Krasnodar Krai in rice fields. The average increase in rice grain yield when adding 3–4 t/ha of limestone meal was 0.39– 0.46 t/ha. The factors affecting the efficiency of soil liming, its combination with mineral fertilizers are considered. The quantitative parameters of the base migration from the root layer of soil were established depending on the soil particle size distribution and the form of the chemical ameliorant. The results of the influence of lime's various doses on crop yields are presented. Soil liming is the main environmental protection measure that ensures the stabilization of the ecological safety of agrocenoses and the obtaining of products that meet sanitary and hygienic standards. Scenarios for the chemical reclamation of acid soils in the context of a shortage of lime materials and funding are proposed.*

Keywords: *soil liming; calcium; magnesium; soil fertility; acidity; yield; chemical amelioration.*

Author Details: *R. V. Nekrasov, director of division (e-mail: r.nekrasov@mcx.ru); M. M. Ovcharenko, D. Sc. (Agr.), president (e-mail: agruna43@mail.ru); N. I. Akanova, D. Sc. (Biol.), head of group (e-mail: N_Akanova@mail.ru).*

For citation: *Nekrasov R. V., Ovcharenko M. M., Akanova N. I. Agroecological Foundation of Chemical Amelioration of Soils. Zemledelie. 2019. No. 4. Pp. 3–7 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10401.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10402
УДК 631.4

Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов

А. А. ШПЕДТ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор[1], зам. директора[2] (e-mail: shpedtaleksandr@rambler.ru)
Ю. В. АКСЕНОВА[3], кандидат биологических наук, доцент (e-mail: axsenovajulia@gmail.com)
В. Н. ЖУЛАНОВА[4], доктор биологических наук, профессор (e-mail: zhvf@mail.ru)
В. А. РАССЫПНОВ[5], доктор биологических наук, профессор (e-mail: rassvial@mail.ru)
М. Г. ЕРУНОВА[6], кандидат технических наук, научный сотрудник (e-mail: marina.erunova@gmail.com)
М. В. БУТЫРИН[7], директор (e-mail: agrohim_38_1@mail.ru)

[1]Сибирский федеральный университет, просп. Свободный, 79, Красноярск, 660041, Российская Федерация
[2]Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», просп. Свободный, 66, Красноярск, 660041, Российская Федерация
[3]Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, 644008, Российская Федерация
[4]Тувинский государственный университет, ул. Ленина, 36, Кызыл, Республика Тыва, 667000, Российская Федерация
[5]Алтайский государственный аграрный университет, просп. Красноармейский, 98, Барнаул, 656049, Российская Федерация
[6]Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Академгородок, 50, Красноярск, 660036, Российская Федерация
[7]Центр агрохимической службы «Иркутский», ул. Садовая, 1, пос. Дзержинск, Иркутский р-н, Иркутская обл., 664510, Российская Федерация

Проведена сравнительная оценка природного потенциала агрочерноземов Сибири по почвенно-экологическому индексу (ПЭИ). В основу расчета ПЭИ положены климатические, агрохимические и почвенные показатели. Общая площадь черноземов на территории Сибирского федерального округа (СФО) превышает 27 млн га, среди них преобладают дисперсно-карбонатные (42,4 %) и глинисто-иллювиальные типичные (33,1 %). Значительны площади глинисто-иллювиальных оподзоленных (7,9 %) и текстурно-карбонатных типичных агрочерноземов (14,7 %). Наиболее ценные для сельскохозяйственного использования почвы формируются в Красноярском и Алтайском краях, в которых сосредоточено до 50 % площади всех черноземов СФО. Высокий ПЭИ имеют агрочерноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные и типичные Алтайского края, оценочный балл которых достигает 54...56. В Красноярском крае и Омской области они оцениваются на 6...8, а в Иркутской – на 19...21 балл ниже. Эти почвы обеспечены гумусом, подвижными формами фосфора и калия. Агрочерноземы дисперсно-карбонатные и текстурно-карбонатные типичные менее ценны, содержание гумуса, подвижного фосфора и калия в этих почвах ниже, в связи с чем их ПЭИ по субъектам СФО меньше и варьирует от 30 до 48 баллов, при максимальной величине на территории Красноярского края. Самый низкий оценочный балл имеют агрочерноземы Республики Тыва. Независимо от типа этих почв их ПЭИ не превышает 17...21 балла. Средневзвешенные значения ПЭИ агрочерноземов СФО изменяются от 48 до 21 балла и уменьшаются в ряду: Красноярский край – Алтайский край – Иркутская область – Омская область – Республика Тыва. Развитие на почвах эрозии и дефляции в средней степени понижает величину их ПЭИ на 3...17 баллов, а наличие солонцеватости – на 9...10 баллов. Рассчитанные значения ПЭИ агрочерноземов необходимы для определения их ресурсного потенциала, проведения кадастровой и рыночной оценки, разработки рекомендаций по трансформации угодий.

Ключевые слова: *оценка почв, чернозем, агрочернозем, почвенный индекс, агрохимический индекс, климатический индекс, почвенно-экологический индекс.*

Для цитирования: *Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов / А. А. Шпедт, Ю. В. Аксенова, В. Н. Жуланова и др. // Земледелие. 2019. № 4. С. 8–13. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10402.*

Первая фундаментальная работа о черноземах Сибири – известный доклад В. В. Докучаева «По вопросу о сибирском черноземе» [1], сделанный на заседании сельскохозяйственного отделения Вольного экономического общества 11 марта 1882 г. В докладе отмечено, что «Сибирский чернозем далеко не представляет таких сплошных площадей, как чернозем европейский ...». Далее следует предупреждение: «Под черноземом в Сибири нередко разумеют почвы, ничего общего не имеющие с настоящим черноземом; понятно, таким образом, площадь сибирских черноземов может разрастись до бесконечности». Положение о свойствах черноземов выглядит у Докучаева следующим образом: «Состав и строение сибирского чернозема столь же разнообразны, как и у черноземов Европейской России; и тот и другой залегают безразлично на глинах, песках, известняках и на породах массивных (каковы граниты). Очевидно, и качества сибирских черноземов должны быть далеко не одинаковы».

Черноземам разных регионов Сибири посвящен ряд обобщающих трудов [2, 3, 4, 5], но изучали их больше в региональном аспекте, часто с использованием «местных» почвенных классификаций и группировок. Это усложняет выполнение сравнительной оценки черноземов разных субъектов такого макрорегиона, как Сибирский федеральный округ (СФО). Для объективной сравнительной характеристики черноземов разных регионов необходимы общая классификация и методика оценки почв.

Согласно интегральной оценке качества почв для сельскохозяйственного использования, проведенной в 2013 г. в Почвенном институте им. В. В. Докучаева, все субъекты СФО, за исключением Алтайского края, отнесены к «наиболее неблагоприятным регионам» или к «регионам с плохим качеством почв» [6]. Непригодные для аграрного производства почвы в Республике Тыва занимают 82 %, в Красноярском крае – 81 %, в Омской и Иркутской областях – 63 и 62 % соответственно, в Алтайском крае – 42 %. Оценка качества почв, формирующихся в зонах с неблагоприятными почвенно-климатическими условиями, имеет важное практическое значение, так как государственная кадастровая оценка земель не учитывает свойства почв и их региональные особенности.

Работа базируется на расчете почвенно-экологических индексов (ПЭИ), которые используют при проведении комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [7]. Прежде всего, необходимо оценить распространение и свойства черноземов – основной базы для ведения аграрного производства в СФО. Благодаря их наличию Сибирь выступает одним из главных производителей товарного и продовольственного зерна яровой пшеницы в России.

Цель исследования – оценка по-

средством ПЭИ агрочерноземов ряда субъектов СФО для планирования рационального землепользования, охраны почв и почвенного покрова.

Первостепенные источники данных о распространении черноземов на территории СФО – цифровая почвенная карта РСФСР [8] и монография «Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации» [9]. Цифровая модель описания почвенных данных представлена в открытом доступе в Едином государственном реестре почвенных ресурсов России [10] и подготовлена в Почвенном институте имени В. В. Докучаева. Цифровая модель представляет собой оцифрованные контуры почвенной карты РСФСР масштаба 1:2500000 и служит основополагающим документом, созданным для всей территории России по единой методике и на основе общей легенды. Пакет файлов почвенной карты представлен в формате ESRI Shape. Карта распространения черноземов по территории субъектов СФО (см. рисунок) создана в ГИС ArcGIS, которая позволяет собирать, организовывать, управлять, анализировать, распределять географическую информацию и обмениваться ею [11]. Для каждого субъекта СФО были выделены, согласно классификации 2004 г., типы агрочерноземов [12] и с помощью стандартных средств ГИС посчитаны их площади.

ПЭИ – количественная величина, отражающая природный потенциал пахотных земель в баллах (от 1 до 100) продуктивности группы ведущих сельскохозяйственных культур. Методика разработана И. И. Кармановым [13, 14, 15] в Почвенном институте им. В. В. Докучаева на основе новых подходов с учетом опыта бонитировки почв, как в России, так и за рубежом [16, 17].

Расчет индексов выполнен при помощи автоматизированной электронной системы (АЭС), разработанной на базе Microsoft Excel.

Агрочерноземы Омской области охарактеризованы по данным ФГБУ ЦАС «Омский» [18, 19, 20] и ФГБУ САС «Тарская» [21]. Агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные (Luvic Chernozems) хорошо обеспечены гумусом, имеют повышенное количество подвижного фосфора и обменного калия. Менее гумусированны агрочерноземы текстурно-карбонатные (Calcic Chernozems) и дисперсно-карбонатные (Voronic Chernozems Pachic), а также их солонцеватые аналоги. Почвы характеризуются средней обеспеченностью подвижным фосфором и очень высокой – калием, нейтральной, либо близко к нейтральной реакцией почвенной среды.

Исходные данные для расчета почвенно-экологических индексов агрочерноземов Алтайского края были взяты из материалов агрохимического обследования, проводившегося на территориях обслуживания ФГБУ ЦАС «Алтайский» [2, 22, 23], ФГБУ САС «Алейская» [24] и ФГБУ ГСАС «Кулундинская» [25]. Агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные и дисперсно-карбонатные хорошо обеспечены гумусом, имеют нейтральную реакцию почвенного раствора, среднесуглинистый гранулометрический состав. Агрочерноземы текстурно-карбонатные менее гумусированы, отличаются слабощелочной реакцией и более легким гранулометрическим составом. Почвы имеют очень высокую и высокую обеспеченность подвижным калием, менее обеспечены подвижным фосфором.

Для Красноярского края данные по черноземам были обобщены П. И. Крупкиным [3] применительно к самому крупному сельскохозяйственному Канскому природному округу. Кроме того, мы использовали материалы учреждений агрохимической службы [26, 27, 28 и др.]. Высокое содержание гумуса характерно для агрочерноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных. Агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные и дисперсно-карбонатные отличаются от них меньшим содержанием гумуса (на 1 и 2 % соответственно). Все почвы имеют нейтральную реакцию солевой суспензии и очень высокую обеспеченность подвижным фосфором и калием.

Данные по черноземам Тывы взяты из материалов агрохимического обследования ФГБУ ГСАС «Тувинская» [29]. Количество гумуса в агрочерноземах дисперсно-карбонатных и текстурно-карбонатных невысокое [30]. Тывинские агрочерноземы характеризуются легким гранулометрическим составом, слабощелочной и нейтральной реакцией почвенного раствора, средней обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием.

Сведения по агрочерноземам Иркутской области получены из материалов агрохимического обследования, выполненного ФГБУ ЦАС «Иркутский» [31, 32, 33]. Агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные и дисперсно-карбонатные достаточно обеспечены гумусом, имеют нейтральную реакцию среды и среднюю обеспеченность подвижным фосфором и калием.

Основные климатические параметры, характеризующие зоны распространения черноземов СФО, взяты из ранее опубликованных материалов [14, 15]. Сибирские черноземы распространены на юге азиатской части России и формируются во всех субъектах СФО (см. рисунок). Площади черноземов распределены по субъектам округа крайне неравномерно (табл. 1), от 20 тыс. га в Томской области, до 10 млн га в Алтайском крае.

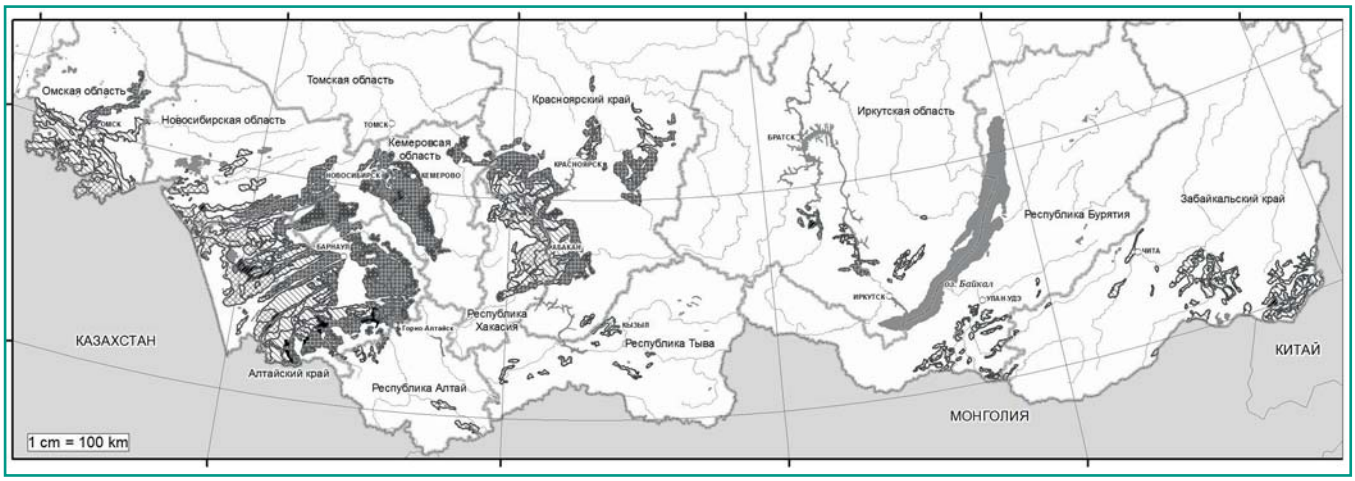

Рисунок. *Распространение черноземов по территории субъектов СФО: — чернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный; — чернозем дисперсно-карбонатный; — чернозем солонцеватый; — чернозем глинисто-иллювиальный типичный; — чернозем миграционно-мицелярный; — чернозем текстурно-карбонатный типичный.*

1. Распределение черноземов по субъектам СФО, тыс. га

Субъект	Чернозем						Общая площадь
	глинисто-иллювиальный		миграционно-мицелярный	дисперсно-карбонатный	текстурно-карбонатный типичный	солонцеватый	
	оподзоленный	типичный					
Алтайский край	690,10	3355,92	203,84	3014,68	1953,00	202,40	9419,94
Красноярский край	191,36	2301,06	–	1563,49	56,50	–	4112,41
Омская область	27,30	288,86	–	2352,53	429,44	51,30	3149,43
Новосибирская область	522,53	1350,62	–	405,97	540,21	22,09	2841,42
Забайкальский край	–	–	–	1968,45	–	32,43	2000,88
Кемеровская область	649,31	1262,13	–	–	–	–	1911,44
Республика Хакасия	32,81	116,55	–	876,45	750,37	–	1776,18
Республика Бурятия	–	–	–	672,11	–	–	672,11
Иркутская область	–	212,40	–	292,16	–	28,28	532,84
Республика Тыва	–	–	–	100,53	241,17	–	341,69
Республика Алтай	38,33	47,14	–	85,64	144,40	–	315,52
Томская область	–	22,30	–	–	–	–	22,30
Всего	2151,74	8956,98	203,84	11472,65	3974,45	336,50	27096,16

Общая площадь черноземов СФО составляет более 27 млн га, среди них преобладают типы дисперсно-карбонатных (42,4 %) и глинисто-иллювиальных типичных (33,1 %). Значительны площади черноземов глинисто-иллювиальных оподзоленных (7,9 %) и текстурно-карбонатных типичных (14,7 %). Это наиболее ценные почвы, «золотой» фонд пахотных земель, позволяющий вести рентабельное аграрное производство. Черноземы солонцеватые распространены ограниченно, на их общую долю в структуре почвенного покрова черноземов приходится немногим более 1 %.

В Алтайском крае сосредоточено более трети всех черноземов СФО, среди которых ведущее место занимают глинисто-иллювиальные типичные (35,6 %) и дисперсно-карбонатные (32,0 %) типы. Здесь же формируются миграционно-мицелярные черноземы (Voronic Chernozems), которых нет в других субъектах СФО. Зональная особенность черноземов равнинной части Алтайского края – меридиональное расположение, связанное с гидротермическими условиями. Черноземы глинисто-иллювиальные, залегающие на востоке Алтайского края, в условиях достаточной влагообеспеченности, на западе сменяются чернозёмами дисперсно-карбонатными. Смена типов происходит постепенно, что обусловливает большую комплексность почвенного покрова в переходных зонах. Более 60 % площади чернозёмов распаханы и находятся в эродированном и дефлированном состоянии. В Красноярском крае сформировано более 4,1 млн га черноземов, которые представлены в основном глинисто-иллювиальными типичными (55,5 %) и дисперсно-карбонатными (38,0 %) типами. Регион занимает второе место в СФО по распространению черноземов. Вместе с почвами Алтайского края здесь сосредоточено 50 % всех сибирских черноземов.

Резко контрастный, суровый температурный режим определяет ряд провинциальных особенностей красноярских черноземов: укороченный гумусовый горизонт и повышенную его гумусированность; низкую биологическую активность; «карманистость» нижней границы гумусового слоя; наличие признаков мерзлотного оглеения; слоистую текстуру.

Для черноземов характерна комплексность почвенного покрова и литологическая неоднородность почвообразующих пород. В связи с активным развитием эрозионных процессов на распаханных территориях, широкое распространение получили эродированные и дефлированные черноземы.

В регионе остро стоит проблема загрязнения почв водорастворимым фтором, выбрасываемым в атмосферу Красноярским алюминиевым заводом. Химической деградации подвержены десятки тысяч гектаров плодородных глинисто-иллювиальных и дисперсно-карбонатных черноземов [34]. Начиная с 2004 г., завод в разы увеличил производство алюминия. Пропорционально выходу продукции возросла и площадь почв, загрязненных продуктами переработки. Так, с 1995 г. средневзвешенное содержание водорастворимого фтора в почвах сельскохозяйственных угодий увеличилось в 1,7...1,9 раза и достигло 33...39 мг/кг, при ПДК 10 мг/кг. Сегодня в разной степени загрязнено более 129 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

Территория распространения черноземов Омской области также характеризуется высокой комплексностью, связанной с неоднородностью ее геологического строения, слабой дренированностью и бессточностью, засоленностью почвообразующих и подстилающих пород, высоким залеганием и минерализацией грунтовых вод [35]. Область находится на третьем месте среди субъектов СФО по распространению черноземов. Это агрономически ценные пахотные почвы области, составляющие основную базу производства высококачественного зерна яровой пшеницы. Формируются они вдоль приречных увалов Иртыша и Оми, по гривообразным повышениям лесостепной и степной зоны. Наибольшее распространение здесь получили черноземы дисперсно-карбонатные, часто солонцеватые, занимающие до 75 % всей площади черноземов. Сформировавшись в условиях резко континентального климата, суровой зимы и глубокого промерзания, черноземы области, в отличие от европейских аналогов, характеризуются относительно невысоким потенциальным плодородием и представлены преимущественно маломощными и малогумусными видами с «языковатой» границей гумусового слоя [35].

Значительные площади черноземных почв (от 1,8 до 2,8 млн га) сосредоточены в Новосибирской и Кемеровской областях, Забайкальском крае и Республике Хакасия. Они также нуждаются в сравнительной оценке, однако на сегодняшний день авторы не располагают исходными средневзвешенными данными для конкретного типа почв каждого региона.

Неблагоприятная ситуация складывается с глинисто-иллювиальными черноземами Кемеровской области – лучшими пахотнопригодными почвами региона. На основе обобщения имеющихся сведений сделано заключение об эрозионно-дефляционном разрушении этих почв, так как при их использовании в составе пашни не соблюдаются даже элементарные почвозащитные мероприятия [36]. Почвы отводят для открытой (карьерной) добычи каменного угля, основные запасы которого находятся в пределах Кузнецкой котловины, где в структуре почвенного покрова преобладают черноземы. Для сохранения почв на этой территории предлагается применять «обязательный жесткий контроль» при отводе земель для угледобывающей отрасли.

В Иркутской области черноземы занимают значительно меньшую пло-

щадь, около 0,53 млн га. Они распространены на террасах рек Ангара и Куда, а также их притоков и не образуют крупных массивов, отличаются малой мощностью гумусового горизонта, высоким содержанием гумуса, интенсивным промерзанием и длительным сохранением сезонной мерзлоты [37]. Почвы формируются в условиях палеокриогенного бугристо-западинного микрорельефа, образуя комбинации в виде комплексов или пятнистостей, деградированных на буграх и в аккумулятивных западинах [38]. При распашке таких комбинаций различия по мощности, содержанию и составу гумуса почв, а также по морфологическим, физическим и химическим свойствам, существенно возрастают, что усиливает пестроту почвенного покрова.

На территории Тывы черноземы сформировались на пологих увалах и предгорных шлейфах Турано-Уюкской котловины, в северных предгорьях Восточного и Западного Танну-Ола и не образуют сплошного покрова. В этом регионе черноземы не имеют широкого распространения. Их общая площадь не превышает 0,34 млн га. Для почв характерна литологическая неоднородность почвообразующих пород, каменистость, легкий (часто песчаный) гранулометрический состав. При распашке черноземов и под влиянием дефляционных процессов происходит их деградация.

В Омской области наиболее высокие значения ПЭИ имеют агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные, распространенные на севере этого субъекта Федерации (табл. 2). В агрочерноземах дисперсно-карбонатных и текстурно-карбонатных типичных, формирующихся на юге области, в условиях недостаточной влагообеспеченности, поступления органического вещества, ускоренных процессов минерализации и развития дефляции, ПЭИ на 14...19 баллов ниже. В 25 баллов оцениваются солонцеватые подтипы агрочерноземов. Развитие эрозии и дефляции в средней степени, также снижает величину ПЭИ. В среднем неэродированные почвы, по отношению к деградированным аналогам, оценены на 6 баллов выше. Средневзвешенная величина ПЭИ агрочерноземов области ниже, чем для почв Алтайского и Красноярского краев, на 8...10 баллов.

2. Индексы агрочерноземов СФО, балл

Почва	Индекс			
	почвенный	агрохимический	климатический	почвенно-экологический
Омская область				
Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный	9,41	1,05	4,93	49
то же среднеэродированный	6,49	1,05	4,93	34
Агрочернозем дисперсно-карбонатный	8,11	1,05	4,05	35
то же среднедефлированный	7,14	1,05	4,05	30
Агрочернозем текстурно-карбонатный типичный	7,77	1,05	3,61	30
то же среднедефлированный	6,84	1,05	3,61	26
Среднее для неэродированных почв	8,43	1,05	4,20	37
Средневзвешенное для неэродированных почв	–	–	–	35
Среднее для эродированных и дефлированных почв	6,39	1,05	4,20	28
Агрочернозем дисперсно-карбонатный среднесолонцеватый	5,77	1,05	4,05	25
то же среднедефлированный	5,08	1,05	4,05	22
Алтайский край				
Агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный	9,26	1,11	5,25	54
то же среднеэродированный	6,39	1,11	5,25	37
Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный	9,31	1,16	5,18	56
то же средне эродированный	6,43	1,16	5,18	39
Агрочернозем дисперсно-карбонатный	8,82	1,05	4,31	40
то же среднедефлированный	7,76	1,05	4,31	35
Агрочернозем текстурно-карбонатный типичный	7,94	1,04	4,11	34
то же средне дефлированный	6,98	1,04	4,11	30
Среднее для неэродированных почв	8,83	1,09	4,71	45
Средневзвешенное для неэродированных почв	–	–	–	45
Среднее для эродированных и дефлированных почв	6,89	1,09	4,71	35
Агрочернозем текстурно-карбонатный среднесолонцеватый	5,95	1,04	4,11	25
то же среднедефлированный	5,24	1,04	4,11	22
Красноярский край				
Агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный	10,08	1,23	3,85	48
то же средне эродированный	6,96	1,23	3,85	33
Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный	9,98	1,23	3,88	48
то же среднеэродированный	6,88	1,23	3,88	33
Агрочернозем дисперсно-карбонатный	10,26	1,23	3,77	48
то же среднедефлированный	9,02	1,23	3,77	42
Среднее для неэродированных почв	10,11	1,23	3,83	48
Средневзвешенное для неэродированных почв	–	–	–	48
Среднее для эродированных и дефлированных почв	7,62	*1,23*	*3,83*	*36*
Республика Тыва				
Агрочернозем дисперсно-карбонатный	8,28	1,00	2,55	21
то же среднедефлированный	7,29	1,00	2,55	19
Агрочернозем текстурно-карбонатный типичный	7,94	1,00	2,55	20
то же среднедефлированный	6,98	1,00	2,55	18
то же среднекаменистый	6,74	1,00	2,55	17
Среднее для неэродированных почв	8,11	1,00	2,55	21
Средневзвешенное для неэродированных почв	–	–	–	21
Среднее для дефлированных почв	*7,14*	*1,00*	*2,55*	*18*
Иркутская область				
Агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный	9,12	1,03	3,68	35
то же среднеэродированный	6,29	1,03	3,68	24
Агрочернозем дисперсно-карбонатный	10,35	1,03	3,48	37
то же среднедефлированный	9,11	1,03	3,48	33
Среднее для неэродированных почв	9,74	1,03	3,58	36
Средневзвешенное для неэродированных почв	–	–	–	36
Среднее для эродированных и дефлированных почв	7,70	1,03	3,58	28

Самые высокие ПЭИ отмечены для агрочерноземов глинисто-иллювиальных Алтайского края. Это самые плодородные и производительные почвы СФО. Они характеризуются высоким климатическим индексом, что и делает их наиболее ценными. Агрочерноземы дисперсно-карбонатные и текстурно-карбонатные оцениваются на 14...22 балла ниже. Эрозионные процессы снижают их ПЭИ в среднем на 10, а появление солонцеватости средней степени – на 9 баллов.

В структуре почвенного покрова распаханных массивов Красноярского края агрочерноземы занимают около 62 % [3]. ПЭИ разных типов этих почв высокие и находятся в пределах 47...48 баллов. Эрозия и дефляция почти на 12 баллов понижают их ценность. В целом агрочерноземы региона отличаются высокими почвенными и агрохимическими индексами, однако они уступают алтайским по климатическому индексу, в результате итоговые ПЭИ агрочерноземов этих регионов отличаются незначительно. Средневзвешенные ПЭИ также близки.

В структуре почвенного покрова земледельческой территории Тывы агрочерноземы занимают около 25 % [29]. ПЭИ агрочерноземов дисперсно- и текстурно-карбонатных самые низкие, развитие дефляции и каменистость почв уменьшают их в среднем на 3 балла.

В Иркутской области наибольшей ценностью обладает агрочернозем дисперсно-карбонатный. Ценность глинисто-иллювиального агрочернозема ниже на 2 балла. В результате развития эрозии и дефляции ПЭИ этих почв уменьшаются более чем на 7 баллов.

Анализ имеющихся данных позволяет утверждать, что наиболее плодородные агрочерноземы находятся в центре СФО – в Алтайском и Красноярском краях. ПЭИ этих почв последовательно уменьшается при продвижении от Красноярского и Алтайского краев к Иркутской, Омской области и Республике Тыва. Для сравнения: все почвы Краснодарского края имеют ПЭИ равный 100 баллам. Согласно выполненному исследованию, сибирские агрочерноземы уступают в плодородии краснодарским более чем в 2...5 раза, а с учетом эрозии и дефляции – в 3...6 раз.

Большой вклад в результирующий ПЭИ вносит почвенный индекс. В зависимости от типа почвы, наличия или отсутствия проявления эрозии и дефляции, каменистости величина почвенного индекса изменяется от 1,2 до 1,9 раза. Значения агрохимического индекса сопоставимы, так как оценивали почвы одного генезиса, близкие по свойствам и особенностям плодородия. В большинстве случаев почвы имели благоприятную реакцию среды, среднюю и выше средней обеспеченность подвижным фосфором и высокую калием. Высокий агрохимический индекс имеют агрочерноземы Красноярского края, отличающиеся очень высокой обеспеченностью элементами питания. Климатический индекс закономерно уменьшался в направлении с запада на восток – от омских агрочерноземов к иркутским. В этот ряд не входят агрочерноземы Тывы по причине их орографической обособленности и формирования в наиболее жестких, даже для Сибири, климатических условиях.

Сравнивая агрочерноземы Омской и Иркутской областей, можно отметить их близкие итоговые значения ПЭИ, но складываются они по-разному. На итоговый ПЭИ омских агрочерноземов оказывает влияние более высокая величина климатического индекса, а ПЭИ иркутских агрочерноземов в большей мере формируется благодаря почвенному индексу.

Таким образом, исследуемый макрорегион обладает огромным почвенным потенциалом в виде черноземов разных типов. Их общая площадь в СФО составляет более 27 млн га, доминируют дисперстно-карбонатные (42,4 %) и глинисто-иллювиальные типичные типы (33,1 %). Значительны площади глинисто-иллювиальных оподзоленных (7,9 %) и текстурно-карбонатных типичных черноземов (14,7 %). В Алтайском и Красноярском краях сосредоточено 50 % площади всех черноземов СФО. Средневзвешенные ПЭИ агрочерноземов СФО изменяются от 48 до 21 баллов и уменьшаются в ряду: Красноярский край – Алтайский край – Иркутская область – Омская область – Республика Тыва. Развитие на агрочерноземах эрозии и дефляции в средней степени понижает их ПЭИ на 3...17 баллов, а наличие солонцеватости – на 9...10 баллов. Итоговый почвенно-экологический индекс в большей степени определяется величинами почвенного и климатического индексов. Значение агрохимического индекса нивелировано в связи с тем, что оценивали почвы одного генезиса, близкие по свойствам и особенностям плодородия. Информация о ценности почвенных ресурсов необходима при их распределении или перераспределении между отраслями производства, для развития аграрной отрасли, определения инвестиционной привлекательности, повышения доходности земледелия. Огромные массивы черноземов все еще не востребованы, находятся под редколесьями, залежами, либо используются как пастбища. Сегодня их необходимо рассматривать как недоучтенный резерв для расширения площади пахотных угодий и как важнейший, сбалансированный для жизни человека, экологический ресурс. Безусловно, сибирские черноземы уступают европейским аналогам в плодородии, имеют ряд провинциальных, чаще всего, негативных особенностей, однако недооценивать их производительную способность и экологическое значение нельзя. Для наиболее рационального использования этих почв необходимо всестороннее изучение их свойств и режимов, разработка для них на видовом уровне, агротехнических, агрохимических и почвозащитных мероприятий, направленных на получение экономически оптимальных урожаев, при обеспечении выполнения почвенным покровом глобальных экологических функций.

Литература.

1. Докучаев В. В. По вопросу о сибирском черноземе // Сочинения. Т. 2. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 357–381.

2. Бурлакова Л. М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. Новосибирск: Наука, 1984. 199 с.

3. Крупкин П. И. Черноземы Красноярского края: Монография. Красноярск: Издательство КрасГУ, 2002. 332 с.

4. Сарыкин В. Н., Даммер В. А. Динамика плодородия пахотных почв Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т.29. № 11. С. 8–10.

5. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Черноземы Кузнецкой котловины. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 256 с.

6. Иванов А. Л., Савин И. Ю., Столбовой В. С. Качество почв России для сельскохозяйственного использования // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 6. С. 41–45.

7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 273 с.

8. Почвенная карта РСФСР М 1:2500000 / гл. ред. В. М. Фридланд. М.: ГУГК СМ СССР, 1988. 16 л.

9. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации / под ред. Л. Л. Шишова, Н. В. Комова, А. З. Родина и др. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2001. 400 с.

10. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: http://egrpr.soil.msu.ru/indicators.php (дата обращения 5.04.2019).

11. Шпедт А. А., Ерунова М. Г. Создание цифровой крупномасштабной почвенной карты учебного хозяйства «Миндерлинское» Сухобузимского района Краснояр-

ского края // Вестник КрасГАУ. 2011. №7. С.57–61.
12. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева и др., Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
13. Карманов И. И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. М.: Изд-во РАСХН, 1990. 114 с.
14. Карманов И. И., Булгаков Д. С. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2012. 122 с.
15. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов, И. И. Карманов и др. М.: Агропромиздат,1991. 304 с.
16. Применение и верификация почвенно-экологического индекса при оценке структур почвенного покрова пахотных угодий / Д. С. Булгаков, Н. П. Сорокина, И. И. Карманов и др. // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1367–11376.
17. Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель / Э. Н. Молчанов, И. Ю. Савин, А. С. Яковлев и др. // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1394–1406.
18. Красницкий В. М., Шмидт А. Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 7. С. 34–38.
19. Проблемы почвенного плодородия Омской области. Омск: ФГБУ «ЦАС «Омский», 2012. 288 с.
20. Оценка почвенных ресурсов Омской области / Ю. В. Аксенова, А. А. Шпедт, В. М. Красницкий и др. // Земледелие. 2018. № 3. С. 14–18.
21. Фёдорова Е.А., Авгуль Е.П., Илюшкина О.В. Состояние почвенного плодородия, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания и гумуса в северной зоне Омской области //Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 38-40.
22. Мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственных угодий Алтайского края (1965–2010 гг.). Барнаул: ЦАС «Алтайский», 2016. 28 с.
23. Рассыпнов В. А. Агроэкологическое районирование территории на основе бонитировки почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 12. С. 39–41.
24. Симакова С.А., Ваганов Е.С., Колмогорова И.В. Состояние плодородия почв на юго-западе Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 1. С. 13-17.
25. Мельников А.И., Беленева Л.Г. Состояние и динамика агрохимических показателей пахотных земель Кулундинской зоны Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 11-14.
26. Авдюкова Т.В., Хруцкий С.А. Состояние плодородия почв пашни восточной зоны Красноярского края // Земледелие. 2017. № 1. С. 25-29.
27. 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.
28. Алхименко Р.В. Мониторинг состояние пахотных почв в западном и центральном территориальных округах красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 10-14.
29. Агроэкологическая оценка почв Тувы (1970–2010 гг.): монография / В. И. Савич, В. Н. Жуланова, В. С. Кащенко и др. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. 440 с.
30. Жуланова В. Н., Аюшинов Н. П. Почвенный мониторинг сельскохозяйственных угодий в Центрально-Тувинской котловине // Известия ТСХА. 2012. № 6. С. 122–130.
31. Годовой производственный отчет о научно-исследовательской работе за 2015 год. Иркутск: ФГБУ ЦАС «Иркутский», 2015. 128 с.
32. Почвы Иркутской области. Отчет Иркутского филиала Ин-та ВостСибГИПРОЗем. Иркутск. 1983. 223 с.
33. Бутырин М.В., Штанцова В.В. Динамика основных показателей плодородия пахотных почв Иркутской области // Земледелие. 2017. № 4. С. 9-14.
34. Танделов Ю. П. Фтор в системе почва–растение. Красноярск: Красноярская городская типография, 2012. 146 с.
35. Мищенко Л. Н., Прудникова В. М. Особенности почвенного покрова Омской области // Почвы Западной Сибири и повышение их плодородия. Омск: ОмСХИ, 1984. С. 3–12.
36. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Кузнецкие черноземы: антропосферное значение, угроза уничтожения // Сибирский экологический журнал. 2012. № 5. С. 729–742.
37. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1988. 174 с.
38. Козлова А. А. Кузьмин В. А., Зазовская Э. П. Почвы палеокриогенных бугристо-западинных ландшафтов Южного Предбайкалья // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1181–1192.

Assessment of Agrochernozems of Siberia Based on Modern Approaches

A. A. Shpedt[1,2], Y. V. Aksenova[3], V. N. Zhulanova[4], V. A. Rassypnov[5], M. G. Erunova[6], M. V. Butyrin[7]
[1]Siberian Federal University, prosp. Svobodnyi, 79, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
[2]Krasnoyarsk Agricultural Research Institute, Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the SB of the RAS”, prosp. Svobodnyi, 66, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
[3]P. A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Institutskaya pl., 1, Omsk, 644008, Russian Federation
[4]Tuva State University, ul. Lenina, 36, Kyzyl, 667000, Russian Federation
[5]Altai State Agrarian University, prosp. Krasnoarmeyskyi, 98, Barnaul, 656049, Russian Federation
[6]Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the SB of the RAS”, Campus, 50, Krasnoyarsk, 660036, Russian Federation
[7]Center of Agrochemical Service “Irkutsky”, ul. Sadovaya, 1, pos. Dzerzhinskii, Irkutskii r-n, Irkutskay obl., 664510, Russian Federation

Abstract. *The article represents a comparative assessment of the natural potential of Siberian agricultural soils by soil-ecological index (SEI). The calculation was based on climatic, agrochemical and soil parameters. The total area of chernozems in the Siberian Federal District (SFD) exceeds 27 million hectares. In the area dispersed calcareous (42.4%) and clay-illuvial typical (33.1%) soils predominate. The significant area is occupied by clay-illuvial podzolized soils (7.9%) and textural calcareous typical agrochernozems (14.7%). The most agriculturally valuable soils form in the Krasnoyarsk and Altai Krays. In these territories are concentrated up to 50 % of all chernozems of the SFD. The high SEI is characteristic of clay-illuvial podzolized and typical agrochernozems in the Altai Kray, the estimated score of which reaches 54–56. In the Krasnoyarsk Kray and in the Omsk region, the score is lower by 6–8 points, and in the Irkutsk region it is lower by 19–21 points. These soils are provided with humus and mobile forms of phosphorus and potassium. Dispersed-calcareous and textural calcareous typical agrochernozems are less valuable. The content of humus, mobile phosphorus and potassium in them is lower. Therefore, the SEI of these soils in the SFD regions is lower varying from 30 to 48 points. The maximum value is registered in the Krasnoyarsk Kray. The agrochernozems in the Tyva Republic are scored the lowest. Regardless of the soil type their PEI does not exceed 17–21 points as well. The average weighted values of the agrochernozems PEI for SFD varies from 48 to 21 points decreasing in the following order: Krasnoyarsk Kray – Altai Kray – Irkutsk region – Omsk region – Tyva Republic. Erosion and deflation decrease the value of PEI by 3–17 points on average, whereas alkalinity decreases this value by 9–10 points. The PEI values calculated for agrochernozems are necessary for their cadastral and market valuation. They allow determining their resource potential and developing recommendations for the land transformation.*

Keywords: *soil assessment; chernozem; agrochernozem; soil index; agrochemical index; climate index; soil-ecological index.*

Author Details: *A. A. Shpedt, D. Sc. (Agr.), prof., deputy director (e-mail: shpedtaleksandr@rambler.ru); Y. V. Aksenova, Cand. Sc. (Biol.), assoc. prof. (e-mail: axsenovajulia@gmail.com); V. N. Zhulanova, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: zhvf@mail.ru); V. A. Rassypnov, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: rassvial@mail.ru); M. G. Erunova, Cand. Sc. (Tech.), research fellow (e-mail: marina.erunova@gmail.com); M. V. Butyrin, director (e-mail: agrohim_38_1@mail.ru).*

For citation: *Shpedt A. A., Aksenova Y. V., Zhulanova V. N., Rassypnov V. A., Erunova M. G., Butyrin M. V. Assessment of Agrochernozems of Siberia Based on Modern Approaches. Zemledelie. 2019. No. 4. Pp. 8–13 (in russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10402.*

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

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10403
УДК 631.87

О целесообразности использования нового органоминерального удобрения на основе птичьего помёта в полевом севообороте на дерново-подзолистой почве

А. И. ИВАНОВ[1, 3], доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник (e-mail: ivanovai2009@yandex.ru);
Ж. А. ИВАНОВА[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Д. А. МОИСЕЕВ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
И. А. ФРЕЙДКИН[2], кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник (e-mail: fat3000@mail.ru)
И. В. СОКОЛОВ[3], младший научный сотрудник
[1]Агрофизический научно-исследовательский институт, Гражданский просп., 14, Санкт-Петербург, 195220, Российская Федерация
[2] Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального научного агроинженерного центра – ВИМ, ш. Фильтровское, 3, пос. Тярлево, Санкт-Петербург, 196625, Российская Федерация
[3]Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения, ш. Подбельского, 7, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Российская Федерация

Рассмотрены результаты трёхлетних исследований по оценке эффективности применения в полевом севообороте нового органоминерального удобрения (ОМУ), произведённого по оригинальной технологии. Удобрение характеризуется благоприятными технологическими свойствами и высоким содержанием макро- и микроэлементов: NPK – 103 кг/т, Ca+Mg – 97 кг/т, Zn – 484 мг/кг, Cu – 97 мг/кг. В полевом севообороте на дерново-подзолистой почве лучшие показатели агрономической эффективности при внесении ОМУ в чистом виде на посевах озимой пшеницы отмечены от доз 3...5 т/га (прибавка урожайности зерна – 108...164 %, на 1 кг NPK – 7,4...8,3 зерн. ед.), ячменя – от доз 4...7 т/га (прибавка урожайности зерна – 124...164 %, на 1 кг NPK – 3,6...4,9 зерн. ед.), картофеля – от дозы 7 т/га (прибавка урожайности клубней – 51 %, на 1 кг NPK – 5,7 зерн. ед.). На фоне $N_{75}P_{50}K_{50}$ эффективность ОМУ на зерновых культурах снижалась, а на картофеле – существенно возрастала; на фоне $N_{100}P_{75}K_{75}$ – чаще снижалась. Трёхкратное за ротацию внесением ОМУ в чистом виде в дозах от 3 до 10 т/га обеспечивало увеличение продуктивности семипольного севооборота на 47...73 %, совместно с $N_{75}P_{50}K_{50}$ – на 94...135 %, с $N_{100}P_{75}K_{75}$ – на 147...179 %. Дополнение средних доз ОМУ калием минерального удобрения (10 кг K_2O на 1 т) повышало продуктивность на 7...39 % при сохранении или даже увеличении окупаемости удобрений. Средние и высокие дозы ОМУ оказывали положительное влияние на кислотно-основные свойства и питательный режим почвы.

Ключевые слова: *почва, свойства почвы, севооборот, органоминеральное удобрение, доза удобрения, агрономическая эффективность.*

Для цитирования: *О целесообразности использования нового органоминерального удобрения на основе птичьего помёта в полевом севообороте на дерново-подзолистой почве / А. И. Иванов, Ж. А. Иванова, Д. А. Моисеев и др. // Земледелие. 2019. № 4. С. 15–19. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10403.*

В современных условиях исключительной дороговизны минеральных удобрений их рентабельное применение в полевых севооборотах стало весьма проблематичным [1, 2]. Как следствие, резкое сокращение объёмов внесения даже в дерново-подзолистые почвы, что уже привело к деградации почвенного плодородия [3, 4, 5]. В то же время в ряде регионов, в частности, в Ленинградской области накапливается большое количество птичьего помёта, использование которого, с одной стороны, сдерживается весьма жёсткими санитарно-гигиеническими требованиями, с другой, нередко сопровождается гиперинтенсивным применением. Последнее вызывает ряд экологических и экономических издержек, связанных в том числе с проявлением так называемого «закона убывающей отдачи» [6, 7]. По сути, практически единственным условием экологически безопасного использования помёта на удобрение, в том числе с учетом принципов органического земледелия, стала его глубокая биотехнологическая или промышленная переработка [7, 8].

К числу продуктов такой переработки относится и изучаемое органоминеральное удобрение (ОМУ), созданное по оригинальной технологии совместно с ООО «Билавис». Суть последней состоит в высушивании птичьего помёта с использованием другой его партии в качестве биотоплива, обработке стабилизатором, смешивании с золой и гранулировании готового продукта. Изучение удобрения было начато в 2010 г. [9, 10]. В статье проанализированы данные исследований, выполненных в Меньковском филиале АФИ в 2012–2014 гг.

Цель исследования – изучение состава, удобрительной ценности и эффективности ОМУ в условиях полевого севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Исследование проводили в Меньковском филиале ФГБНУ АФИ на базе микрополевого опыта в полиэтиленовых сосудах без дна площадью 1 м^2. Для набивки сосудов использовали частично утратившую плодородие почву длительного стационарного опыта (вариант «без удобрений»), характеризующуюся следующими агрохимическим показателями: $pH_{сол.}$ – 4,74, $pH_{водн.}$ – 5,47, Нг – 3,53 ммоль(экв)/100 г, $S_{обм.}$ – 3,25 ммоль(экв)/100 г, гумус – 1,83 %, P_2O_5 и K_2O подвижных (по Кирсанову) – 217 и 92 мг/кг соответственно.

Для сокращения периода оценки в рамках ротации севооборота «пар сидеральный – озимые зерновые – ячмень + многолетние травы – многолетние травы – многолетние травы – картофель – рапс яровой» опыт формировали одновременно в трёх закладках, относящихся к трём звеньям этого севооборота:

пар люпиновый – озимая пшеница – ячмень + многолетние травы;

ячмень + многолетние травы – многолетние травы – многолетние травы;

картофель – рапс яровой – люпин узколистный.

Возделывали сорта люпина узколистного Орловский сидерат, озимой пшеницы Московская 56, ячменя Ленинградский, клевера лугового Орфей, тимофеевки луговой Суйдинская, картофеля Каратоп, рапса ярового Оредеж 4.

Схема двухфакторного опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

минеральные удобрения в количествах, ориентированных на реализацию заданных параметров продуктивности фотосинтеза (фактор А) – без удобрений (КПД ФАР – 1,0...1,5 %); $N_{75}P_{50}K_{50}$ (КПД ФАР – 2 %); $N_{100}P_{75}K_{75}$ (КПД ФАР – 3 %);

органо-минеральное удобрение (фактор В) – без удобрений; минимальная доза ОМУ – 11 т/га за ротацию, в том числе 3 т/га под озимую пшеницу, 4 т/га под ячмень и 4 т/га под картофель (1,6 т на 1 га севооборотной площади); средняя доза ОМУ – 19 т/га за ротацию, в том числе 5 т/га под озимую пшеницу, 7 т/га под ячмень и 7 т/га под картофель (2,7 т на 1 га севооборотной площади); средняя доза ОМУ – 19 т/га за ротацию, в том числе 5 т/га под озимую пшеницу, 7 т/га под ячмень и 7 т/га под картофель (2,7 т на 1 га севооборотной площади) + K_2O из расчета 10 кг на 1 т; максимальная доза ОМУ – 27 т/га за ротацию, в том числе 7 т/га под озимую пшеницу, 10 т/га под ячмень и 10 т/га под картофель (3,9 т на 1 га севооборотной площади).

Повторность в опыте четырёхкратная, учёт урожая – сплошной весовой, статистическая обработка данных – методом дисперсионного анализа с использованием программного комплекса Stat. Анализы почвы, удобрения и растительной продукции выполняли в аккредитованной испытательной лаборатории АФИ по соответствующим стандартным методикам.

Ощутимое влияние на результаты исследования оказали различия в погодных условиях. Вегетационный период 2012 г. характеризовался повышенными температурами и крайне неравномерным выпадением осадков. Лето 2014 г. было весьма засушливым, особенно в июле и первой декаде августа. Погодные условия 2013 г. отличались благоприятным температурным режимом при избытке осадков в мае и июне.

Согласно лабораторным данным, ОМУ фирмы «Билавис» представляло сухой (2,2 % влаги) сыпучий гранулированный продукт с остаточным запахом куриного помёта. При зольности 25,6 % и показателе $pH_{водн.}$ – 9,0 в нём содержалось 2,46 % N, 4,51 % P_2O_5, 3,36 % K_2O, 7,18 % CaO и 2,48 % MgO, 97 мг/кг Cu и 484 мг/кг Zn. Щелочная реакция удобрения обусловлена его обогащением образующимися при сжигании помета оксидами кальция, магния и калия, а также их гидратами и гидрокарбонатами.

Наблюдения за факторами внешней среды и растениями показали достаточно быстрое взаимодействие ОМУ с почвой, выражавшееся в улучшении питательного и водно-воздушного режимов. При этом удобрение слабо влияло на сроки прохождения фенологических фаз развития, но существенно ускоряло линейный рост сельскохозяйственных растений.

Агрономическая эффективность минеральной и органо-минеральной систем удобрения зависела от биологических особенностей культур и погодных условий (табл. 1). Идущая по сидеральному пару озимая пшеница

1. Агрономическая эффективность прямого действия ОМУ в системах удобрения культур полевого севооборота

ОМУ (фактор Б)	Параметры эффективности по культурам и годам исследования											
	Озимая пшеница				Ячмень				Картофель			
	урожай зерна, кг/м²	прибавка, %	окупаемость 1 кг NPK, зерн.ед.		урожай зерна, кг/м²	прибавка, %	окупаемость 1 кг NPK, зерн.ед.		урожай клубней, кг/м²	прибавка, %	окупаемость 1 кг NPK, зерн.ед.	
			всех удобрений	ОМУ+ K_2O			всех удобрений	ОМУ+ K_2O			всех удобрений	ОМУ+ K_2O
Без удобрений												
Без удобрений	0,209	–	–	–	0,140	–	–	–	3,09	–	–	–
ОМУ, минимальная доза	0,434	108	8,3	8,3	0,313	124	4,9	4,9	4,16	35	6,7	6,7
ОМУ, средняя доза	0,551	164	7,4	7,4	0,370	164	3,6	3,6	4,66	51	5,6	5,6
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	0,594	184	7,7	7,7	0,381	172	3,4	3,4	4,82	55	5,6	5,6
ОМУ, максимальная доза	0,536	156	5,1	5,1	0,388	177	3,0	3,0	4,85	57	4,4	4,4
Среднее	0,465	–	–	–	0,318	–	–	–	4,32	–	–	–
$N_{75}P_{50}K_{50}$												
Без удобрений	0,533	–	20,9	–	0,273	–	8,4	–	3,60	–	7,3	–
ОМУ, минимальная доза	0,648	22	10,2	4,1	0,326	19	4,9	3,3	5,26	46	9,4	10,4
ОМУ, средняя доза	0,787	48	9,0	5,6	0,435	59	3,7	2,5	5,55	54	7,0	7,0
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	0,908	70	10,7	7,4	0,517	89	4,3	3,4	6,55	82	9,2	9,6
ОМУ, максимальная доза	0,820	54	7,7	4,4	0,469	72	3,1	2,1	6,38	77	7,0	7,0
Среднее	0,739	59	17,7	–	0,404	27	5,5	–	5,47	27	16,4	–
$N_{100}P_{75}K_{75}$												
Без удобрений	0,602	–	17,7	–	0,351	–	9,3	–	5,22	–	21,3	–
ОМУ, минимальная доза	0,832	38	12,4	8,2	0,455	30	5,4	3,1	5,92	13	10,9	4,4
ОМУ, средняя доза	0,701	16	7,4	2,2	0,491	40	4,2	2,3	6,32	21	8,5	3,9
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	0,803	33	8,2	4,1	0,529	51	4,3	2,6	7,03	35	9,7	5,9
ОМУ, максимальная доза	0,748	24	6,3	2,3	0,530	51	3,5	2,0	7,18	38	8,2	4,9
Среднее	0,737	58	12,3	–	0,471	48	6,8	–	6,33	47	20,1	–
Среднее												
Без удобрений	0,448	–	19,3	–	0,255	–	8,9	–	3,97	–	14,3	–
ОМУ, минимальная доза	0,638	42	10,3	6,9	0,365	43	5,1	3,8	5,11	29	9,0	7,2
ОМУ, средняя доза	0,680	52	7,9	5,1	0,432	69	3,8	2,8	5,51	39	7,0	5,5
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	0,768	71	8,9	6,4	0,476	87	4,0	3,1	6,13	54	8,2	7
ОМУ, максимальная доза	0,701	56	6,4	3,9	0,462	81	3,2	2,4	6,14	55	6,5	5,4
Среднее	0,647	55	10,6	5,6	0,398	70	5,0	3,0	5,37	44	9,0	6,3
$НСР_{05}$												
частных различий	0,063				0,040				0,65			
по фактору А	0,035				0,019				0,35			
по фактору Б	0,052				0,033				0,54			
взаимодействие АБ	0,079				$Fф<F_{05}$				0,80			

хорошо отзывалась и на средние, и на повышенные дозы минеральных удобрений – прибавки урожайности относительно неудобренного фона составляли 155…188 %. Близкие по величине прибавки (108…164 %) отмечены и от внесения ОМУ в дозах от 3 до 7 т/га, но при меньшей (в среднем в 2,7 раза) окупаемости входящих в их состав NPK.

Внесение ОМУ на фоне минеральных удобрений способствовало формированию очень высоких урожаев пшеницы (до 9,0 т в пересчёте на 1 га), хотя оплата 1 кг NPK в составе ОМУ при этом снижалась в среднем в 1,5 раза.

Лучшие показатели агрономической эффективности соответствовали дозам ОМУ 3 и 5 т/га при внесении в чистом виде и на фоне средних доз минеральных удобрений, а также 3 т/га – на повышенном минеральном фоне.

Урожайность и окупаемость действующего вещества обоих видов удобрений у сорта ячменя Ленинградский были ниже, чем у озимой пшеницы. Однако по относительному уровню прибавки урожайности зерна ячмень чаще превосходил пшеницу. На показателях агрономической эффективности ОМУ негативно отразились погодные условия лета 2012 г., в котором оплата 1 кг NPK снизилась до 0,6…3,0 ед. Как и на посевах озимой пшеницы, более высокая агрономическая эффективность ОМУ проявлялась при минимальной (4 т/га) и средней (7 т/га) дозах.

На посадках картофеля, отличающегося более высоким выносом элементов питания и продолжительным сроком их потребления, эффективность минеральной и органо-минеральной систем удобрения в значительной мере выравнивалась. В среднем по вариантам минеральной системы прибавки урожайности клубней составили 43 % при оплате 1 кг NPK в 14,3 зерн. ед., по вариантам органо-минеральной (за счёт ОМУ) – 44 % и 6,3 зерн. ед. соответственно. В отличие от зерновых культур, картофель эффективнее использовал питательные вещества ОМУ на фоне средних доз минеральных удобрений. Вероятно, благодаря последним удавалось отчасти устранить диспропорцию в соотношении между азотом, фосфором и калием в выносе растениями (1:0,3:1,4) и в составе удобрения (1:1,8:1,4). Несколько лучшие показатели агрономической эффективности при внесении ОМУ в чистом виде отмечены при дозе 7 т/га, на фоне минеральных удобрений оправданным было её повышение до 10 т/га.

Поскольку все помётные удобрения относительно бедны калием, предполагалась оценка целесообразности дополнения ОМУ этим элементом в составе минерального удобрения. На фоне средних доз ОМУ этот приём был оправданным в большинстве случаев (см. табл. 1). Помимо вполне объяснимого увеличения урожайности возрастала и окупаемость действующего вещества удобрений: на посевах озимой пшеницы в среднем на 20 %, ячменя – на 5 %, картофеля – на 11 %.

2. Агрономическая эффективность систем удобрения в полевом севообороте

ОМУ (фактор Б)	Продуктивность севооборота за ротацию, зерн. ед./м^2	Прибавка продуктивности севооборота		Окупаемость 1 кг NPK, зерн.ед.	
		зерн. ед./м^2	%	всех удобрений	ОМУ или ОМУ+ K_2O в добавке
Без удобрений					
Без удобрений	1,907	–	–	–	–
ОМУ, минимальная доза	2,795	0,808	47	7,9	7,9
ОМУ, средняя доза	3,265	1,354	71	7,0	7,0
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	3,356	1,444	76	6,7	6,7
ОМУ, максимальная доза	3,303	1,346	73	5,0	5,0
Среднее	2,925	–	–	–	–
$N_{75}P_{50}K_{50}$					
Без удобрений	2,800	–	–	17,0	–
ОМУ, минимальная доза	3,707	0,907	32	10,9	8,0
ОМУ, средняя доза	4,151	1,351	48	9,0	6,9
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	4,672	1,872	67	10,3	8,7
ОМУ, максимальная доза	4,482	1,682	60	7,8	6,0
Среднее	3,962	1,037	35	14,8	–
$N_{100}P_{75}K_{75}$					
Без удобрений	3,491	–	–	21,1	–
ОМУ, минимальная доза	4,707	1,216	35	14,9	10,3
ОМУ, средняя доза	4,866	1,375	39	11,0	6,8
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	5,192	1,701	49	10,1	7,7
ОМУ, максимальная доза	5,314	1,823	52	9,7	6,4
Среднее	4,714	1,789	61	17,9	–
Среднее					
Без удобрений	2,733	–	–	19,1	–
ОМУ, минимальная доза	3,736	1,003	37	11,2	8,7
ОМУ, средняя доза	4,094	1,361	50	9,0	6,9
ОМУ, средняя доза + $K_{50...70}$	4,407	1,674	61	9,0	7,7
ОМУ, максимальная доза	4,366	1,633	60	7,5	5,8
Среднее	3,867	1,418	52	11,2	7,3
$НСР_{05}$ частных различий		0,335			
по фактору А		0,186			
по фактору Б		0,279			
взаимодействие АБ		$Fф<F_{05}$			

Последействие ОМУ изучали во втором и третьем звеньях севооборота на посевах не удобряемых им культур: многолетних трав, рапса и люпина. На посевах многолетних трав первого года хозяйственного использования средние по вариантам опыта прибавки урожайности зелёной массы трав за счет последействия ОМУ в минимальной дозе составили 6 %, в средней – 19 %, в максимальной – 28 %. На втором году использования трав значительное последействие наблюдали только в вариантах с внесением ОМУ в чистом виде. В третьем звене севооборота на посевах ярового рапса прибавки урожайности зеленой массы по фону средних и максимальных доз ОМУ также находились на уровне 20…38 %. И на третий год после внесения, на посевах малотребовательного к условиям питания люпина узколистного последействие ОМУ сохранялось на высоком уровне.

В итоге за счёт последействия прибавки продуктивности севооборота за ротацию на фоне минеральных и органо-минеральных систем удобрения в значительной мере выравнивались и составили в среднем по вариантам опыта 65 и 54 % соответственно (табл. 2). Можно предположить, что эффективность ОМУ могла бы быть и выше не будь почва полевого опыта столь хорошо обеспечена фосфором. Увеличение насыщенности севооборота органо-минеральным удобрением с 11 до 27 т/га за ротацию сопровождалось весьма стабильным ростом продуктивности (с 1,907…3,491 до 3,303…5,314 зерн. ед. с 1 м^2) при снижении оплаты 1 кг NPK с 7,9…10,3 до 5,0…6,4 зерн. ед. Дополнительное внесение со средними дозами ОМУ калия в составе минерального удобрения (190 кг/га за ротацию) повысило продуктивность севооборота в среднем на 11 %. При этом окупаемость 1 кг NPK в составе самого ОМУ увеличилась с 6,9 до 7,7 зерн.ед.

Поскольку изучаемое удобрение характеризовалось высокой концентрацией макро- и микроэлементов, вполне ожидаемым было его влияние и на качество растительной продукции. Анализ полученной информации указывает на её сходство с имеющимися данными о других видах помётных удобрений [11, 12, 13]. Установлено положительное (хотя и менее существенное, в сравнении с минеральной системой удобрения) влияние на содержание сырого протеина в зерне пшеницы и ячменя (увеличение относительно варианта без удобрений

на 8…27 %) и в клубнях картофеля (на 26…31 %); небольшое улучшение зольного состава продукции; при совместном применении с минеральными удобрениями сглаживание их отрицательного воздействия на крахмалистость. Концентрация нитратов в клубнях картофеля в среднем по вариантам опыта с минеральными удобрениями составляла 216 мг/кг, а с ОМУ – 179 мг/кг.

В современном земледелии роль любых видов удобрений незаменима в качестве главного фактора воспроизводства почвенного плодородия. Научные данные [7, 14, 15] свидетельствуют, что в ряде регионов решение проблемы во многом зависит от степени рациональности использования помётных удобрений.

Вследствие непродолжительности исследования наиболее существенные изменения касались агрохимических показателей почвенного плодородия и в первую очередь кислотно-основных свойств. В среднем в расчёте на 1 т/га внесённого ОМУ показатель pH_{kcl} увеличивался на 0,036 ед., сумма обменных оснований – на 0,047 ммоль(экв)/100 г.

Питательный режим трансформировался, как правило, в соответствии с балансом элементов питания. Последний был дефицитным по азоту и калию и профицитным – по фосфору. В результате, хотя и наблюдалось положительное влияния ОМУ на азотный режим почвы как непосредственно в год внесения, так и на конец исследования, тем не менее, за три года содержание легкогидролизуемого азота снизилось на 7…40 %. Содержание подвижного фосфора увеличилось в почве всех вариантов опыта с ОМУ, но значительно меньше теоретически возможного (в среднем на повышение содержания P_2O_5 на 1 мг/кг затрачивалось 8 кг остаточного фосфора удобрений). Снижение содержания подвижного калия тоже было меньше расчётных величин. Вероятно, вследствие деградационного процесса предшествующего 30-летия почва уже приблизилась к своему генетически обусловленному минимальному уровню содержания растворимых форм калия, воспроизводимому почвой и в условиях дефицита этого элемента в системах удобрения [16].

Согласно расчётам, дефицит баланса гумуса преодолевался только в вариантах опыта с внесением средних и максимальных доз ОМУ в чистом виде и максимальных – по фону минеральных удобрений. Достигалось это в большей степени не за счёт органического вещества удобрения, а благодаря увеличивавшейся массе пожнивно-корневых остатков и запахиваемого сидерата. В этих вариантах в почве содержание гумуса либо сохранялось на исходном уровне, либо имело тенденцию к незначительному увеличению.

Таким образом, новое органоминеральное удобрение на основе помета по содержанию макро- и микроэлементов приближается к низкоконцентрированным минеральным удобрениям, обладает благоприятными технологическими свойствами, а также представляет значительную ценность как источник доступных растениям элементов питания, и как мелиорант. В полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах применение ОМУ эффективнее под культуры с продолжительным периодом потребления элементов питания. В условиях опыта на фоне средних доз этого удобрения (5…7 т/га) окупаемость 1 кг NPK дополнительным урожаем озимой пшеницы составляла 7,4 зерн. ед., ячменя – 3,6, картофеля – 5,6 зерн. ед.

Несмотря на то, что при совместном использовании полного минерального удобрения и ОМУ их эффективность, как правило, снижается, реализация биологического потенциала современных сортов полевых культур должна базироваться на совместном использовании этих удобрений. В условиях опыта средняя урожайность картофеля при одностороннем внесении ОМУ составляла 4,62 кг/м^2, на фоне $N_{75}P_{50}K_{50}$ – 5,94 кг/м^2, на фоне $N_{100}P_{75}K_{75}$ – 6,10 кг/м^2.

Невысокие дозы ОМУ (3…5 т/га), как правило, лучше окупались дополнительным урожаем, но существенное положительное влияние на свойства почвы установлено только в вариантах опыта с дозами ОМУ 7 и 10 т/га.

Учитывая неблагоприятное соотношение между фосфором и калием в составе ОМУ (1:0,8), необходимо ориентировать его применение в первую очередь на обеднённых подвижными фосфатами почвах и дополнительно вносить в расчёте на 1 т ОМУ по 10 кг K_2O в составе минерального удобрения.

Литература.

1. Оценка биопотенциала производства продовольствия в Северо-Западном регионе России / М. В. Архипов, Т. А. Данилова, С. М. Синицына и др.. СПб.-Пушкин: ФГБНУ СЗЦППО, 2016. 136 с.

2. Байбеков Р. Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 3–6.

3. Шафран С. А. Динамика плодородия почв Нечерноземной зоны и её резервы // Агрохимия. 2016. № 8. С. 3–10.

4. Иванов А. И., Цыганова Н. А., Воробьёв В. А. Оценка длительного использования хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при применении разных систем удобрения // Агрохимия. 2010. № 3. С. 17–21.

5. Иванов А. И., Иванова Ж. А., Воробьёв В. А. Агроэкологические последствия длительного использования дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. 2016. № 4. С. 10–17.

6. Байбеков Р. Ф., Седых В. А., Савич В. И. и др. Влияние на развитие дернового процесса высоких доз органических удобрений // Плодородие. 2012. № 4. С. 8–10.

7. Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помёта. Под общей редакцией А.И. Иванова и В.В. Лапы. С-Пб.: ФГБНУ АФИ, 2018. 317 с.

8. Мерзлая Г. Е., Лысенко В. П. Ресурсы птицефабрик для производства органических удобрений // Агрохимический вестник. 2005. № 3. С. 21–23.

9. Иванов А. И., Иванова Ж. А., Фрейдкин И. А. Воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв с использованием нового органоминерального удобрения // Плодородие. 2014. № 6 (81). С. 20–22.

10. Иванов А. И., Фрейдкин И. А., Иванова Ж. А. Агроэкологическая эффективность применения нового органоминерального удобрения на основе птичьего помёта // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 3. С. 19–22.

11. Минеев В. Г. Органические удобрения в интенсивном земледелии. М.: Колос, 1984. 301 с.

12. Архипченко И. А., Орлова О. В. Перспективы использования микробной экотехнологии для переработки отходов птицеферм // Доклады РАСХН. 2011. № 6. С. 30–32.

13. Antonions G. F., Kachlar T.S., Coolong T. Yield, quality and concentration of seven heavy metals in cabbage and broccoli grown in sewage sludge and chicken manure amended soil // Y. Environ. Sci. and Health. A. 2012. 47. № 13. P. 1955–1960.

14. Zhongqi He, C. Wayne Honeycutt, Irenus A. Tazisong, Zachary N. Senwo, and Donglin Zhang. Nitrogen and Phosphorus Accumulation in Pasture Soil from Repeated Poultry Litter Application // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2009. v. 40. P. 587–598. DOI: 10.1080/00103620902861971.

15. Медин Д. К., Русакова И. В., Шабурдина Н. П. Влияние птичьего помета в сочетании с соломой на агрегатный состав и водопрочность агрегатов дерново-подзолистой суглинистой почвы // Агрофизика. 2016. № 2. С.18-23.

16. Никитина Л. В., Володарская И. В. Динамика обменного калия и его минимальные уровни в агроценозах на дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. 2007. № 2. С.14–18.

On the Expediency of Application of a New Organic and Mineral Fertilizer from Poultry Droppings in a Field Crop Rotation on Sod-Podzolic Soil

A.I. Ivanov[1, 3], Zh.A. Ivanova[1], D.A. Moiseev[1], I.A. Freidkin[2], I.V. Sokolov[3]

[1]Agrophysical Research Institute, Grazhdanskiy prosp., 14, Saint-Petersburg, 195220, Russian Federation
[2]Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center – VIM, sh. Filtrovskoe, 3, pos. Tyarlevo, Sankt-Peterburg, 196625, Russian Federation
[3]Northwest Center of Interdisciplinary Investigations of Problems of Food Support, sh. Podbel'skogo, 3, Pushkin, Sankt-Peterburg, 196608, Russian Federation

Abstract. *The results of a three-year study to assess the efficiency of a new organic and mineral fertilizer (OMF), produced by an original technology, in a field crop rotation are considered. It was established that the fertilizer has favourable technological properties and a high content of macro and trace elements: NPK – 103 kg/t, (Ca + Mg) – 97 kg/t, Zn – 484 mg/kg, Cu – 97 mg/kg. In the field crop rotation on sod-podzolic soil, the crops responded differently to the application of different doses of the OMF. On winter wheat crops the greatest increase was provided by a dose of 3–5 t/ha; grain yield increased by 108–164%, the recoupment of 1 kg of NPK was 7.4–8.3 cereal units (CU). For barley, a dose of 4–7 t/ha was the best: the increase in the grain yield was 124–164%, the recoupment of 1 kg of NPK was 3.6–4.9 CU. In potato the increase in the tuber yield was 51% at the dose of 7 t/ha, the recoupment of 1 kg of NPK was 5.7 CU. Against the background of N75P50K50, the efficiency of OMF on grain crops decreased, while that on potato increased significantly; against the background of N100P75K75 it usually decreased. A triple application of the OMF in the doses of 3–10 t/ha during one rotation increased the productivity of the seven-field crop rotation by 47–73%. Its combined application with N75P50K50 caused productivity growth by 94–135%, with N100P75K75 – by 147–179%. The addition of average doses of the OMF with potassium mineral fertilizer (10 kg K2O per 1 ton) provided an increase in productivity of 7–39% while maintaining or even increasing the payback of fertilizers. The positive effect of average and high doses of the OMF on the acid-base properties and the nutrient regime of the soil was established.*

Keywords: *soil; soil properties; crop rotation; organic and mineral fertilizer; fertilizer dose; agronomic efficiency.*

Author Details: *A. I. Ivanov, D. Sc. (Agr.), corresponding member of the RAS, chief research fellow (e-mail: ivanovai2009@yandex.ru); Zh. A. Ivanova, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; D. A. Moiseev, Cand. Sc. (Agr.), research fellow; I. A. Freidkin, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: szcentr@bk.ru); I. V. Sokolov, junior research fellow.*

For citation: *Ivanov A. I., Ivanova Zh. A., Moiseev D. A., Freidkin I. A., Sokolov I. V. On the Expediency of Application of a New Organic and Mineral Fertilizer from Poultry Droppings in a Field Crop Rotation on Sod-Podzolic Soil. Zemledelie. 2019. No. 4. Pp. 15–19 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10403.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10404
УДК 631.53.048

Влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

В. И. МАЗАЛОВ[1], доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией (e-mail: office@vniizbk.orel.ru)
О. М. МОСИНА[2], специалист
Н. Г. ХМЫЗОВА[1], старший научный сотрудник, зав. отделом
М. М. ДОНСКОЙ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
[1]Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, ул. Молодежная, 10, корп. 1, пос. Стрелецкий, Орловский р-н, Орловская обл., 302502, Российская Федерация
[2]Государственный Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Верховский», пос. Верховье, Верховский р-н, Орловская обл., 303720, Российская Федерация

Цель исследований – изучение эффективности применения различных доз азотных удобрений на посевах озимой пшеницы. Работу выполняли в 2016–2018 гг. в условиях Орловской области. Объект исследований – сорт озимой пшеницы Московская 56. Опыт закладывали по следующей схеме: без удобрений – контроль; $N_{30}P_{78}K_{78}$ – фон; фон + N_{65} (подкормка); фон + N_{65} + N_{35} (подкормки); фон + N_{65} + N_{35} + N_{30} (подкормки). Посев осуществляли сеялкой СН-16. Площадь делянки 50 м², повторность четырехкратная. Предшественник – пар. Агротехника – общепринятая для Орловской области. Изучаемые дозы азотных удобрений устанавливали с учетом рекомендаций по применению удобрений в Орловской области. Качество зерна определяли по общепринятым методикам. Почва опытного участка – агрочернозем, глинисто-иллювиальный, типичный, тяжелосуглинистый, насыщенный, среднемощный на лессовидных суглинках, среднекислый (pH – 5,0). Содержание гумуса в пахотном слое – 6,6 %. Метеоусловия в годы проведения исследований характеризовались как контрастные. Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы отмечена в варианте с применением на фоне внесенных под предпосевную культивацию удобрений в дозе $N_{30}P_{78}K_{78}$ трех азотных подкормок (аммиачной селитрой – в фазе кущения и в фазе начала выхода в трубку, N_{65} + N_{35}; карбамидом – в фазе колошения, N_{30}). Это обеспечило формирование урожайности зерна пшеницы на уровне 4,3 т/га, что было на 0,8 т/га выше, чем в контроле. В зерне в этом варианте опыта отмечено наибольшее содержание протеина (14,86 %) и клейковины (29,9 %).

Ключевые слова: *озимая пшеница (Triticum aestivum L.), семена, урожайность, протеин, клейковина, азотные удобрения.*

Для цитирования: *Влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. И. Мазалов, О. М. Мосина, Н. Г. Хмызова и др. // Земледелие. 2019. № 4. С. 19–21. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10404.*

В нашей стране в растениеводстве наблюдается разрыв между потенциальной и реальной урожайностью возделываемых сортов сельскохозяйственных культур [1, 2, 3]. Минеральные удобрения – важный фактор повышения урожайности озимой пшеницы. Особенно важен для растений азот, при оптимальной обеспеченности которым они быстро наращивают биомассу, хорошо кустятся осенью, формируют продуктивный стеблестой. Применение азотных удобрений в научно обоснованных дозах способствует получению высокой урожайности и хорошего качества зерна [4, 5, 6]. Особое место в системе удобрений под озимую пшеницу занимают подкормки в критические периоды развития в фазы кущения, выхода в трубку и колошения. Оптимальные дозы удобрений в это время значительно повышают продуктивность растений, оказывают влияние на накопление белка и клейковины [7, 8, 9].

Цель работы – изучение эффективности применения различных доз азотных удобрений на посевах сорта озимой пшеницы Московская 56 в условиях Орловской области.

Исследования выполняли в 2016–2018 гг. в полевом севообороте Шатиловской СХОС общепринятыми методами. Посев выполняли сеялкой СН-16. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки 50 м², повторность четырехкратная. Предшественник – пар. Агротехника – общепринятая для Орловской области. Учет урожая проводили прямым комбайнированием зерноуборочным комбайном Сампо 130. Урожайные данные приводили с пересчётом на 100 %-ную чистоту и стандартную влажность. Опыт закладывали по следующей схеме: без удобрений – контроль; $N_{30}P_{78}K_{78}$

1. Метеорологические условия в период весенне-летней вегетации озимой пшеницы*

Показатель		Апрель	Май	Июнь	Июль
2016 г.					
Температура воздуха, °С	Средняя за месяц	8,4	14,2	17,7	21,3
	Отклонение от нормы	+2,6	+0,7	+0,9	+3,0
Осадки, мм	Сумма за месяц	61	80	84	92
	Процент от нормы	149	163	114	126
2017 г.					
Температура воздуха, °С	Средняя за месяц	7,0	15,5	15,6	20,7
	Отклонение от нормы	+1,2	-1,0	-1,2	+2,4
Осадки, мм	Сумма за месяц	15	39	54	63
	Процент от нормы	37	80	73	77
2018 г.					
Температура воздуха, °С	Средняя за месяц	7,5	16,9	17,7	21,2
	Отклонение от нормы	+1,7	+3,4	+0,9	+2,9
Осадки, мм	Сумма за месяц	48	35	11	61
	Процент от нормы	117	71	15	75

**по данным «Орловский ЦГМС» – филиал ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»*

(основное внесение – диаммофоска N:P:K = 10:26:26) – фон; фон + N_{65} (подкормка – аммиачная селитра в фазе кущения в сухом виде); фон + N_{65} + N_{35} (подкормка – аммиачная селитра в фазе начала выхода в трубку в сухом виде); фон + N_{65} + N_{35} + N_{30} (подкормка – карбамид в фазе колошения в жидком виде).

Определение качества зерна (клейковина, протеин) проводили в Государственном центре химизации и сельскохозяйственной радиологии «Верховский» по общепринятым методикам.

Почва – агрочернозем, глинисто-иллювиальный, типичный, тяжелосуглинистый, насыщенный, среднемощный на лессовидных суглинках. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы (0...27 см) по Кирсанову – 81 мг/кг, калия – 101 мг/кг, содержание гумуса – 6,6 %. Почва среднекислая (pH солевой вытяжки – 5,0).

Формирование урожая озимой пшеницы посева 2015 г. проходило при достаточной тепло- и влагообеспеченности. Часто выпадавшие дожди в июле и в августе задерживали созревание и снижали качество проведения уборочных работ (табл. 1). В целом вегетационный период озимой пшеницы характеризовался как достаточно увлажненный ГТК=1,1.

Посев озимой пшеницы в 2016 г. проводили в первой половине сентября. Умеренно теплая погода и достаточная влагообеспеченность во второй половине месяца способствовали появлению дружных и равномерных всходов.

В 2017 г. перезимовка в первой половине зимы проходила нормально. Во второй половине условия озимых ухудшились. Длительное залегание высокого снежного покрова при слабом промерзании почвы привело местами к выпреванию посевов. Рост и развитие озимой пшеницы в первой половине лета проходили в условиях недостаточной теплообеспеченности, в дальнейшем преобладание повышенного температурного режима и хорошие влагозапасы в почве благоприятствовали формированию урожая. Величина ГТК составила 0,9.

Для озимой пшеницы 2018 г. характеризовался как засушливый во второй половине вегетационного периода (ГТК=0,7). Полная спелость отмечена на 10 дней раньше многолетних дат.

2. Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений, т/га

Вариант	Урожайность, т/га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
Без удобрений	4,67	2,87	3,00	3,51
$N_{30}P_{78}K_{78-фон}$	4,72	3,47	3,34	3,84
Фон+ N_{65}	4,93	3,56	3,45	3,98
Фон+N_{65}+N_{35}	5,08	3,73	3,62	4,14
Фон + N_{65}+ N_{35+} N_{30}	5,12	3,89	3,81	4,27
$НСР_{05}$	0,22	0,19	0,12	

В результате проведенных исследований установлено, что применение азотных удобрений повышало урожайность озимой пшеницы во всех вариантах опыта. При внесении $N_{30}P_{78}K_{78}$ в среднем за 2016–2018 гг. урожайность озимой пшеницы увеличилась, по сравнению с контролем, с 3,51 до 3,84 т/га, или на 0,33 т/га (табл. 2).

При ранней азотной подкормке в дозе N_{65} в форме аммиачной селитры в период возобновления весенней вегетации растений (II декада марта – I декада апреля) сбор зерна повышался на 0,09...0,21 т/га, или в среднем на 0,14 т/га, по отношению к фоновому внесению удобрений.

При повторной азотной подкормке аммиачной селитрой в дозе N_{35} в фазе начала выхода в трубку урожайность увеличивалась еще на 0,16 т/га (с варьированием от 0,15 до 0,17 т/га), по отношению к уровню, сформированному в варианте с однократной азотной подкормкой на фоне основного применения удобрений.

Две подкормки аммиачной селитрой (N_{65}+N_{35}) и некорневая подкормка раствором карбамида в фазе колошения (N_{30}) обеспечивали дальнейшее повышение урожайности зерна озимой пшеницы на 0,04...0,19 т/га (в среднем на 0,13 т/га), по отношению к варианту с двумя азотными подкормками. При этом растения выглядели более мощными и формировали крупный выполненный колос (см. рисунок). Максимальная в опыте

Рисунок. *Колос озимой пшеницы Московская 56 в вариантах опыта без удобрений (№ 1) и с внесением $N_{30}P_{78}K_{78}$ + N_{65}+ N_{35} + N_{30} (№ 5)*

3. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений, %, 2016-2018 гг.

Вариант	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	протеин %	клейковина %	протеин %	клейковина %	протеин %	клейковина %	протеин %	клейковина %
Без удобрений	13,51	30,0	14,93	30,0	13,37	22,3	13,94	27,4
$N_{30}P_{78}K_{78}$ – фон	13,74	30,8	14,69	29,2	13,60	22,6	14,01	27,5
Фон+ N_{65}	13,86	31,0	15,18	30,2	14,02	24,1	14,35	28,4
Фон+N_{65}+N_{35}	13,93	31,0	15,50	30,7	14,27	24,9	14,57	28,9
Фон + N_{65}+ N_{35}+ N_{30}	14,09	32,6	15,75	31,0	14,75	26,0	14,86	29,9
$НСР_{05}$	0,11	0,5	0,19	0,3	0,25	0,2		

урожайность зерна озимой пшеницы отмечена также в этом варианте. В среднем за три года она составила 4,27 т/га против 3,51 т/га в контроле без удобрений.

Внесение азотных удобрений оказало положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы. Так, увеличение содержания протеина в различных вариантах опыта в среднем за три года исследований составляло от 0,5 % до 6,6 %, клейковины – от 0,4 % до 9,1 % к контролю. Наибольшее положительное влияние на накопление протеина и клейковины в зерне отмечено при проведении поздней некорневой подкормки раствором карбамида в фазе колошения (N_{30}). В этом варианте содержание протеина увеличивалось в различные годы на 0,58...1,38 % к контролю, составив в среднем 14,86 % (табл. 3) клейковины – на 1,0...3,7 % к контролю в среднем за три года 29,9 %.

Наибольшую окупаемость внесенных удобрений прибавкой урожая зерна озимой пшеницы отмечали в варианте фон + N_{65} + N_{35} + N_{30}, в расчете на 1 кг д.в. NPK она достигала 2,53 кг зерна.

Сравнительный анализ показателей экономической эффективности применения азотных удобрений под озимую пшеницу в различных вариантах опыта показал, что минимальная стоимость прибавки урожая получена в варианте с внесением $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 4800 руб./га. Подкормка аммиачной селитрой в фазе кущения способствовала росту величины этого показателя до 5800 руб./га, а в варианте с двукратной подкормкой аммиачной селитрой в фазе кущения и в фазе начала выхода в трубку до 7400 руб./га. Максимальная в опыте стоимость прибавки урожая отмечена в варианте с проведением на фоне основного внесения $N_{30}P_{78}K_{78}$ трехкратной азотной подкормки (N_{65}+N_{35}+ N_{30}) – 8900 руб./га, что на 876 руб./га превышало затраты.

Таким образом, наибольшая урожайность зерна сорта озимой пшеницы Московская 56 формируется в варианте с основным внесением $N_{30}P_{78}K_{78}$ и проведением двух подкормок аммиачной селитрой в фазе кущения и фазе начала выхода в трубку (N_{65}+N_{35}), а также подкормки раствором карбамида в фазе колошения (N_{30}). Эти приемы обеспечили формирование урожайности на уровне 4,27 т/га, превышавшей величину этого показателя в контрольном варианте на 0,76 т/га, а также максимальное в опыте содержание в зерне протеина (14,86 %) и клейковины (29,9 %). При этом стоимость прибавки урожая составила 8900 руб./га, а чистый доход – 876 руб./га.

Литература.

1. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.

2. Адаптивно-значимые признаки у изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы / В. В. Ефремова, Ю. Т. Аистова, Е. Г. Самелик и др. // Науч. жур. КубГАУ. 2013. № 85 (1). С. 1–13.

3. Фомин В. С., Коробова Н. А. Адаптивность сортов Центрально-Черноземного селекцентра // Вестник РАСХН. 2006. № 3. С. 25–27.

4. Агафонов Е. В., Громаков А. А., Максименко М. В. Применение комплексных удобрений и азотной подкормки под озимую пшеницу // Земледелие. 2012. № 7. С. 16.

5. Ториков В. Е. Осипов А. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2015. № 5. С. 7–9.

6. Ишков И. В. Влияние сроков проведения подкормки азотными удобрениями на продуктивность озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 2. С. 9–10.

7. Мурыгин В. П., Попов В. А., Елисеев С. Л. Влияние срока и дозы азотной подкормки на урожайность озимых культур // Пермский аграрный вестник. 2016. № 3(15). С. 53–59.

8. Hedieh Mosanaei, Hossein Ajamnorozi, Mohammad Reza Dadashi, Abolfazleh Faraji, Mohammad Pessarakli. Improvement effect of nitrogen fertilizer and plant density on wheat (Triticum aestivum L.) seed deterioration and yield // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2017. 29 (11): 899–910.

9. P. Rusek, M. Mikos-Szymańska, M. Karsznia, U. Sienkiewicz-Cholewa, J. Igras. The effectiveness of nitrogen-phosphorus fertilization in winter wheat (Triticum Aestivum L.) cultivation // Bulg. J.Agric. Sci. 2016. 22: 752–755.

Influence of Various Doses of Nitrogen Fertilizers on Yield and Quality of Winter Wheat Grain

V. I. Mazalov[1], O. M. Mosina[2], N. G. Hmyzova[1], M. M. Donskoj[1]

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

[2]State Center for Chemicalization and Agricultural Radiology «Verhovskij», pos. Verhov'e, Verhovskij r-n, Orlovskaya obl., 303720, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the research was to study the efficiency of various doses of nitrogen fertilizers on winter wheat crops. The work was carried out in 2016–2018 under conditions of the Orel region. The object of the research was Moskovskaya 56 variety of winter wheat. The experiment was established according to the following design: without fertilizers – the control; N30P78K78 – the background; background + N65; background + N65 + N35; background + N65 + N35 + N30. Sowing was carried out by SN-16 seeder. The plot area was 50 m2, the replication was four-fold. The fallow field was a forecrop. The agrotechnics was common for the Orel region. The studied doses of nitrogen fertilizers were established taking into account recommendations for the fertilizer application in the Orel region. Grain quality was determined by the generally accepted methods. The soil of the experimental plot was agrochernozem, clayey-illuvial, typical, heavy loamy, saturated, medium thick on loess-like loams, medium acid (pH was 5.0). The humus content in the topsoil was 6.6%. Weather conditions during the years of the research were contrasting. The highest yield of winter wheat grain was obtained in the variant with three additional nitrogen fertilization against the background of N30P78K78, applied before pre-sowing cultivation. Ammonium nitrate was used in the tillering phase and in the booting beginning, N65 + N35; urea was used in the earing phase, N30. These techniques ensured the formation of wheat grain yield at the level of 4.3 t/ha, which was 0.8 t/ha higher compared to the control. The maximum content of protein (14.86%) and gluten (29.9%) was obtained in the grain from this variant.*

Keywords: *winter wheat (Triticum aestivum L.); seeds; yield; protein; gluten; nitrogen fertilizers.*

Author Details: *V. I. Mazalov, D. Sc. (Agr.), head of laboratory (e-mail: office@vniizbk.orel.ru); O. M. Mosina, specialist; N. G. Hmyzova, senior research fellow; M. M. Donskoj, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow.*

For citation: *Mazalov V. I., Mosina O. M., Hmyzova N. G., Donskoj M. M. Influence of Various Doses of Nitrogen Fertilizers on Yield and Quality of Winter Wheat Grain. Zemledelie. 2019. No. 4. Pp. 19–21 (in russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10404.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10405
УДК 633.1: 631.6: 631.8

Воздействие осушения и удобрений на урожайность озимой тритикале

Л. И. ПЕТРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru)
Ю. И. МИТРОФАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом
Н. К. ПЕРВУШИНА, младший научный сотрудник
В. Н. ЛАПУШКИНА, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, пос. Эммаусс, 27, Калининский р-н, Тверская обл., 170530, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований 2016–2018 гг. по изучению влияния норм минеральных удобрений и осушения на урожайность и качество зерна озимой тритикале, водный режим почвы, фотосинтетическую деятельность посевов, окупаемость 1 кг д.в. прибавкой урожая в условиях Тверской области. Опыт заложен на осушаемой закрытым дренажом и неосушенной почвах в 3-х вариантах: без удобрений, $N_{45}P_{15}K_{45}$, . Осушение и применение удобрений оказали положительное воздействие на формирование урожая озимой тритикале. Наиболее благоприятные условия по водному режиму отмечали на осушаемой почве, где влажность пахотного слоя в среднем за вегетацию по итогам 3-х лет составила 71 % наименьшей влагоемкости (НВ), тогда как на неосушенной – 90 %. Эффективность использования фотосинтетически активной солнечной радиации (КПД ФАР) посевами озимой тритикале была выше на осушаемом участке. В среднем за 3 года на удобренных вариантах КПД ФАР в этом варианте составил 1,94…2,26, на неосушенном фоне – 1,15…1,32. В среднем по вариантам опыта урожайность озимой тритикале на осушаемом участке по 3-летним данным сформировалась больше на 2,09 т/га, или на 75 %. На обоих участках во все годы она возрастала по мере улучшения условий минерального питания. В варианте с внесением $N_{45}P_{15}K_{45}$, по сравнению с фоном без удобрений, урожай повысился на осушаемом участке на 56 %, на неосушенном – на 32 %,при использовании $N_{90}P_{30}K_{90}$ соответственно на 79 и 52 %. Увеличение нормы удобрений обеспечило прибавку урожая на обоих участках на 14 %. Наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая зерна при размещении озимой тритикале на хорошо окультуренной почве после клевера 1 года пользования на обоих участках отмечена от внесения $N_{45}P_{15}K_{45}$: 18,1 кг – на осушаемом и 6,7 кг – на неосушенном.

Ключевые слова: *озимая тритикале (X Triticosecale Wittm. ex A. Camus), осушаемые и неосушенные земли, нормы удобрений, урожайность, качество продукции, окупаемость удобрений.*

Для цитирования: *Воздействие осушения и удобрений на урожайность озимой тритикале / Л. И. Петрова, Ю. И. Митрофанов, Н. К. Первушина и др. // Земледелие. 2019. № 4. С. 22–24. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10405.*

Тритикале – первая зерновая культура искусственно созданная при скрещивании пшеницы с рожью [1]. Она заслуживает внимания по ряду таких важнейших показателей, как урожайность, питательная ценность зерна, устойчивость к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям и наиболее опасным болезням, способности произрастать во многих сельскохозяйственных районах мира, превосходя пшеницу и не уступая ржи. По своим пищевым качествам тритикале лучше пшеницы, а по хлебопекарным – ржи [2, 3, 4].

В последние годы повсеместно возрастает деградация почв и снижается их плодородие. Происходит вторичное зарастание древесно-кустарниковой растительностью мелиорированных луговых угодий, закисление почв, снижение запасов гумуса и элементов минерального питания растений в пахотном слое [5, 6, 7]. Одно из основных направлений развития растениеводства в Центральном Нечерноземье, наряду с возвращением земель сельскохозяйственного назначения в оборот и проведением осушительных работ, – агрохимическое оздоровление почвы [8, 9, 10]. Для увеличения производства растениеводческой продукции на дерново-подзолистых почвах необходима разработка эффективных ресурсосберегающих технологических элементов возделывания культур [11, 12, 13]. Среди химических средств интенсификации земледелия и повышения его продуктивности по эффективности воздействия являются минеральные удобрения [14, 15, 16]. Их ограниченные ресурсы и высокая стоимость обусловливают необходимость определения рациональных норм внесения.

Цель наших исследований – изучение влияния осушения и применения различных норм удобрений на формирование урожая озимой тритикале.

Опыт заложен в 4-кратной повторности с размещением вариантов методом расщепленных делянок по следующей схеме: осушение (фактор А) – осушаемая закрытым дренажом почва; неосушенная почва; удобрения (фактор В) – без удобрений; $N_{45}P_{15}K_{45}$; $N_{90}P_{30}K_{90}$. Общая площадь делянок 2-го порядка 432 м^2, учетная – 44 м^2. Почва на обоих участках дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая среднекислая с содержанием гумуса 2,23…2,38 %, высокой обеспеченностью подвижным фосфором и повышенным обменным калием. В опыте выращивали сорт озимой тритикале Немчиновский 56. Возделывание культуры осуществляли по рекомендованным в зоне технологиям, за исключением изучаемых приемов, в плодосменном 4-польном севообороте, развернутом в пространстве и во времени, со следующим чередованием культур: яровая пшеница + клевер – клевер 1 г.п. – озимая тритикале – картофель. Сопутствующие исследования, анализы и наблюдения в опыте проводили по общепринятым в растениеводческой науке методикам.

Метеоусловия в годы исследований различались: 2016 г. был самым теплым и менее влажным (ГТК – 1,24), 2017 – более прохладным и более влажным (ГТК – 1,88), 2018 г. – теплым и влажным (ГТК – 1,34).

Осушение и применение удобрений оказали положительное воздействие на формирование урожая озимой тритикале. По водному режиму на осушаемом участке в годы исследований складывались более благоприятные условия. В среднем за вегетацию по итогам 3-х лет влажность пахотного слоя почвы в этом варианте составляла 71 % НВ, на участке без осушения – 90 %. На неосушенном участке в 2017–2018 гг. под посевами культуры наблюдали периодическое переувлажнение пахотного слоя почвы (табл. 1).

В среднем за 3 года урожайность озимой тритикале на осушаемом участке была выше, чем на неосушенном: без удобрений – на 1,18 т/га, при внесении $N_{45}P_{15}K_{45}$ – на 2,37, $N_{90}P_{15}K_{45}$ – на 2,71 (табл. 2). Применение удобрений и повышение их норм в течение изучаемых лет достоверно увеличивали сбор озимой

1. Влажность пахотного слоя на осушаемых и неосушенных почвах в годы исследований, % НВ

Период	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Осушаемая почва			
В течение вегетации	48…77	68…93	55…72
В среднем за вегетацию	64	83	67
Неосушенная почва			
В течение вегетации	64…95	87…115	74…103
В среднем за вегетацию	84	97	90

2. Урожайность озимой тритикале в зависимости от вариантов удобрений и осушения, т/га

Вариант	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем за 2016–2018 гг.
Осушаемая почва				
Без удобрений	3,54	2,78	3,78	3,37
$N_{45}P_{15}K_{45}$	4,89	6,28	4,63	5,27
$N_{90}P_{30}K_{90}$	5,27	6,95	5,88	6,03
Среднее	4,57	5,34	4,74	4,89
Неосушенная почва				
Без удобрений	2,96	1,17	2,44	2,19
$N_{45}P_{15}K_{45}$	4,54	1,19	2,96	2,90
$N_{90}P_{30}K_{90}$	5,06	1,55	3,35	3,32
Среднее	4,19	1,30	2,92	2,80
Среднее				
Без удобрений	3,25	1,98	3,11	2,78
$N_{45}P_{15}K_{45}$	4,72	3,74	3,80	4,09
$N_{90}P_{30}K_{90}$	5,16	4,25	4,62	4,68
Среднее	4,38	3,32	3,84	3,85
$НСР_{05}$ для любых средних	0,25	0,23	0,28	
$НСР_{05}$ для удобрений	0,18	0,16	0,20	
$НСР_{05}$ для почвы	0,14	0,13	0,16	

тритикале на обоих участках (кроме 2-го варианта в 2017 г. на неосушенном). В среднем за 3 года в варианте $N_{45}P_{15}K_{45}$ по сравнению с фоном без них урожай повысился на осушаемом участке на 56 %, на неосушенном – на 32, возрастала – соответственно на 79 и 52 %, при увеличении нормы удобрений урожайность на обоих участках возрастала на 14 %.

В зависимости от погодных условий наибольший урожай озимой тритикале на осушаемых почвах отмечен в более влажном 2017 г., наименьший – в более сухом 2016 г., а на неосушенной – наоборот. По сравнению с другими годами, в 2017 г. на осушаемой почве сформировалось большее количество продуктивных стеблей (в среднем по вариантам опыта на 14…35 шт./м^2) и масса 1000 зерен (на 6,9…8,1 г), а на неосушенной отмечали очень низкую густоту стояния растений, в том числе продуктивных стеблей.

При внесении удобрений и повышении уровня удобренности на обоих участках в лучшую сторону изменялись количество продуктивных стеблей и зерен в колосе (табл. 3). В случае использования $N_{45}P_{15}K_{45}$ и $N_{90}P_{30}K_{90}$, по сравнению с вариантом без удобрений, количество продуктивных стеблей и зерен в колосе на осушаемом участке было существенно больше, соответственно на 93 и 117 шт./м^2 и на 4 и 6 шт. На неосушенном количество продуктивных стеблей возрастало только при внесении $N_{90}P_{30}K_{90}$ (на 21 шт./м^2), а зерен в колосе в обоих вариантах соответственно на 5,7 и 7,4. На осушаемой почве формировалось большее количество продуктивных стеблей в среднем по вариантам на 152 шт./м^2, а на неосушенной зерен в колосе – на 1,9 шт. В среднем по почвам величины этих показателей в вариантах с применением удобрений были существенно выше, чем на неудобренном, а при сравнении их между собой отмечена только тенденция повышения в пользу $N_{90}P_{30}K_{90}$. По массе 1000 зерен различия оказались несущественными по всем факторам.

Важный показатель фотосинтетической деятельности посева – использование фотосинтетически активной солнечной радиации. Посевы с КПД ФАР 3,5…5,0 % считаются рекордными, 1,5…3,0 % – хорошими, 0,5…1,5% – обычно наблюдаемыми [17]. Расчеты показали, что эффективность использования ФАР посевами озимой тритикале на осушаемом участке была больше. На обоих участках во все годы она возрастала с повышением норм удобрений. При величине прихода фотосинтетически активной солнечной радиации 2,3 млрд ккал/га КПД ФАР в среднем за 3 года на осушаемом участке в варианте без удобрений был самый низкий, составил 1,34, при внесении $N_{45}P_{15}K_{45}$ – 1,94, $N_{90}P_{30}K_{90}$ – 2,26, на неосушенном значительно ниже – соответственно 0,93, 1,15, 1,32. Таким образом, на осушаемом участке в варианте без удобрений КПД ФАР был выше, по сравнению с неосушенным, на 44 %, а на удобренных – на 67…71 %.

На осушаемом участке самые высокие величины этого показателя отмечены в более влажном 2017 г. – от 1,18 без применения удобрений до 2,31 и 2,56 при $N_{45}P_{15}K_{45}$ и $N_{90}P_{30}K_{90}$, на неосушенном участке, наоборот, они были самым низким, соответственно вариантам 0,54, 0,56, 0,72.

В опыте, по сравнению с вариантом без удобрений, наибольшую окупаемость 1 кг д.в. удобрений дополнительным урожаем озимой тритикале по 3-летним данным на обоих участках обеспечивало внесение $N_{45}P_{15}K_{45}$ – на осушаемом участке 18,1 кг и на неосушенном – 6,7 кг зерна, в варианте с $N_{90}P_{30}K_{90}$ она соответственно составила 12,7 и 5,4 кг, при сравнении их между собой – 7,2 и 4,0 кг.

Определение содержания переваримого протеина показало, что в зерне с удобренных вариантов по сравнению с неудобренным, на осушаемом участке оно увеличивалось на 1,0 и 1,7 %, а выход его с урожаем – на 0,27 и 0,40 т/га, или в 1,7 и 2,1 раза, на неосушенном – соответственно на 1,6 и 2,3 % и на 0,13 и 0,19 т/га, или в 1,6 и 1,9 раза (табл. 4). На осушаемом участке, по сравнению с неосушенным, в среднем по вариантам удобрений содержание протеина в зерне было выше на 1 %, выход его с урожаем – на 0,27 т/га. При использовании удобрений величины этих показателей в среднем по обеим почвам были существенно выше, чем на фоне естественного плодородия почвы.

При наблюдении за фитосанитарным состоянием посевов лучшие результаты отмечены на осушаемом участке, особенно по засоренности. По сравнению с неосушенным, общее количество сорняков и их масса были меньше соответственно в 4 и 34 раза, величины этих показателей по многолетним сорнякам – в 7 раз.

Оценка распространения корневых гнилей на растениях показала более высокую устойчивость к ним озимой тритикале, по сравнению с яровой пшеницей. По трехлетним данным в среднем по вариантам удобрений распространение корневых гнилей на растениях

3. Основные элементы структуры урожая озимой тритикале в зависимости от вариантов удобрений и осушения, в среднем за 2016–2018 гг.

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт./м^2	Продуктивная кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Осушаемая почва				
Без удобрений	263	1,10	35,3	39,1
$N_{45}P_{15}K_{45}$	358	1,37	39,3	40,0
$N_{90}P_{30}K_{90}$	380	1,53	41,3	40,9
Среднее	334	1,33	38,6	40,0
Неосушенная почва				
Без удобрений	170	1,17	36,1	39,4
$N_{45}P_{15}K_{45}$	185	1,22	41,8	40,6
$N_{90}P_{30}K_{90}$	191	1,24	43,5	40,8
Среднее	182	1,21	40,5	40,3
Среднее				
Без удобрений	216	1,14	35,7	39,2
$N_{45}P_{15}K_{45}$	272	1,30	40,6	40,3
$N_{90}P_{30}K_{90}$	286	1,38	42,4	40,8
Среднее	258	1,27	39,6	40,1
$НСР_{05}$ для любых средних	20	0,14	2,8	
$НСР_{05}$ для почвы	12	0,08	1,6	
$НСР_{05}$ для удобрений	14	0,10	2,0	

4. Содержание протеина в зерне и выход с урожаем в зависимости от вариантов удобрений и осушения, среднее за 2016-2018 гг.

Вариант удобрений	Содержание в зерне, %	Выход с урожаем, т/га
Осушаемая почва		
Без удобрений	11,0	0,37
$N_{45}P_{15}K_{45}$	12,0	0,64
$N_{90}P_{30}K_{90}$	12,7	0,77
Среднее	11,9	0,59
Неосушенная почва		
Без удобрений	9,6	0,21
$N_{45}P_{15}K_{45}$	11,2	0,34
$N_{90}P_{30}K_{90}$	11,9	0,40
Среднее	10,9	0,32
Среднее		
Без удобрений	10,3	0,29
$N_{45}P_{15}K_{45}$	11,6	0,49
$N_{90}P_{30}K_{90}$	12,3	0,58
Среднее	11,4	0,68
$НСР_{05}$ для средних	0,9	0,05
$НСР_{05}$ для почвы	0,5	0,03
$НСР_{05}$ для удобрений	0,6	0,04

озимой тритикале на осушаемом участке составило 10,8 %, на яровой пшенице (возделываемой в этом севообороте) – 19,3, на неосушенном, соответственно культурам – 12,2 и 27,1 %. В вариантах с применением удобрений можно отметить тенденцию их увеличения в посевах озимой тритикале на осушаемом участке до 14,0 %, на неосушенном – до 13,7 %, по сравнению с неудобренным вариантом, в котором соответственно участкам составляло 6,3 и 10,3 %.

Таким образом, осушение и применение минеральных удобрений – эффективные приемы повышения урожайности озимой тритикале. Наиболее благоприятные условия по водному режиму, использованию фотосинтетически активной солнечной радиации, фитосанитарному состоянию посевов и эффективности применения удобрений сложились на осушаемых почвах. В результате осушения повышение урожайности озимой тритикале в среднем по вариантам опыта составило 2,09 т/га, или 75 %. Применение удобрений в норме $N_{45}P_{15}K_{45}$ обеспечило прибавку урожая на осушаемом участке на 56 %, на неосушенном – на 32, в норме $N_{90}P_{30}K_{90}$ – соответственно на 79 и 52 %, по сравнению с фоном без удобрений. Наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая при размещении озимой тритикале на хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве после клевера 1 года пользования на обоих участках отмечена от внесения $N_{45}P_{15}K_{45}$ – на осушаемом 18,1 кг зерна, на неосушенном – 6,7 кг.

Литература.

1. Тритикале – первая зерновая культура, созданная человеком / Пер. с англ. М. Б. Евгеньева. Под ред. Ю. Л. Гужова. М.: Колос, 1978. 285 с.

2. Чернышова Э. А., Мякиньков А. Г., Соловьев А. А. Сравнительная характеристика технологических качеств зерна сортов озимой тритикале // Известия ТСХА. № 3. 2015. С. 16–24.

3. Результаты и перспективы селекции озимой тритикале для хлебопекарных целей в центральном Нечерноземье / А. М. Медведев, В. В. Осипов, А. В. Осипова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 99–106.

4. Продуктивность озимой тритикале при разных сроках посева / Г. С. Цвик, Т. В. Таран, Г. С. Гусев // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 3 (39). С. 8–12.

5. Гулюк Г. Г. Нечерноземная зона ищет решение // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 5. С. 2–4.

6. Освоение долголетней залежи при возделывании сеяных злаковых трав / Г. Г. Гулюк, Н. А. Семенов, А. В. Шуравилин и др. // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 4. С. 19–23.

7. Кирейчева Л. В. Подходы к обоснованию размещения сельскохозяйственных мелиораций // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 4. С. 11–15.

8. Кирейчева Л.В. Мелиорация земель в России: планы и реальность // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 2. С. 2–5.

9. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2014. 176 с.

10. Проблемы и пути повышения роли мелиоративных систем Рязанской области / П. Н. Ванюшин, А. В. Кузин, Т. Н. Сысоева и др. // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 5. С. 6–12.

11. Лыскова И. В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 6 (61). С. 35–40.

12. Лошаков В. Г. Эффективность совместного использования севооборота и удобрений // Плодородие. 2016. № 2. С. 37–41.

13. Сычев В. Г., Шафран С. А., Духанина Т. М. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. // Плодородие. 2016. № 2. С. 5–7.

14. Петрова Л. И., Корнеева Е. М. Влияние агроландшафтных условий и удобрений на урожай культур на осушаемых землях // Земледелие. 2008. № 1. С. 12–13.

15. Петрова Л. И., Митрофанов Ю. И. Особенности формирования экологизированной системы удобрений на осушаемых землях // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 3. С. 16–20.

16. Новоселов С. И., Толмачев Н. И., Муржинова А. В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность севооборотов с различными видами паров // Плодородие. 2014. № 5. С.14–16

17. Каюмов М. К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. М.: Росагропромиздат, 1989. 368 с.

Influence of Drainage and Fertilizers on Yield of Winter Triticale

L. I. Petrova, Yu. I. Mitrofanov, N. K. Pervushina, V. N. Lapushkina
All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, pos. Emmaus, 27, Kalininskii r-n, Tverskaya obl., 170530, Russian Federation

Abstract. *The paper presents the results of the study (2016–2018) on the influence of mineral fertilizer rates and drainage on the yield and grain quality of winter triticale, water regime of soil, photosynthetic activity, recoupment of fertilizers by the yield increase under conditions of the Tver region. The experiment was laid on drained by closed drainage and undrained soils in 3 variants: without fertilizers, N45P15K45, N90P30K90. The drainage and application of fertilizers had a positive effect on the conditions of formation of winter triticale yield. The most favourable conditions for the water regime were noted on the drained soil, the humidity of the arable layer during the growing season over 3 years was 71% of the field moisture capacity; for the undrained soil this value was 90%. The efficiency of using photosynthetically active solar radiation (PAR efficiency) by winter triticale crops in the drained plot was higher; on average over 3 years for the fertilized variants the PAR efficiency was 1.94–2.26 in drained plots, for the undrained ones it was 1.15–1.32. On average over the test variants, the yield of winter triticale was higher in the drained plot by 2.09 t/ha, or by 75%. In both plots in all years it increased with an increase in the background of fertilization. In the second variant of fertilizer application, compared to the background without them, the yield increased in the drained plot by 56%, in the undrained plot – by 32%; and in the 3rd variant of fertilizer application – by 79 and 52%, respectively. The increase in the fertilizer rate provided a yield increase in both plots by 14%. The greatest recoupment of 1 kg of active substances of fertilizer by grain yield in both plots was obtained from applying N45P15K45, winter triticale was sown on well-cultivated soil after clover of the 1st year. The payback was 18.1 kg for the drained plot and 6.7 kg for the undrained plot.*

Keywords: *winter triticale (X Triticosecale Wittm. ex A. Camus); drained and undrained land; fertilizer rates; yield; product quality; fertilizer payback.*

Author Details: *L. I. Petrova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru); Yu. I. Mitrofanov, Cand. Sc. (Agr.), head of division; N. K. Pervushina, junior research fellow; V. N. Lapushkina, junior research fellow.*

For citation: *Petrova L. I., Mitrofanov Yu. I., Pervushina N. K., Lapushkina V. N. Influence of Drainage and Fertilizers on Yield of Winter Triticale. Zemledelie. 2019. No. 4. Pp. 22–24 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10405.*

Фото:
голова свекловичного долгоносика
(сем. Curculionidae)
в многократном увеличении

Соединяем два различных механизма действия для мощного инсектицидного эффекта

Эсперо, КС

+ 200 г/л имидаклоприда
120 г/л альфа-циперметрина

Высокоэффективный инсектицид с продолжительным защитным периодом для контроля вредителей на основных сельскохозяйственных культурах

- Остро выраженное контактно-кишечное действие в сочетании с системной активностью для быстрого уничтожения вредителей и стабильного результата
- Надежный контроль скрытоживущих, сосущих и листогрызущих вредителей на всех жизненных стадиях и в течение всего периода вредоносности
- Высокая эффективность в критических ситуациях при вспышках массового размножения вредителей
- Использование авиатехники для обработки больших площадей в короткий срок

Культуры применения: пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, горох, соя, свекла сахарная, рапс

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

Фото:
пыльцевое зерно рапса
в многократном увеличении

Соединяем суперэффект
масляной формуляции и новейшие
технологии возделывания рапса

Илион, МД

+ 90 г/л клопиралида (2-этилгексилового эфира)
40 г/л имазамокса

www.betaren.ru

Инновационный гербицид для контроля злаковых и двудольных сорняков в технологии возделывания устойчивого к имидазолинонам рапса
Высокий уровень гербицидной активности за счет эффективной комбинации двух действующих веществ и уникальной масляной формуляции
Беспрепятственное проникновение даже через восковой слой кутикулы и доставка действующих веществ во все точки роста сорняков
Уничтожение сорняков вместе с корневой системой, включая почки возобновления и корневые отпрыски
Сдерживание следующих волн сорняков (при достаточной влажности почвы)
ЩЕЛКОВО АГРОХИМ
Реклама

Фото:
поверхность листа,
многократное увеличение

Соединяем
эффект проникновения
и максимум усвоения

Ультрамаг Комби

Многокомпонентные комплексные микроудобрения для листовых подкормок сельскохозяйственных культур

- Сбалансированный состав микроэлементов, подобранных с учетом индивидуальных потребностей культуры
- Совместим с большинством пестицидов
- Специальный комплекс адъювантов способствует лучшей растекаемости, удержанию рабочих растворов на листьях и быстрому проникновению питательных элементов
- Технологичная жидкая форма

Культуры применения: зерновые, масличные, зернобобовые, свекла, кукуруза, картофель

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Реклама

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10406
УДК 635.65:633.853.483:631.5

Зернобобовые культуры (чина, вика, горох) в смешанных посевах с горчицей белой

М. В. ДОНСКАЯ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: office@vniizbk.orel.ru)
Н. И. ВЕЛКОВА[2], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
В. П. НАУМКИН[2], доктор сельскохозяйственных наук, профессор
[1]Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, ул. Молодежная, 10, корп. 1, пос. Стрелецкий, Орловский р-н, Орловская обл., 302502, Российская Федерация
[2]Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, ул. Генерала Родина, 69, Орел, 302019, Российская Федерация

Цель исследований – выявить морфобиологические особенности чины посевной, вики посевной и гороха посевного в смешанных посевах с горчицей белой; установить особенности цветения и посещения насекомыми-опылителями совместных посевов. Работу проводили в 2012–2014 гг. в условиях Орловской области. Почвы опытных участков темносерые лесные, средней окультуренности. Погодные условия были близки к норме. Материалом для изучения служили сорта чины Славянка, вики Никольская, гороха Памяти Варлахова и горчицы Рапсодия. Схема опыта включала следующие варианты для каждой зернобобовой культуры: чистый посев (контроль); бобовая культура + 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 % горчицы белой (от нормы высева 10 кг/га). Учетная площадь делянки 2 м², повторность четырехкратная. Наблюдения, учеты и анализы проводили общепринятыми методами. Подсев горчицы, выполняющей роль поддерживающей культуры, способствовал увеличению высоты растений чины на 1,6...8,9 %, вики – на 15,0...30,2 %, гороха – на 5,5...22,0 %, по сравнению с контролем. При этом семенная продуктивность у чины возрастала на 15,8 %, у вики – на 3,6...25,0 %, у гороха – на 12,5...78,1 % к контролю. Максимальная в опыте урожайность чины (6,0 т/га) и вики (1,3 т/га) отмечена в варианте с 1 % горчицы белой. Наибольшая урожайность гороха (2,4 и 2,5 т/га) формировалась в вариантах с 3 и 20 % горчицы соответственно. Максимальное в эксперименте положительное влияние на показатели роста и развития растений гороха отмечено в варианте с 3 % горчицы. Горчица, как привлекающая культура, увеличивает численность насекомых-опылителей и медоносных пчел на смешанных посевах. Они раньше начинают посещать посевы и позднее заканчивают лет.

Ключевые слова: *горчица белая (Sinapis alba L.), чина посевная (Lathyrus sativus L.), вика посевная (Vicia sativa L.), горох посевной (Pisum sativum L.), смешанный посев, урожайность, насекомые-опылители, пчелы.*

Для цитирования: *Донская М. В., Велкова Н. И., Наумкин В. П. Зернобобовые культуры (чина, вика, горох) в смешанных посевах с горчицей белой // Земледелие. 2019. № 4. С. 25–28. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10406.*

В связи с увеличением распаханности земель уменьшается доля естественных медоносных угодий. Интенсификация земледелия приводит к сокращению ценных медоносных ресурсов, увеличению безмедосборных периодов. Для улучшения кормовой базы пчеловодства необходимо внедрять агротехнические приемы, позволяющие создавать длительный и непрерывный медосбор с учетом погодно-климатических особенностей местности.

Важное значение имеет возделывание однолетних медоносных растений в смеси с различными сельскохозяйственными культурами. Например, из масличных капустных культур в смешанных посевах с бобовыми широко используют горчицу белую. Возделывание бобово-горчичных смесей, в которых горчица выполняет роль поддерживающей культуры, позволяет повысить урожайность бобовых компонентов и нектаропродуктивность посева [1, 2, 3].

Кроме того, добавление горчицы к бобовым – эффективное средство борьбы с брухусом, гороховой плодожоркой, долгоносиком, тлей и другими вредителями, поскольку в таких посевах лучше размножаются энтомофаги, которые поражают личинок многих вредителей и способствуют их уничтожению [4].

Важна роль корневых выделений горчицы, обладающих фитонцидной активностью. Кроме того, они содержат органические кислоты, которые при взаимодействии с почвой способны переводить ряд элементов питания в доступную для бобового компонента смеси форму [5, 6].

Горох посевной – самоопылитель, в зоне возделывания горчицы белой он занимает значительные площади. Горчица служит хорошим опорным растением для гороха и может подавлять развитие сорняков, болезней и вредителей в посевах. В результате чего повышается урожайность гороха, а дополнительно можно получить урожай горчицы белой. В смешанных посевах ризосфера горчицы белой стимулирует процесс азотфиксации гороха, с агротехнической точки зрения, создается один из лучших видов симбиоза, улучшающий развитие обеих культур. Кроме того, подсев горчицы белой позволяет значительно улучшить и расширить кормовую базу пчеловодства, а также собрать дополнительное количество меда [7].

Данных об особенностях возделывания зернобобовых культур (чины посевной, вики посевной и гороха посевного) в смешанных с медоносами посевах в условиях Орловской области крайне мало, поэтому возникла необходимость в более детальном изучении этого вопроса.

Цель исследований – выявить морфобиологические особенности чины посевной, вики посевной и гороха посевного в совместных посевах с горчицей белой; установить специфику цветения и посещения посевов насекомыми-опылителями.

Исследования проводили в 2012–2014 гг. на опытных полях ФГБНУ ВНИИЗБК и на кафедре Агроэкологии и охраны окружающей среды ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Почвы опытных участков темносерые лесные, средней окультуренности. Содержание гумуса (по Тюрину) в годы исследований составило 4,28...4,73 %, легкогидролизуемого азота (по Кононовой) – 125...134 мг/кг, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 144...192 мг/кг и 74...106 мг/кг соответственно, pH солевой вытяжки – 5,1...5,2, гидролитическая кислотность – 4,4...4,6 мг экв/100 г почвы.

Рис. 1. *Смешанные посевы чины (а), вики (б) и гороха (в) с горчицей белой.*

Погодные условия были близки к среднемноголетней норме, 2012 и 2014 гг. характеризовались как слабо засушливые (ГТК=0,7...0,9), 2013 г. – достаточно увлажненный (ГТК=1,0).

Материалом для изучения служили сорта чины посевной Славянка, вики посевной Никольская, гороха посевного Памяти Варлахова и горчицы белой Рапсодия (рис. 1). Схема опыта включала следующие варианты для каждой зернобобовой культуры: чистый посев (контроль); бобовая культура + 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 % горчицы белой (от нормы высева 10 кг/га).

Учетная площадь делянки 2 м^2, повторность четырехкратная. Наблюдения, учеты и анализы проводили общепринятыми методами. Уборку зернобобовых культур осуществляли по мере созревания бобов. Для структурного анализа с каждой делянки отбирали 20 растений, которые оценивали по 12 признакам, слагающим продуктивность.

Обработку данных выполняли методами математической статистики с использованием компьютерных программ STATISTICA v. 10 (StatSoft, Inc.) и Microsoft Office Excel 2010.

Подсев горчицы белой не оказывал влияния на продолжительность фаз развития и вегетационного периода зернобобовых культур в целом. Во всех вариантах опыта продолжительность вегетации была одинаковой и в среднем за 3 года изучения у чины составила 85 сут, с варьированием от 78 сут в 2012 г. до 92 сут в 2013 г. (табл. 1); у вики – 93 сут, с колебанием от 87 сут (2012 г.) до 98 сут (2014 г.); у гороха – 82 сут, изменяясь от 79 сут (2012 г.) до 85 сут (2013 г.).

Наблюдения за ростом и развитием растений горчицы белой показали, что в среднем за 2012–2014 гг. продолжительность ее вегетационного периода составила 79 сут, с варьированием в разные годы от 75 до 85 сут.

Подсев горчицы способствовал увеличению высоты растений чины на 1,6...8,9 %, вики – на 15,0...30,2 %, гороха – на 5,5...22,0 %, по сравнению с контролем (табл. 2). Максимальная в опыте высота растений чины (89,2 см) отмечена в варианте с подсевом 1 % горчицы, вики (97,1 см) – в варианте с 15 % горчицы, гороха (93,0 см) – при подсеве 3 % горчицы.

Масса одного растения чины увеличилась, по сравнению с контролем, в варианте с подсевом 1 % горчицы на 13,5 % и составила 36,2 г, у вики с 1 % горчицы – на 15,2 %, с 10 % горчицы – на 3,6 % до 15,9 г и 14,3 г соответственно. Растения гороха дали существенную прибавку по массе в вариантах с 1 % и 3 % горчицы – 40,4 и 57,6 % соответственно.

Семенная продуктивность растений при подсеве горчицы увеличивалась у чины на 15,8 %, у вики – на 3,6...25,0 %, у гороха – на 12,5...78,1 %, по отношению к контролю. Наибольшая масса семян с одного растения чины (16,9 г) формировалась в варианте с подсевом 1 % горчицы, вики (3,2...3,5 г/раст.) – при подсеве 1, 5 и 15 % горчицы. У растений гороха семенная продуктивность значительно возрастала до 5,3...5,7 г/раст. в вариантах с 1 и 3 % горчицы.

Масса 1000 семян чины увеличивалась во всех вариантах опыта, по сравнению с контролем, на 0,5...14,3 % и изменялась от 213,7 г при подсеве 3 % горчицы до 243,1 г в варианте с 25 % горчицы, при этом в контроле величина этого показателя находилась на уровне 212,6 г. При подсеве горчицы масса 1000 семян вики возрастала на 3,3...20,7 % и варьировала от 44,0 г (10 % горчицы) до 51,4 (20 % горчицы), против 42,6 г в контроле. У гороха крупность семян увеличивалась на 37,7...60,6 %, величина признака находилась в пределах от 149,1 г (20 % горчицы) до 173,9 г (1 % горчицы), 108,3 г в контроле.

Подсев горчицы белой способствовал увеличению числа бобов и семян на одном растении у гороха во всех вариантах опыта, по сравнению с контролем, на 8,5...85,1 % и 7,5...66,8 % соответственно. Наибольшее число бобов (8,1...8,7 шт.) и семян (31,4...33,2 шт.) на растении формировалось в вариантах с 1 % и 3 % горчицы.

У чины число бобов и семян возросло только в сочетании с 1 % горчицы на 8,8 % и 16,3 % и составило 44,5 шт. и 80,1 шт. соответственно.

1. Продолжительность вегетационного периода зернобобовых культур и горчицы белой в совместных посевах (2012–2014 гг.), сут

Год	Продолжительность вегетационного периода			
	чина	вика	горох	горчица
2012	78	87	79	75
2013	92	94	85	85
2014	85	98	82	78
Среднее за 3 года	85	93	82	79

2. Морфологическая характеристика зернобобовых культур в смеси с горчицей белой, среднее за 2012-2014 гг.

Вариант	Признак					
	Высота растения, см	Масса растения, г	Число бобов на растении, шт.	Число семян на растении, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
Чина						
Чина (чистый посев)	81,9±3,3	31,9±3,2	40,9±4,0	68,9±6,8	14,6±1,7	212,6±13,6
Чина + 1 % горчицы	89,2±4,6	36,2±4,0	44,5±5,0	80,1±11,8	16,9±2,1	217,8±11,9
Чина + 3 % горчицы	83,2±3,6	27,7±3,7	34,7±5,3	48,9±8,5	12,6±1,8	213,7±14,5
Чина + 5 % горчицы	84,0±3,5	31,1±3,2	37,6±4,2	65,9±8,1	13,8±1,6	214,7±9,3
Чина + 10 % горчицы	84,1±3,3	23,5±2,6	27,6±2,9	47,4±5,2	10,3±1,2	222,0±11,0
Чина + 15 % горчицы	85,9±4,0	24,9±3,4	29,8±4,1	50,8±6,0	11,1±1,5	218,3±16,2
Чина + 20 % горчицы	87,4±4,4	25,9±4,0	30,1±4,8	50,5±7,7	11,8±1,8	235,4±9,5
Чина + 25 % горчицы	86,6±3,3	21,0±2,9	22,2±3,3	38,8±5,2	9,3±1,4	243,1±19,3
$НСР_{05}$	5,4	1,9	2,7	4,5	0,9	13,9
Вика						
Вика (чистый посев	74,6±3,3	13,8±2,6	24,4±4,6	63,4±12,8	2,8±0,7	42,6±3,3
Вика + 1 % горчицы	89,7±3,2	15,9±3,2	25,4±4,9	74,9±9,3	3,5±1,1	38,4±4,7
Вика + 3 % горчицы	90,1±3,4	11,8±2,5	19,6±3,9	61,7±13,9	2,9±0,8	44,4±3,7
Вика + 5 % горчицы	85,8±4,9	12,1±1,4	20,7±4,0	64,4±15,9	3,2±0,9	46,5±3,2
Вика + 10 % горчицы	87,7±2,8	14,3±2,6	23,0±4,6	57,1±8,9	2,3±0,5	44,0±3,9
Вика + 15 % горчицы	97,1±4,1	12,1±2,2	19,0±3,2	65,4±14,9	3,2±0,9	45,8±4,2
Вика + 20 % горчицы	92,9±4,4	10,4±2,3	17,7±4,5	41,4±8,4	2,4±0,6	51,4±6,9
Вика + 25 % горчицы	91,1±4,3	10,1±1,9	16,4±3,0	54,1±9,7	2,6±0,6	45,9±5,6
$НСР_{05}$	7,2	0,9	1,8	4,0	0,2	3,0
Горох						
Горох (чистый посев	76,2±2,1	9,9±1,1	4,7±0,6	19,9±2,6	3,2±0,4	108,3±6,0
Горох + 1 % горчицы	82,9±2,8	13,9±3,5	8,1±1,0	33,2±3,5	5,7±0,6	173,9±7,1
Горох + 3 % горчицы	93,0±4,5	15,6±1,8	8,7±1,1	31,4±3,3	5,3±0,9	163,7±17,0
Горох + 5 % горчицы	82,3±2,9	8,8±1,1	5,1±0,7	21,4±3,5	4,3±0,5	159,8±14,1
Горох + 10 % горчицы	80,4±3,0	9,1±1,3	6,3±0,9	24,1±3,0	4,0±0,5	159,2±12,4
Горох + 15 % горчицы	85,9±4,1	9,4±1,0	5,9±0,8	23,8±3,7	3,8±0,4	159,6±16,3
Горох + 20% горчицы	85,4±2,5	9,9±0,9	6,0±0,7	24,0±3,3	4,3±0,7	149,1±14,1
Горох + 25% горчицы	87,6±3,1	9,2±1,4	5,8±1,2	22,6±2,6	3,6±0,5	159,9±13,8
$НСР_{05}$	4,0	0,9	0,5	1,8	0,3	13,1

У вики число бобов на растении увеличилось с подсевом 1 % горчицы на 4,1 % и составило 25,4 шт., число семян возрастало в вариантах с 1 %, 5 % и 15 % горчицы на 1,6...18,1 % и изменялось от 64,4 шт. до 74,9 шт. на растении.

Таким образом, наибольшее положительное влияние на показатели роста и развития растений чины и вики оказывает подсев горчицы белой в количестве 1 % от нормы высева. Подсев горчицы оказывает благоприятное влияние на рост и развитие растений гороха во всех вариантах опыта. Лучшие показатели отмечены в варианте с 3 % горчицы.

Эти выводы подтверждает анализ биологической урожайности зернобобовых культур в различных вариантах опытов (рис. 2).

Так, максимальная урожайность чины (6,0 т/га) и вики (1,3 т/га) отмечена в варианте с подсевом 1 % горчицы белой. Увеличение нормы высева горчицы приводило к снижению сбора семян этих культур.

У гороха наибольшая урожайность формировалась при подсеве 3 % и 20 % горчицы – 2,4 и 2,5 т/га соответственно. Во всех вариантах опыта урожайность этой культуры была выше, чем в контроле.

Необходимо отметить, что во всех вариантах опыта с зернобобовыми культурами увеличение нормы высева горчицы приводило к значительному повышению ее урожайности.

Изучение особенностей цветения и посещаемости посевов насекомыми-опылителями показало, что максимальной продолжительностью цветения характеризуются смешанные посевы гороха с горчицей. В среднем за три года изучения, величина этого показателя для гороха составила 36 сут, для вики – 23 сут, для чины – 12 сут (табл. 3). Продолжительность цветения горчицы

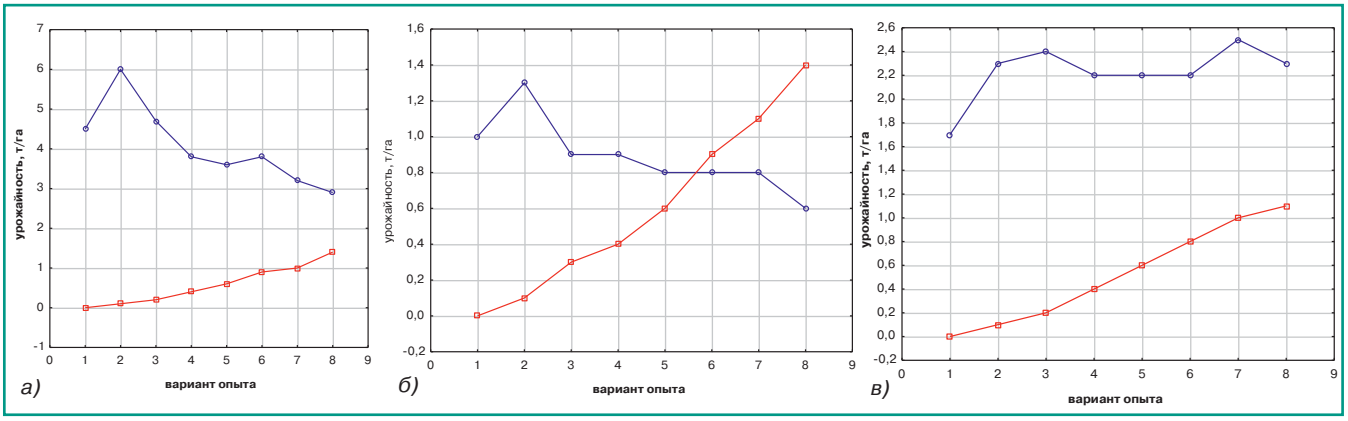

Рис. 2. Урожайность компонентов смешанного посева, среднее за 2012–2014 гг., т/га: а) — чина; — горчица; б) — вика; — горчица; в) — горох; — горчица.

3. Продолжительность цветения зернобобовых культур и горчицы белой в совместных посевах (2012–2014 гг.), сут

Год	Продолжительность цветения			
	Чина	Вика	Горох	Горчица
2012	10	19	33	24
2013	15	22	39	28
2014	12	28	36	26
Среднее за 3 года	12	23	36	26

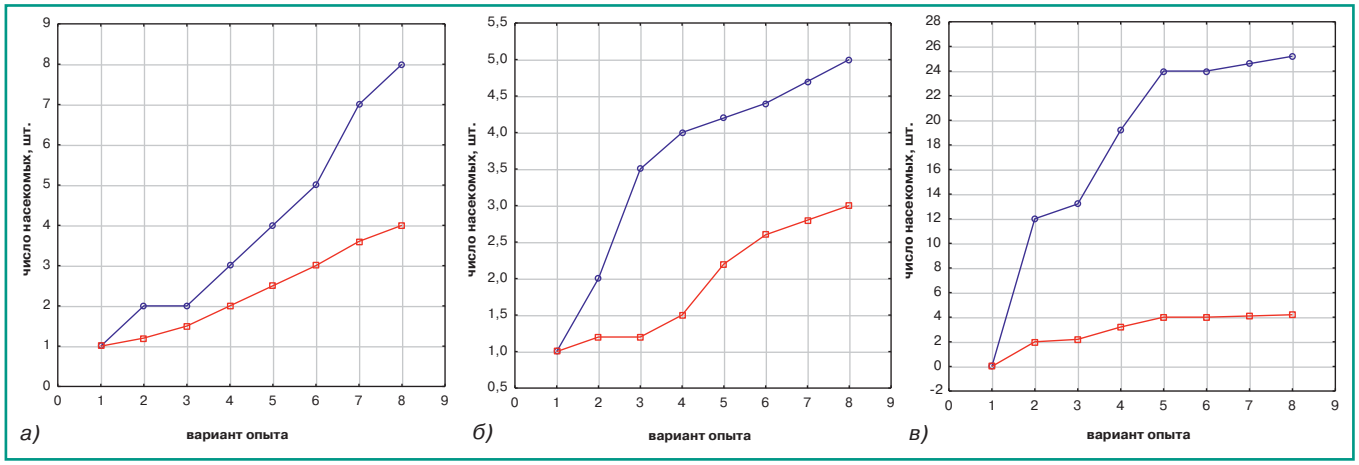

Рис. 3. *Количество насекомых-опылителей и медоносных пчел в различных вариантах опыта среднее за 2012-2014 гг.: а) чина + горчица; б) вика + горчица; в) горох + горчица: —o— — насекомые-опылители; —□— — пчелы.*

находилась на уровне 26 сут. Различий по вариантам опыта не отмечено.

Учет числа насекомых-опылителей и медоносных пчел показал, что подсев к зернобобовым культурам горчицы белой увеличивает количество насекомых-опылителей и пчел на посевах (рис. 3). Чем выше был процент подсева горчицы, тем большее их число отмечено на посевах.

Таким образом, изучение морфобиологических особенностей чины посевной, вики посевной и гороха посевного в совместных агроценозах с горчицей белой позволило установить важность этого агротехнического приема. Подсев горчицы, выполняющей роль поддерживающей культуры, способствовал увеличению высоты растений чины на 1,6…8,9 %, вики – на 15,0…30,2 %, гороха – на 5,5…22,0 %, по сравнению с контролем. При этом семенная продуктивность растений у чины возрастала на 15,8 %, у вики – на 3,6…25,0 %, у гороха – на 12,5…78,1 %.

Максимальная в опыте урожайность чины (6,0 т/га) и вики (1,3 т/га) отмечена при подсеве 1 % горчицы белой. У гороха наибольшая урожайность 2,4 т/га и 2,5 т/га формировалась в вариантах с 3 % и 20 % горчицы соответственно.

Подсев горчицы белой увеличивает число насекомых-опылителей и медоносных пчел на посевах. Они раньше начинают посещать посевы зернобобовых культур и позднее заканчивают лет.

В условиях Орловской области для формирования высоких урожаев зернобобовых культур и дополнительной продукции в виде семян горчицы белой, а также улучшения медоносной базы пчеловодства рекомендуются совместные посевы зернобобовых культур с горчицей белой.

Литература.

1. Золотарев В. Н. Агробиологические основы возделывания вики посевной (Vicia sativa L.) на семена в гетерогенных агроценозах в условиях Центрального Нечерноземья России // Сельскохозяйственная биология. 2016. С. 194–203.

2. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Роль кормовых зернобобовых культур в укреплении кормовой базы животноводства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 1. С. 98–101.

3. Безгодов А. В., Ахметханов В. Ф., Аплаева А. Д. Способ выращивания вики посевной на зерно в бинарных посевах с яровым рапсом и горчицей белой // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. №2 (22). С. 73–79.

4. Велкова Н. И., Наумкин В. П. Возделывание горчицы белой (Sinapis alba L.) в условиях ЦЧР: монография. Орел: ОрелГАУ, 2018. 308 с.

5. Панасюга А. П., Саскевич П. А., Кажарский В. Р. Биологическая и хозяйственная эффективность фунгицидов в посевах горчицы белой // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1. С. 27–31.

6. Лобанова Т. А., Власенко Н. Г., Тарасов А. С. Капустовые культуры на зеленый корм // Земледелие. 2007. № 2. С. 26–27.

7. Велкова Н. И., Наумкин В. П. Горчица белая – медоносная культура: монография. Орел: Изд-во «Картуш», 2015. 160 с.

Leguminous Crops (Lathyrus, Vetch, Pea) in Mixed Plantings with White Mustard

M. V. Donskaya[1], N. I. Velkova[2], V. P. Naumkin[2]

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

[2] N. V. Parakhin Orel State Agrarian University, ul. Generala Rodina, 69, Orel, 302019, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the research was to identify the morphologic features of lathyrus, common vetch and pea in mixed crops with white mustard; establish the peculiarities of flowering and visits by insect-pollinators of joint crops. The work was carried out in 2012–2014 under conditions of the Orel region. Soils of experimental plots were dark grey forest, medium cultivated. Weather conditions were close to the average annual climate indicators. The material for the study was lathyrus 'Slavyanka', vetch 'Nikol'skaya', pea 'Pamyati Varlakhova', and mustard 'Rapsodia'. The experiment design included the following options for each leguminous crop: monoculture (control); +1%, +3%, +5%, +10%, +15%, +20%, and +25% of white mustard (from the seeding rate of 10 kg/ha). Accounting area of the plot was 2 m2; the replication was fourfold. Observations, registrations and analyses were carried out by generally accepted methods. The undersow of mustard, which served as a supporting crop, contributed to an increase in height of lathyrus on 1.6–8.9%, of vetch – on 15.0–30.2%, of pea – on 5.5–22.0% in comparison with the control. At the same time, the seed productivity of lathyrus increased by 15.8%, of vetch – by 3.6–25.0%, of pea – by 12.5–78.1% relative to the control. The maximal yield of lathyrus (6.0 t/ha) and vetch (1.3 t/ha) was obtained in the variant with 1% of white mustard. The highest yield of pea (2.4 t/ha and 2.5 t/ha) was formed in variants with 3% and 20% of mustard, correspondingly. The maximum positive effect on the growth and development of pea plants was observed with 3% mustard. A study of the peculiarities of flowering and visits by insect pollinators of crops showed that mustard, as an attractive crop, increases the number of insect pollinators and honey bees on mixed crops. They start visiting crops earlier and later end their flight.*

Keywords: *white mustard (Sinapis alba L.); lathyrus (Lathyrus sativus L.); common vetch (Vicia sativa L.); pea (Pisum sativum L.); mixed plantings; yield; insects-pollinators; bees.*

Author Details: M. V. Donskaya, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: office@vniizbk.orel.ru); N. I. Velkova, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: nvelkova@yandex.ru); V. P. Naumkin, D. Sc. (Agr.), prof.

For citation: *Donskaya M. V., Velkova N. I., Naumkin V. P. Leguminous Crops (Lathyrus, Vetch, Pea) in Mixed Plantings with White Mustard. Zemledelie. 2019. No. 4. Pp. 25–28 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10406.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10407
УДК 635.655.581.1

Физиологические механизмы формирования продуктивности и адаптивности у сортов сои в контрастных метеорологических условиях

Е. В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: kat782010@mail.ru)
А. А. ЗЕЛЕНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
Р. В. БЕЛЯЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, ул. Молодёжная, 10, к. 1, пос. Стрелецкий, Орловский р-н., Орловская обл., 302502, Российская Федерация

Резюме. *В 2017–2018 гг. на сортах сои северного экотипа Зуша, Красивая Меча, Ланцетная, Мезенка, Свапа, Осмонь, Шатиловская 17, а также линиях Л-216, Л-85 исследовали влияние метеорологических условий Орловской области на показатели водного режима, фотосинтетические, симбиотические, хозяйственно ценные признаки и продуктивность. Почва опытного участка темно-серая лесная средней окультуренности. Мощность гумусового горизонта 30...35 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте (по Тюрину) – 4,3...5,6 %, легкогидролизуемого азота (по Кононовой и Тюрину) – 6,4...10,1 мг/100 г почвы, обменного калия (по Масловой) – 7...15 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 6,8...16,5 мг/100 г почвы. В прохладном 2017 г. отмечали избыточное увлажнение – ГТК=1,9; в теплом 2018 г. сложились слабо-засушливые условия – ГТК=1,0. В засушливых условиях 2018 г. наибольшую устойчивость к недостатку влаги проявили сорта Мезенка, Осмонь и Свапа. У них отмечали высокую водоудерживающую способность (45...50 %) и относительную тургесцентность (90...91 %), а также низкий водный дефицит (7,1...7,8 %). Между массой корней в фазе полной спелости и урожаем зерна в засушливом 2018 г. установлена положительная корреляция на уровне r=0,576, что свидетельствует о высокой значимости развития корневой системы в условиях недостаточной влагообеспеченности. Сорт Мезенка и линия Л-85, характеризующиеся высокими фотосинтетическими (фотосинтетический потенциал 1,5...2,1 млн м²×сут/га; чистая продуктивность фотосинтеза 6,0...6,3 г/м²×сут) и симбиотическими (количество клубеньков 30,8...62,2 шт./растение; масса клубеньков 190,0...366,7 мг/растение) показателями, сформировали в среднем за 2 года наибольшую урожайность сухого вещества (9,8...14,2 т/га) и зерна (2,9 т/га), особенно в благоприятных условиях 2018 г. (3,7 т/га зерна). Сорта сои северного экотипа устойчивы к пониженной температуре и недостатку влаги в начальный период развития и позволяют в этих условиях собирать урожай зерна на уровне 2,3...3,3 т/га.*

Ключевые слова*: соя (Glycine max (L.) Merrill), метеорологические условия, физиологические показатели, продуктивность, адаптивность, урожай сухого вещества, урожай зерна.*

Для цитирования: *Головина Е. В., Зеленов А. А., Беляева Р. В. Физиологические механизмы формирования продуктивности и адаптивности у сортов сои в контрастных метеорологических условиях // Земледелие. 2019. № 4. С. 29–32. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10407.*

Соя получила широкое распространение на всех континентах Земли, благодаря разноплановой селекции, основанной на богатстве форм растений этой культуры. Сорта северного экотипа, созданные в РФ, способствуют успешному продвижению культуры в северо-западном направлении. В Центральном и Центрально-Черноземном регионах сою возделывают в экономически значимых масштабах. Ее так же культивируют в условиях лесостепи Западной Сибири, в Волго-Вятском регионе, в Поволжье [1, 2].

Уровень продуктивности сорта – генетически обусловленный признак, характеризующий его потенциальные возможности. Какой будет реальная урожайность зависит во многом от метеоусловий вегетационного периода. Поэтому всестороннее изучение связей в системе условия среды – урожайность имеет важное научно-производственное значение. На продуктивность влияют многие факторы, однако наиболее существенна ее зависимость от основных агрометеорологических параметров – температуры и влагообеспеченности [3].

Цель исследований – оценить воздействие контрастных метеорологических условий на формирование адаптивности и продуктивности у сортов сои.

Полевые работы выполняли в 2017–2018 гг. в севообороте Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Почва опытного участка темно-серая лесная средней окультуренности. Мощность гумусового горизонта 30...35 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте (по Тюрину) – 4,3...5,6 %, легкогидролизуемого азота (по Кононовой и Тюрину) – 6,4...10,1 мг/100 г почвы, обменного калия (по Масловой) – 7...15 мг/100 г почвы, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 6,8...16,5 мг/100 г почвы. Предшествующая культура – озимая пшеница. Семена сои перед посевом обрабатывали штаммом азотфиксирующих бактерий 634б. Агротехника включала лущение стерни, зяблевую вспашку, весеннее боронование и культивацию на глубину 6...8 см. Посев проводили сеялкой ССК-6-10. Норма высева 600 тыс. всхожих семян/га. Уборки осуществляли комбайном «Сампо-130». Площадь делянки 7,5 м², повторность 4-кратная.

Материалом для исследования служили 7 сортов сои северного экотипа (Зуша, Красивая Меча, Ланцетная, Мезенка, Свапа, Осмонь, Шатиловская 17), а также 2 линии (Л-216, Л-85) селекции ФГБНУ ФНЦ ЗБК.

Годы исследований различались по метеоусловиям (табл. 1). В 2017 г. температура была на 2...3 °С ниже среднемноголетней, а количество осадков в период всходы–бутонизация – выше на 60 % (ГТК=1,9), то есть 2017 г. был избыточно влажным и прохладным. В 2018 г. в период всходы–ветвление сложи-

1. Агрометеорологические условия лет исследования

Год	Месяцы					Сумма	ГТК
	май	июнь	июль	август	сентябрь		
Средняя температура воздуха за месяц, °С							
Средняя многолетняя	13,8	16,8	18,0	17,0	11,7		
2017 г.	12,6	15,8	18,1	19,9	13,7	1929,1*	1,90
2018 г.	17,0	18,0	20,4	19,8	16,0	2121,3*	1,04
Количество осадков за месяц, мм							
Среднее многолетнее	51,0	73,0	81,0	63,0	67,0		
2017 г.	54,0	59,8	142,2	87,2	16,0	366,0**	
2018 г.	31,9	16,1	109,0	16,5	41,5	239,9**	

*$t \geq 10°C$, **осадков, мм.*

2. Показатели водного режима сортов сои

Показатель	2017 г.	CV, %	2018 г.	CV, %
Водоудерживающая способность, %	33,5±5,0	15,0	42,4±4,0	9,0
Относительная тургесцентность, %	93,4±2,4	3,0	88,8±1,6	2,0
Остаточный водный дефицит, %	5,5±2,0	36,0	9,3±1,6	17,0
Водопоглощающая способность, %	28,9±2,1	7,0	28,4±2,0	7,0
Оводненность листьев, %	77,4±1,3	2,0	73,6±1,7	2,0

лись засушливые условия (осадков выпало 2,5 % от нормы). Во время цветения температура была на 2...3 °С выше нормы, осадков выпало 30 % от нормы (в этот период определяли показатели засухоустойчивости). Фазы начало плодообразования и налив бобов протекали в благоприятных условиях: температура была на 3...4 °С выше нормы, влагообеспеченность – высокая. В целом вегетационный сезон 2018 г. был теплым и слабо засушливым – сумма эффективных температур превышала среднемноголетнюю на 352 °С, ГТК был равен 1,0.

В фазе налива бобов определяли общее содержание воды в листьях весовым методом, относительную тургесцентность (исходное количество воды в процентах от ее содержания, обеспечивающего полный тургор) – по E. A. Tambussi с соавторами [4], водный дефицит в листьях (количество воды, недостающее до полного насыщения, выраженное в процентах от количества воды, содержащейся при её полном насыщении) – по I. Yordanov, с соавторами [5], водоудерживающую и водопоглощающую способность оценивали по Кожушко Н. Н. [6] и вычисляли по следующим формулам:

$ВУС = (m_1 - m_2)/m_3 \times 100$ %,

где *ВУС* – водоудерживающая способность, m_1 – сырая масса после завядания, m_2 – сухая масса, m_3 – масса воды до завядания.

$ВПС = (m_1 - m_2)/m_1 \times 100$ %,

где *ВПС* – водопоглощающая способность, m_1 – сырая масса после первого насыщения, m_2 – сырая масса после второго насыщения.

Пробы для анализа отбирали в фазы бутонизации, налива бобов, полного созревания [7]; изучали динамику формирования вегетативных и генеративных органов, фотосинтетическую деятельность посевов и накопление зелёной массы [8]; учитывали симбиотическую активность растений сои [9]. Статистическую обработку результатов проводили по Б. А. Доспехову (1985) с использованием программы Microsoft Excel.

Водоудерживающая способность листьев характеризует возможность растений противостоять засухе. При недостатке влаги увеличивается количество связанной воды и водоудерживающая способность [10, 11].

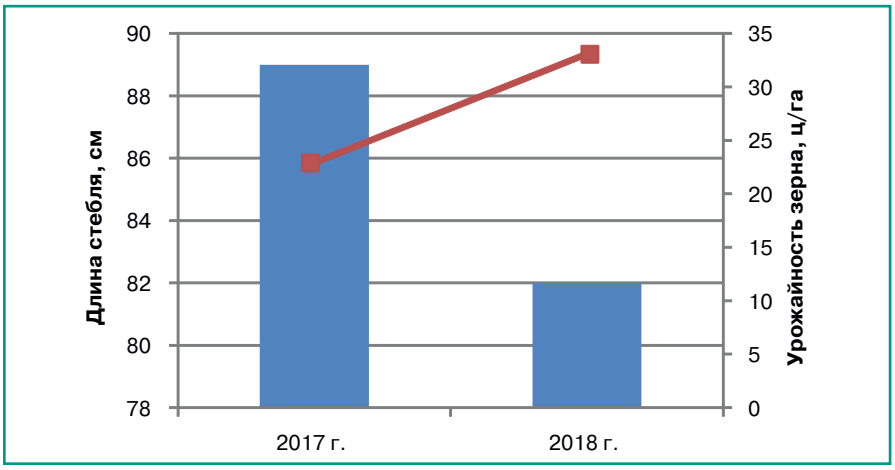

Рисунок. *Длина стебля и урожайность зерна сортов сои в зависимости от метеоусловий года: — длина стебля; — урожайность зерна.*

В 2018 г. величина этого показателя в среднем по сортам составляла 42 % и была выше, чем в 2017 г., на 9 % (табл. 2). Относительная тургесцентность в засушливых условиях 2018 г. была ниже, на 4,5 %, чем в 2017 г. Остаточный водный дефицит в 2018 г. был выше на 4 %.

Водопоглощающая способность характеризует устойчивость растений к обезвоживанию и определяется путем предварительного глубокого завядания и последующего насыщения листьев [12]. В 2017 г. и 2018 г. средние величины этого показателя были на одном уровне (28,4...28,9 %). Содержание воды в листьях в 2018 г. было ниже на 4 %, по сравнению с предыдущим сезоном.

У сортов, обладающих лучшей засухоустойчивостью, при усилении засухи водоудерживающие силы возрастают интенсивнее, относительная тургесцентность уменьшается незначительно, остаточный водный дефицит низкий. В 2018 г. наибольшую водоудерживающую способность отмечали у Осмони и Мезенки (45...50 %); наибольшую относительную тургесцентность (90...91 %), а также самый низкий водный дефицит (7,1...7,8 %) – у Мезенки, Осмони и Свапы.

Коэффициент вариации – относительный показатель изменчивости. Самую низкую изменчивость признаков водного режима зафиксировали в 2018 г. Незначительной она была у относительной тургесцентности (2,0 %) и водоудерживающей способности (9,0 %), средней – у остаточного водного дефицита (17,0 %). Значительную изменчивость в 2017 г. наблюдали у такого признака, как остаточный водный дефицит – 36 %.

В засушливом 2018 г. отмечена тесная значимая корреляция между относительной тургесцентностью, водопоглощающей способностью и длиной стебля (r=0,718...0,737); между водоудерживающей способностью и длиной корня (r=0,744). Во влажном 2017 г. взаимосвязь между длиной корня и водопоглощающей способностью, а также остаточным водным дефицитом была значимой

3. Показатели фотосинтетической деятельности сортов сои

Генотип	Площадь листьев, тыс. м² / га		ФП, тыс. м² х сут. / га		ЧПФ, г/м² х сут.		Сбор сухой надземной массы, т/га	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Зуша	60,8	39,5	5,5	5,6	9,2	6,4	1479,7	972,3
Красивая Меча	44,7	32,0	6,2	5,6	7,4	5,1	1071,8	771,1
Ланцетная	53,8	58,7	5,0	3,3	7,4	10,2	1298,7	1355,9
Мезенка	64,1	69,4	7,1	4,8	11,2	8,4	1458,8	1509,6
Осмонь	51,1	44,2	5,4	4,7	7,3	5,4	1206,5	980,2
Свапа	39,0	53,3	5,0	5,5	6,4	7,6	1062,5	1198,8
Шатиловская 17	40,3	43,7	4,1	4,3	5,7	5,4	1085,3	1036,9
Л-216/07	41,4	59,6	5,6	4,4	6,2	7,0	984,6	1335,3
Л-85/09	86,7	120,3	6,3	6,3	12,7	15,7	1878,0	2343,1
$\bar{x}$±m	53,6±15,3	57,9±26,1	5,6±0,9	5,0±0,9	8,2±2,4	7,9±3,4	1280,7±285,3	–
CV, %	29,0	45,0	16,0	18,0	29,0	42,0	22,0	36,0

4. Хозяйственно ценные признаки сортов сои

Признак*	2017 г.	CV, %	2018 г.	CV, %
Фаза бутонизации				
Длина стебля, см	25,8±3,0	12,0	25,5±3,0	12,0
Длина корня, см	23,1±2,5	11,0	24,9±2,2	9,0
Количество листьев, шт.	4,0±0,5	12,0	4,2±0,5	12,0
Сухая масса листьев, г	1,1±0,2	19,0	1,1±0,2	20,0
Сухая масса стебля, г	0,8±0,2	20,0	0,8±0,1	12,0
Сухая масса корня, г	0,4±0,1	16,0	0,4±0,0	12,0
Количество клубеньков, шт.	19,5±6,6	34,0	17,4±5,9	34,0
Сухая масса клубеньков, мг	18,3±8,2	45,0	55,4±23,2	42,0
Фаза налива бобов				
Длина стебля, см	90,1±14,9	17,0	72,7±14,7	20,0
Длина корня, см	25,7±2,1	8,0	25,8±1,0	4,0
Количество листьев, шт.	12,6±4,1	33,0	24,2±10,1	42,0
Количество бобов, шт.	28,2±6,7	24,0	27,4±9,7	31,0
Количество клубеньков, шт.	43,6±19,5	45,0	27,6±5,3	19,0
Сухая масса листьев, г	4,9±1,7	34,0	5,3±2,8	52,0
Сухая масса стебля, г	6,8±2,11	31,0	5,5±2,5	46,0
Сухая масса бобов, г	4,6±1,7	36,0	5,0±2,2	45,0
Сухая масса корня, г	1,5±0,3	23,0	1,3±0,4	32,0
Сухая масса клубеньков, мг	169,0±127,1	75,0	174,8±43,0	25,0
Фаза полной спелости				
Длина стебля, см	88,9±11,6	13,0	81,6±15,7	19,0
Длина корня, см	15,1±1,1	7,0	17,5±1,2	7,0
Расстояние до 1 боба, см	15,1±3,5	23,0	13,5±2,7	20,0
Количество боковых побегов, шт.	2,1±1,3	62,0	1,9±0,7	33,0
Количество генеративных узлов, шт.	14,3±4,1	28,0	15,3±1,7	11,0
Количество продуктивных бобов, шт.	29,2±7,0	24,0	33,9±6,5	19,0
Количество непродуктивных бобов, шт.	1,5±1,1	71,0	1,3±0,5	34,0
Количество семян, г	68,8±17,9	26,0	81,0±12,9	16,0
Масса стебля, г	6,4±1,0	16,0	4,8±1,6	33,0
Масса створок, г	4,6±1,1	23,0	5,2±0,8	16,0
Масса семян, г	9,8±2,2	23,0	11,7±1,	9,0
Масса корня, г	1,3±0,2	17,0	1,3±0,2	15,0

**в расчете на 1 растение.*

тесной отрицательной (r=-0,624...-0,686); между водоудерживающей способностью и количеством продуктивных бобов, количеством и массой семян, массой створок так же значимой тесной отрицательной (r=-0,643...-0,786).

Высокая влагообеспеченность приводит к излишнему развитию вегетативных органов растений сои, что отрицательно сказывается на урожае зерна [13]. В условиях слабой засушливости распределение пластических веществ было ближе к оптимальному, так как отток ассимилятов в большей степени был направлен к бобам (см. рисунок).

Площадь листьев в фазе налив бобов в среднем за 2 года варьировала от 38,4 тыс. м^2/га у Красивой Мечи до 103,5 тыс. м^2/га у линии Л-85; фотосинтетический потенциал – от 921,5 тыс. м^2×сут./га до 2110,6 тыс. м^2×сут./га у этих же сортов соответственно (табл. 3). В среднем по сортам площадь листьев и фотосинтетический потенциал в 2017 г. и 2018 г. различались незначительно – 53,6 и 57,9 тыс. м^2/га и 1278,1 и 1280,6 тыс. м^2×сут./га соответственно. Наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза в среднем за 2 года отмечена у Л-85 – 6,3 г/м^2×сут. По сбору сухой надземной массы в среднем за 2 года выделилась линия Л-85 (14,2 т/га). Наименьшую величину этого показателя зафиксировали у Шатиловской 17 (5,6 т/га).

В целом изменчивость фотосинтетических признаков, как и показателей засухоустойчивости, была более низкой в 2017 г. Изменчивость чистой продуктивности фотосинтеза средняя, остальных признаков – значительная.

Структурный анализ растений в фазе бутонизации не показал существенных различий по длине стебля, количеству листьев, сухой массе органов растений в зависимости от погодных условий года. В 2017...2018 гг. длина стебля в среднем по сортам они были равны соответственно 25,5...25,8 см, 4,0...4,2 шт. и 2,3 г (табл. 4). В 2018 г. благодаря более высокой температуре масса клубеньков в фазе бутонизации была больше, чем в 2017 г., в 3 раза.

Значительную изменчивость симбиотических признаков в фазе бутонизации отмечали в оба года по количеству (34,0 %) и массе клубеньков (42,0...45,0 %).

В фазе налива бобов в избыточно влажном 2017 г. длина и масса стебля превышали величины этих показателей в теплом и засушливом 2018 г. на 24 % (90,1 см и 6,8 г), масса корня – на 15 % (1,5 г) (см. табл. 4). Напротив, в 2018 г. количество листьев было выше на 92 % (24,2 шт.), масса листьев – на 8 % (5,3 г), масса бобов – на 13 % (5,0 г). В среднем за два года сорт Мезенка выделился по длине стебля (100,3 см), линия Л-85 – по количеству листьев (30,2 шт.).

В 2018 г. в фазах налива бобов и бутонизации симбиотическая система растений сои отличалась более крупными клубеньками. Средняя по сортам сухая масса клубеньков составила 175 мг, количество клубеньков – 28 шт./растение, в 2017 г. – 169 мг и 44 шт./растение соответственно. Максимальное в опыте количество (33...38 шт.) и массу (193...272 мг) клубеньков отмечали у Мезенки и Л-85 в 2018 г.

В период полной спелости в среднем по сортам длина стебля во влажном 2017 г. была выше на 6 %, расстояние до 1-го боба – на 12 % (см. табл. 4). Длина стебля до нижнего боба важный технологический признак, который влияет на качество уборки. У сортов Мезенка, Осмонь, Шатиловская 17 и Л-216/07 в среднем за 2 года величина этого показателя составляла 16...18 см, что на 4...7 см выше, чем у остальных сортов. Во влажном 2017 г. количество боковых побегов было больше на 10,5 %, количество непродуктивных бобов – на 15 %, масса стебля – на 33 %. В 2018 г., по сравнению с предыдущим годом, количество продуктивных бобов возросло на 5 %, количество семян – на 18 %, масса створок – на 13 %, масса семян – на 19 %.

В засушливом 2018 г. в фазе полной спелости между массой корня и урожайностью зерна установлена положительная корреляция на уровне *r*=0,576, что свидетельствует о высокой значимости развития корневой системы в условиях недостаточной влагообеспеченности.

Урожайность семян в среднем по сортам в 2018 г. составила 3,3 т/га, что на 44,5 % выше, чем в 2017 г. (табл. 5). Наибольший сбор семян

5. Урожайность семян сортов сои, т/га

Генотип	2017 г.	2018 г.	$\bar{x}$
Зуша	1,9	3,2	2,6
Красивая Меча	2,8	2,7	2,8
Ланцетная	2,7	3,1	2,9
Мезенка	2,2	3,7	3,0
Осмонь	2,5	3,3	2,9
Свапа	2,4	3,1	2,8
Шатиловская 17	2,1	3,5	2,8
Л-216	2,0	3,4	2,7
Л-85	2,1	3,7	2,9
$\bar{x}$±m	2,3±0,3	3,3±0,3	
CV, %	14,0	9,0	
$НСР_{05}$	0,4	0,8	

отмечен в 2018 г. у линии Л-85 и сорта Мезенка– 3,7 т/га, в среднем за 2 года величина этого показателя у них находилась на уровне 2,9...3,0 т/га. Наименьшая урожайность отмечена у сорта Зуша (2,6 т/га).

Таким образом в засушливых условиях 2018 г. наибольшую устойчивость к недостатку влаги проявили сорта Мезенка, Осмонь и Свапа, у которых были самая высокая водоудерживающая способность (45...50 %), относительная тургесцентность (90...91 %) и низкий водный дефицит (7,1...7,8 %). В условиях повышенной влажности у растений сои увеличивалась длина (90,1 и 72,7 см соответственно в 2017 г. и 2018 г.) и масса стебля (6,8 и 5,5 г/растение), но снижалось количество листьев (12,6 и 24,2 шт./растение); на корнях формировались более мелкие (169,0 и 174,8 мг/растение), многочисленные клубеньки (43,6 и 27,6 шт./растение соответственно).

Корреляционная зависимость между показателями водного режима и хозяйственно ценными признаками в условиях повышенной влажности была отрицательной, при недостаточной влагообеспеченности – положительной. В засушливом 2018 г. в фазе полной спелости между массой корня и урожайностью семян установлена значимая положительная корреляция на среднем уровне r=0,576, что свидетельствует о большой роли корневой системы в условиях недостаточной влагообеспеченности.

Сорт Мезенка и линия Л-85, характеризующиеся высокими фотосинтетическими (фотосинтетический потенциал 1,5...2,1 млн м^2×сут/га; чистая продуктивность фотосинтеза 6,0...6,3 г/м^2×сут) и симбиотическими (количество клубеньков 30,8...62,2 шт./растение; масса клубеньков 190,0...366,7 мг/растение) показателями, сформировали в среднем за 2 года наибольшую урожайность сухого вещества (9,8...14,2 т/га) и зерна (2,9 т/га). Особенно высокой она была в благоприятных условиях 2018 г. (3,7 т/га зерна). Сорта сои северного экотипа устойчивы к пониженной температуре и недостатку влаги в начальный период развития и формируют в таких условиях урожайность семян на уровне 2,3...3,3 т/га.

Литература.

1. Фадеева М. Ф., Воробьева Л. В., Матвеева О. Л. Влияние способов посева на формирование числа семян в бобах сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 1 (25). С. 40–42.

2. Тимохин А. Ю. Повышение продуктивности зернобобовых культур на лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья: автореф. дис....канд. с.-х. наук. Красноярск, 2017. 20 с.

3. Гончарова Э. А. Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов: Научное наследие профессора Г. В. Удовенко / под ред. А. А. Жученко. СПб.: ГНУ ВИР, 2011. 336 с.

4. Tambussi E. A., Nogues S., Araus J. L. Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism // Planta. 2005. Vol. 221. Pp. 446–458.

5. Interactive effect of water deficit and high temperature on photosynthesis of sunflower and maize plants. 1. Changes in parameters of chlorophyll fluorescence induction kinetics and fluorescence quenching / I. Yordanov, T. Tsonev, V. Goltsev et al. // Photosynthetica. 1997. Vol. 33. No. 3-4. Pp. 391–402.

6. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) / под ред. Г. В. Удовенко. Л.: ВИР, 1988. С. 10–25.

7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / сост. Ю. К. Новоселов и др. М.: РАСХН, 1997. 156 с.

8. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / под общей ред. В. М. Лукомца. Краснодар: ВНИИМК им. В. С. Пустовойта, 2010. 327 с.

9. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. Справочное пособие. М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.

10. Динамика состояния воды в растениях по ходу почвенной засухи в зависимости от изменений внешних и внутренних факторов / Н. А. Гусев, Л. П. Хохлова, Н. В. Седых и др. // Физиология водообмена и устойчивости растений. Казань: Из-во Казанского университета, 1967. С. 3–33.

11. Алексеев А. М. Водный режим растения и влияние на него засухи. Казань: Татгосиздат, 1948. 355 с.

12. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур / Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) / под ред. Г. В. Удовенко. Л.: ВИР, 1988. С. 10–25.

13. Головина Е. В., Задорин А. М. Морфофизиологические признаки и адаптивность новых сортов сои в условиях Центрально-Черноземного региона РФ // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2 (26). С. 27–35.

Physiological Mechanisms of Productivity and Adaptability Formation of Soybean Varieties under Contrasting Meteorological Conditions

E. V. Golovina, A. A. Zelenov, R. V. Belyaeva

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

Abstract. *In 2017–2018 on the soybean varieties of the northern ecotype and soybean lines, the effect of meteorological conditions of the Orel region on indicators of water regime, photosynthetic, symbiotic, valuable economic characteristics and productivity was determined. It was used varieties Zusha, Krasivaya Mecha, Lantsetnaya, Mezenka, Svapa, Osmon', and Shatilovskaya 17, and lines L-216 and L-85. The soil of the experimental plot was dark grey forest, average cultivated. The humus horizon thickness was 30–35 cm. The content of humus in the arable horizon (according to Tyurin) was 4.3–5.6%, of easy hydrolyzed nitrogen (according to Kononova and Tyurin) – 6.4–10.1 mg/100 g of soil, of exchange potassium (according to Maslova) – 7–15 mg/100 g of soil, of mobile phosphorus (according to Kirsanov) – 6.8–16.5 mg/100 g of soil. In the cool 2017, excessive moisture was noted, the hydrothermal coefficient (HTC) was 1.9; in the warm 2018, there were poorly arid conditions, HTC was 1.0. Under dry conditions of 2018, Mezenka, Osmon' and Svapa varieties showed the greatest resistance to the lack of moisture. They had the high water-retaining capacity (45–50%), and relative turgescence (90–91%), as well as a low water deficit (7.1–7.8%). In arid 2018, between the root weight in the phase of full ripeness and grain yield, a positive correlation was established (r = 0.576), which indicates the high significance of the development of the root system under conditions of insufficient moisture supply. Mezenka variety and L-85 line, characterized by high photosynthetic (photosynthetic potential is 1.5–2.1 million m2 x day/ha; net photosynthesis productivity is 6.0–6.3 g/m2 x day) and symbiotic (number of nodules is 30.8–62.2 nodules/plant; nodule weight is 190.0–366.7 mg/plant) indicators, formed on average for 2 years the highest yield of dry matter (9.8–14.2 t/ha) and grain (2.9 t/ha), especially under favourable conditions in 2018 (3.7 t/ha of grain). The soybean varieties of the northern ecotype are resistant to low temperature and lack of moisture in the initial period of development and allow obtaining a grain harvest of 2.3–3.3 t/ha under these conditions.*

Keywords: *soybean (Glycine max (L.) Merrill)); meteorological conditions; physiological indicators; productivity; adaptability; dry matter yield; grain yield.*

Author Details: *E. V. Golovina, D. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: e-mail: kat782010@mail.ru); A. A. Zelenov, Cand. Sc. (Agr.), head of laboratory; R. V. Belyaeva, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow.*

For citation: *Golovina E. V., Zelenov A. A., Belyaeva R. V. Physiological Mechanisms of Productivity and Adaptability Formation of Soybean Varieties under Contrasting Meteorological Conditions. Zemledelije. 2019. No. 4. Pp. 29–32 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10407.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10408
УДК 633.17: 632.451:631.524.86

Динамика генетического полиморфизма мультилинейного сорта проса Квартет в условиях Орловской области за 20 лет возделывания

С. Д. ВИЛЮНОВ,
научный сотрудник (e-mail: vniizbk@mail.ru)
Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, ул. Молодёжная, 10, к. 1, пос. Стрелецкий, Орловский р-н., Орловская обл., 302502, Российская Федерация

В условиях Орловской области изучали механизм перераспределения генетических компонент мультилинейного сорта проса Квартет (гены устойчивости к головне Sp1, Sp2, Sp3, Sp4) после 20 летнего периода возделывания в производстве при пересеве семенами без протравливания. За 2016–2017 гг. наблюдений на мультилинейном сорте Квартет не выявили естественного проявления заражения головней. В 2018 г. на мультилинейном сорте Квартет совместно с неустойчивым сортом проса Благодатное (Sp0), был заложен опыт на жестком инфекционном фоне чистых рас головни (1, 2, 3, 4, 6а, 8, 12) и их смеси (1+6а+8 расы) в 4-х кратной повторности. Путем математической оптимизации с использованием пакета MS Excel «Поиск решения» выявлено изменение мультилинейной композиции линий с генами Sp1, Sp2, Sp3 и Sp4 – с начального соотношения 30:30:30:10 в 1998 г. до 58,0:21,8:1,7:18,5 в 2018 г. соответственно. Дегрессия линии с геном Sp3 с уровня 30 % до 1,7 % может быть вызвана влиянием местной популяцией головни с преобладание расы 1; одновременное возрастание долей линий с генами Sp1 и Sp4 в 1,9 раза – дегрессией линии с геном Sp2 как менее адаптивной к местным условиям. Тесный положительный коэффициент корреляции (r=0,87) между количеством неустойчивых линий в композиции и их реакцией на расу головни характеризует наличие нелинейных взаимодействий, вызывающих повышенную сопротивляемость болезни мультилинейной композиции в линиях. Для определения долевого состава мультилинейной композиции рекомендуем использовать тестирующие расы с одной восприимчивой линией в составе мультилинейного сорта.

Ключевые слова: *просо посевное (Panicum miliaceum L.), сорт, гены устойчивости, расы возбудителя головни, генетический полиморфизм, мультилинейный сорт.*

Для цитирования*: Вилюнов С. Д. Динамика генетического полиморфизма мультилинейного сорта проса Квартет в условиях Орловской области за 20 лет возделывания // Земледелие. 2019. № 4. С. 33–36. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10408.*

Культура проса насчитывает не менее 4...5 тыс. лет [1]. Она обладает высокой устойчивой урожайностью, что обусловлено биологическими особенностями этого вида. При норме высева 25...30 кг/га сбор семян нового урожая может достигать 4...6 т/га. Сегодня основные производители проса 5 стран: Россия, Индия, Китай, США и Украина. В России сосредоточено более 30 % от мирового производства проса посевного, в Индии – 24 %, США –14 %, Китае – 13 %, Украине – 10 % [2]. В то же время в годы эпифитотийного развития болезней потери урожая культуры могут достигать 50...60 %. Посевы проса поражают головня, бактериальные болезни, семена – меланоз. В Центральном федеральном округе, Алтайском крае посевы в сильной степени особенно во влажные годы могут поражаться полосатым бактериозом. Особенно вредоносна для проса посевного *Panicum miliaceum* L. головня *Sporisorium destruens (Schlecht)* Yanky. Основной источник инфекции – заспоренные семена. Почвенная инфекция проявляется лишь в повторных посевах проса [3].

Основным методом подавления головневых грибов, обладающих высокой вредоносностью, по-прежнему остается протравливание семенного материала, что свидетельствует о недооценке экологической опасности фунгицидов и возможностей генетического метода защиты. Взаимоотношения проса посевного и возбудителя головни среди аналогичных систем «хозяин-патоген» изучены и реализованы в селекционной работе достаточно полно в НИИСХ Юго-Востока – идентифицировано на вирулентность 17 рас головни, выявлено более 10 патотипов и 7 генов устойчивости проса к ней [4]. Широко распространены расы 1, 2, 5, 8 и 9. Остальные патотипы (3, 4А, 6, 7, 7А, 10, 11 и 12) имеют локальное значение [5]. В результате многолетних исследований установлено, что на одном пораженном растении проса паразитирует только одна раса, независимо от их числа в изучаемом спорообразце-популяции; идентифицированные расы возбудителя головни проса обладают поразительной стабильностью индивидуальных патогенных свойств (новых «гибридных» патотипов гриба не выявлено) [4].

Ограниченное число генов резистентности к «главной» болезни проса (прежде всего – обеспечивающих устойчивость к максимальному числу широко распространенных рас паразита) обязывает исследователей к рациональному и продуманному применению каждого из них. Принадлежность *Sp*-факторов к одной группе сцепления в транс-состоянии обусловливает специфичность и сложность работы по созданию сортообразцов с конвергентной устойчивостью к болезни (обнаруженные дигенные формы *Sp*1,3- и *Sp*1,4-комбинации на сегодня хорошо изучены и их используют в селекционной работе) [6].

Менее затратно и более «естественно» – создание мультилинейных сортов на устойчивость к головне, так как интенсификация сельскохозяйственного производства привела к большой фенотипической выровненности и генетической гомогенности сортов, к возделыванию их в выровненной монокультуре, обеднению генетического полиморфизма по устойчивости к головне [7]. Существует зависимость между уровнем заболеваний и интенсивностью селекционной работы над просом. Средняя поражаемость посевов в 1941–1945 гг. находилась на уровне 1,25 %,в 1946–1951 гг. – 0,58 %, а в 1956–1960 гг. возросла до 1,77 %, кроме того, в 1958–1959 гг. в отдельных хозяйствах отмечали поражение на уровне 40...50 % и даже до 80 % [8, 9].

Накопленные знания о системе взаимодействия «просо-головня» оформились в мультилинейном сорте Квартет (дата регистрации патента № 1206: 24.12.2001), совмещающем разные гены устойчивости к головне и перекрывающем максимально возможный естественный расовый состав популяций возбудителя болезни [10, 11, 12]. Использование этого сорта при пересеве семенами собственного производства без протравливания гарантирует высокую полевую устойчивость и активное подавление местной популяции головни в сочетании с урожайностью до 7 т/га (причем в нетипичных для культуры зонах – Пермская область 6,7 т/га, Беларусь – 6,9 т/га, Швейцария – 7,1 т/га) [2].

За 20 лет наблюдения за этим сортом зарегистрированы только единичные случаи поражения головней отдельных растений в естественных условиях. Можно предположить, что совмещение сбалансированного генетического полиморфизма по устойчивости к патогену в мультилинейном сорте не может быть постоянным, так как ежегодно в случае проявления болезни должно происходить изменение мультилинейной композиции в сторону уменьшения доли

неустойчивого компонента и увеличение устойчивого.

Цель работы – выявить перераспределение мультилинейной композиции сорта Квартет (линии с неидентичными генами резистентности *Sp1*, *Sp2*, *Sp3*, *Sp4* в базовых соотношениях 3:3:3:1) в естественных условиях многолетнего экологически безопасного производства проса в Орловской области.

Для выявления фактического соотношения отдельных линий мультилинейного сорта на жестком инфекционном фоне различных тестирующих рас патогена с учетом уровня поражения другого, полностью неустойчивого к головне сорта в тех же условиях использовали метод математической оптимизации.

Сорт Квартет создан на основе сорта Благодатное из линий-аналогов (№№ 1950, 2007, 1965, 1963) с неидентичными генами (*Sp1*, *Sp2*, *Sp3*, *Sp4*) резистентности к расам головни и совмещен в морфологически однородную мультилинейную композицию в базовом составе 3:3:3:1. Изначально такая композиция была выбрана для максимального перекрытия устойчивыми компонентами (линиями) всевозможного расового состава головни (табл. 1).

Экспериментальные посевы размещали на полях севооборота селекционного центра (Орловская обл.) в 2016–2018 гг. Микрорельеф участка выровненный. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу с содержанием гумуса (по данным агрохимического обследования ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский») 5,44 %; подвижного фосфора и калия – 17,6 мг/100 г и 12,3 мг/100 г почвы соответственно; $pH_{сол}$ – 5,0. В целом по основным физико-химическим показателям почва типичная для природно-экономической зоны.

Метеоусловия в период роста и развития растений за годы исследований были различными. Если вегетационный период 2018 г. можно считать недостаточно увлажненным (ГТК=0,79), то в 2016 г. и 2017 г. наблюдали избыточное увлажнение (ГТК=1,59 и 1,68 соответственно).

Для исследования использовали семена проса сорта Квартет из ОПХ «Стрелецкое» урожая 2015 г. (в хозяйстве сорт ежегодно пересевали собственными семенами с 1998 г., без протравливания, средняя многолетняя урожайность – 3,1 т/га).

В 2016–2017 гг. наблюдения проводили на базе многолетнего стационарного полевого опыта. Посев осуществляли семенами урожая предыдущего года (всхожесть 92...93 %) без протравливания. Визуальное обследование проявления головни в посевах проводили на всей площади делянок в фазы кущение, вымётывание и налив. Число площадок в варианте – 8, размер делянки – 120 м^2. Целью наблюдений было выявить проявление поражения головней отдельных растений сорта Квартет в естественных условиях.

В 2018 г. опыт закладывали в полевых условиях на инфекционном фоне, высевая по 200 семян урожая предыдущего года (всхожесть 93 %) на делянку площадью 10 м^2. Исследования проводили в сравнении с полностью неустойчивым к головне сортом Благодатное (*Sp0*).

Повторность в опыте четырехкратная на фоне заражения семью расами (1, 2, 3, 4, 6а, 8, 12) и равномерной смесью из трех рас (1, 6а, 8) головни в концентрации 2 %, согласно методическим рекомендациям по оценке сортов проса посевного на расоспецифическую устойчивость к головне.

Посев с прикатыванием осуществляли в III декада мая, подсчет зараженных растений – в фазе вымётывания. Основным признаком пораженного растения считали наличие на нём соруса головни. Степень поражённости рассчитывали по формуле:

$$P = 100 \times \frac{Q_{больных}}{Q_{больных} + Q_{здоровых}},$$

где P – степень поражённости (%), $Q_{больных}$ – количество больных растений, $Q_{здоровых}$ – количество здоровых растений.

Достоверность различий оценивали методом дисперсионного анализа.

Для моделирования и оптимизации использовали средние значения по повторениям каждого варианта. В основу расчета фактического соотношения отдельных линий в мультилинейном сорте Квартет брали матрицу базового соотношения общего иммунного компонента (см. табл. 1). В качестве уровня влияния на неустойчивые компоненты мультилинейной смеси известного состава, но в неизвестных пропорциях, использовали уровень фактического поражения полностью неустойчивого сорта в варианте по тестирующей расе, в нашем случае это сорт проса Благодатное (*Sp0*). Таким образом, состав мультилинейной композиции делили на устойчивый (D_R) и неустойчивый (D_S) компонент:

$D_S = 1 - D_R$;

$D_S = P_{SpX}/P_{Sp0}$,

где P_{SpX} – фактическое поражение мультилинейной композиции, P_{Sp0} – фактическое поражение полностью неустойчивого сорта.

Это позволяет исключить влияние уровня жизнеспособности и степени агрессивности расы головни в случае одинаковых почвенно-климатических условий. Для подбора наиболее близкого к оптимальному решению из всех имеющихся по долевому составу мультилинейной композиции использовали встроенную в MS Excel функцию «Поиск решения» с минимализацией погрешности (целевая ячейка) между разницей фактической доли неустойчивой части мультилинейной композиции и вычисляемой.

Наблюдения 2016–2017 гг. в условиях полевого стационара не выявили ни одного пораженного растения в естественных условиях, что свидетельствует о подавлении местной популяции головни мультилинейным сортом Квартет.

Результаты опыта на инфекционном фоне в 2018 г. подтвердили перестройку долевого состава компонент изначальной мультилинейной композиции (табл. 2). Во всех вариантах опыта отмечены существенные различия, характеризующие сорт Квартет как более устойчивый к головне на фоне разнообразия расового состава головни, по сравнению с сортом не имеющим генетической защиты.

Анализ результатов моделирования свидетельствует, что наименьшая погрешность достигается в случае участия в расчетах вариантов с единственным неустойчивым компонентом. По мере снижения комплексной устойчивости всех линий к расе головни – растет и погрешность (см. рисунок).

1. Базовое соотношение общего иммунного компонента в мультилинейном сорте проса Квартет к различным расам головни согласно ключа для идентификации рас *Sporisorium destruens (Schlecht)* Yanky

Раса головни	Доля иммунной линий с геном *Sp*				Доля общего иммунного компонента, %
	Sp1, 30 %	*Sp2*, 30 %	*Sp3*, 30 %	*Sp4*, 10 %	
1	30	30	0	10	70
2	0	30	0	10	40
2Н	0	30	0	10	40
3	0	0	30	0	30
4	30	0	0	0	30
4А	30	0	0	0	30
5	30	30	0	0	60
5А	30	30	0	0	60
6	30	30	30	0	90
6А	30	30	30	0	90
7	30	0	30	0	60
7А	30	0	30	0	60
8	30	0	30	10	70
9	30	30	0	10	70
10	30	30	0	0	60
11	30	0	0	10	40
12	0	30	0	0	30

2. Фактические результаты опыта по заражению различными расами головни неустойчивого сорта проса Благодатное *(Sp0)* и мультилинейного сорта Квартет (*Sp1, Sp2, Sp3, Sp4*), 2018 г.

Параметр		Заражение расами головни (концентрация 2 %)							
		1	3	8	12	6а	4	2	1+6а+8
Фактическое поражение сорта Благодатное, P_{Sp0} %		24,70	62,72	74,45	56,89	66,67	57,53	74,66	71,25
Фактическое поражение сорта Квартет, P_{SpX} %		0,43	23,36	16,24	18,16	12,30	18,42	35,65	10,71
$НСР_{05}$		14,40	7,32	15,36	13,05	8,53	11,13	14,53	8,83
Фактически устойчивая часть композиции сорта Квартет, D_R %		98,27	62,76	78,19	68,08	81,56	67,98	52,25	84,97
Фактически неустойчивая часть композиции сорта Квартет, D_S %		1,73	37,24	21,81	31,92	18,44	32,02	47,75	15,03
Линия	Расчетная доля линии, %	Расчетная доля восприимчивых линий в составе сорта Квартет при заражении тестирующими расами головни							
Sp1	58,02	0,00	58,02	0	58,02	0,00	0	58,02	0,00
Sp2	21,81	0,00	21,81	21,81	0,00	0,00	21,81	0,00	21,81
Sp3	1,73	1,73	0,00	0,00	1,73	0,00	1,73	1,73	1,73
Sp4	18,44	0,00	18,44	0,00	18,44	18,44	18,44	0,00	18,44
Расчетная неустойчивая часть композиции сорта Квартет, D_S %		1,73	98,27	21,81	78,19	18,44	41,99	59,74	41,99
Число восприимчивых линий в сорте Квартет, шт.		1	3	1	3	1	3	2	3
Погрешность, %		0,00	22,52	0,00	21,01	0,00	6,73	5,58	23,64

Тесный положительный коэффициент корреляции (r=0,87) между количеством неустойчивых линий в композиции и их реакцией на расу головни свидетельствует о том, что при возрастании числа неустойчивых (восприимчивых) мультилинейных компонентов к расе головни – увеличивается погрешность вычислений. Это также связано с ростом устойчивости всего сорта в целом (примерно на уровень погрешности), вызванной нелинейными взаимодействиями прорастающих мультилинейных компонентов (полиморфизм) в начальные моменты инфицирования головнёй в почве.

В результате расчетов в составе мультилинейного сорта проса посевного Квартет выявлена дегрессия линии с геном *Sp3* с уровня 30 % до 1,5 % (предположительно это влияние наличия патогенна головни расы 1 в естественных природных условиях Орловской области). Кроме того, отмечено снижение доли линии с геном *Sp2* с 30 % до 20 %, вероятно, из-за меньшей адаптации к местным условиям. Это вызвало одновременное увеличение (в 1,9 раз) доли линий с *Sp1* с 30 % до 58 % и *Sp4* с 10 % до 19 %, как более приспособленных к местным условиям.

Таким образом, в ходе исследования установлено, что для выявления более точного компонентного состава мультилинейного сорта следует использовать тестирующие расы с единственно восприимчивой линией в составе композиции (в нашем случае для линий с генами *Sp1*, *Sp2*, *Sp3*, *Sp4* патогенны расы 1, 8, 6а).

Обнаружена дополнительная нелинейная устойчивость за счет комплексного взаимодействия разных линий в составе мультилинейного сорта проса имеющих различные гены устойчивости к расам головни.

Мультилинейный сорт самостоятельно адаптируется путем перераспределения долевого состава линий с разными генами устойчивости, в сторону максимальной устойчивости к местной расе головни, сохраняя в своем составе заложенный генетический полиморфизм.

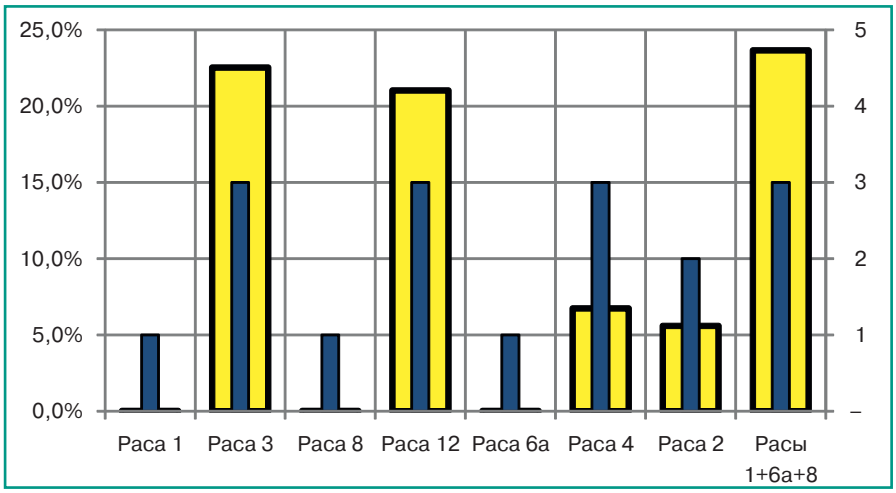

Рисунок. *Увеличение погрешности вычислений и устойчивости мультилинейного сорта проса за счет нелинейного взаимодействия компонентов при росте количества неустойчивых к расе головни линий: ☐ – погрешность; ■ – восприимчивость.*

Литература.

1. Пильникова Е. М. Просо. Новосибирск: Книжное изд-во, 1955. 31 с.
2. Сидоренко В. С. Новые сорта проса – реальный ресурс для производства кормов // Земледелие. 2010. № 5. С. 25–24.
3. Методические рекомендации / В. И. Зотиков, В. С. Сидоренко, З.И. Глазова и др. Перспективная ресурсосберегающая технология производства проса М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 52 с.
4. Тихонов Н. П., Тихонова Т. В., Милкин А. А. Идентификация сортов проса по устойчивости к головне // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3. С. 71–77.
5. Тихонов Н. П. Исходный материал в селекции проса на устойчивость к головне в Поволжье: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. М., 1995. 16 с.
6. Тихонов Н. П., Генетические основы, результаты и проблемы селекции проса посевного на устойчивость к головне / Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства: мат. II региональной научно-практической конференции Саратов: ГНУ НИИ Юго-Востока РАСХН, 2010. С. 135–141.
7. Сидоренко В. С., Вилюнов С. Д. История селекции проса в России / Развитие научных идей академика Петра Ивановича Лисицына. М.: ВНИИМП, 2003. 363 с.
8. Ладыгин И. Я., Могилева А. М. Просо. М: Сельхозгиз, 1938. 62 с.
9. Леонтьева Ю. С., Герасимов Б. С. Болезни и вредители проса / За высокие урожаи проса. Куйбышев: Куйбышевское книжное издательство, 1962. С. 53–59.
10. Сидоренко В. С., Вилюнов С. Д. Обоснование модели мультилинейных сортов проса / Научные основы создания моделей агроэкотипов сортов и зональных технологий возделывания зернобобовых и крупяных культур для различных регионов России. Сб. ст. науч.-метод. координац. совещ. Орел: Орелиздат, 1997. С. 195–198.
11. Sidorenko V. S., Kotlyar A. I., Zotikov V. I. Multiline cultivars of proso millet as a way of manufacture of non–polluting production // XII International eco-conference. Serbia: Novi Sad, 2008. Pp. 171–176.
12. Sidorenko V. S., Konov S. A. Influense of Genetic Factors on the Protein Content in

Grain of Proso Millet // Advances in Broomcorn Millet Research. Proceedings of the 1st International Symposium on Broomcorn Millet. Northwest A&F University (NWSUAF). Yangling: Shaanxi People's Republic of China, 2012. Pp. 285–290.

Dynamics of Genetic Polymorphism of Multilinear Millet Variety «Kvartet» under Conditions of the Orel Region for 20 Years of Cultivation

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

Abstract. *Under conditions of the Orel region, the mechanism of redistribution of genetic components of multiline millet variety 'Kvartet' (smut resistance genes Sp1, Sp2, Sp3, Sp4) was studied after a 20-year cultivation period in production when seeds were reseeded without a chemical load on the environment by eliminating the seed treatment stage. For 2016–2017 a natural manifestation of the head smut infection was not detected on the variety. In 2018, Kvartet variety together with Blagodatnoe unstable variety of millet (Sp0) was included in the experiment against a hard infectious background of pure smut races (1, 2, 3, 4, 6a, 8, 12) and their mixture (1 + 6a + 8); the replication was four-fold. Using mathematical optimization (MS Excel "Search for a solution"), we revealed a change in the multilinear composition of lines with Sp1, Sp2, Sp3 and Sp4 genes from the initial ratio of 30:30:30:10 in 1998 to 58.0:21.8:1.7:18.5 in 2018, respectively. It was suggested that the degression of the line with Sp3 gene from 30% to 1.7% was caused by the influence of the local smut population with the predominance of race 1; the simultaneous increase in the proportion of lines with Sp1 and Sp4 genes by a factor of 1.9 was caused by the degradation of the line with Sp2 gene as less adaptive to the local conditions. A close positive correlation coefficient (r = 0.87) between the number of unstable lines in the composition and their response to the smut race characterizes the presence of nonlinear interactions that cause an increased disease resistance of the multiline composition in the lines. To determine the fractional composition of the multilinear composition, we recommend using test races with one susceptible line as a part of a multilinear variety.*

Keywords: *common millet (Panicum miliaceum L.); varieties; resistance genes; smut pathogen race; genetic polymorphism; multiline variety.*

Author Details: *Vilyunov S. D., research fellow (e-mail: vniizbk@mail.ru).*

For citation: *Vilyunov S. D. Dynamics of Genetic Polymorphism of Multilinear Millet Variety 'Kvartet' under Conditions of the Orel Region for 20 Years of Cultivation. Zemledelije. 2019. No. 4. Pp. 33–36 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10408.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10409
УДК 633.12:631.526.32

Морфобиологические особенности основных морфотипов гречихи, возделываемых в России

А. Н. ФЕСЕНКО, доктор биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: office@vnizbk.orel.ru)
О. В. БИРЮКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
И. Н. ФЕСЕНКО, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, ул. Молодёжная, 10, к. 1, пос. Стрелецкий, Орловский р-н., Орловская обл., 302502, Российская Федерация

В полевых условиях в 2012–2015 гг. изучали архитектонику вегетативной сферы растений 2 местных сортов гречихи, а также 26 селекционных сортов, включающих традиционный индетерминантный, «красностреле цкий», индетерминантный ограниченноветвящийся, а также детерминантный морфотипы. Посев – рядовой, норма высева – 3 млн всхожих семян/га, площадь делянки – 10 м^2. Определяли продолжительность вегетативного, генеративного и вегетационного периодов, подсчитывали число вегетативных узлов на стебле и на ветвях первого порядка. Сорта традиционного индетерминатного морфотипа достоверно не отличались по архитектонике вегетативной и генеративной сферы от местных сортов. Для сортов «красностреле цкого» морфотипа характерно снижение числа соцветий и цветков на растении (на 19,4...20,9 % и 31,5...38,0 % соответственно), сопровождающееся сокращением продолжительности вегетационного периода в среднем на 4,7...4,8 сут. Отмечена близость архитектоники вегетативной и генеративной сферы растений сортов «красностреле цкого» морфотипа, созданных в селекционных учреждениях, расположенных в Средне-Волжском и Уральском регионах. Сорта ограниченноветвящегося морфотипа характеризуются увеличением числа вегетативных узлов на растениях в среднем на 2,5 шт. при сохранении продолжительности вегетационного периода на уровне сортов традиционного морфотипа. Для сортов детерминантного морфотипа характерно значительное увеличение среднего числа вегетативных узлов на 3,8 шт. при одновременном снижении числа соцветий и цветков на растениях (на 43,3 % и 13,4 % соответственно), что обеспечивает сохранение продолжительности вегетационного периода на уровне сортов традиционного морфотипа. Сорта «красностреле цкого» и детерминантного морфотипов отличаются достоверно меньшей высотой растений (на 6,6 % и 5,7 % соответственно), обеспечивающей повышенную технологичность их возделывания и широкое распространение в производстве. Все селекционные сорта характеризуются растянутым периодом цветения и семяобразования. По сравнению с местными сортами, его продолжительность сократилась лишь на 0,5...2,3 сут.

Ключевые слова: *гречиха (Fagopyrum esculentum Moench.), сорт, морфотип, архитектоника растения, вегетационный период.*

Для цитирования: *Фесенко А. Н., Бирюкова О. В., Фесенко И. Н. Морфобиологические особенности основных морфотипов гречихи, возделываемых в России // Земледелие. 2019. № 4. С. 36–39. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10409.*

Селекционная работа с гречихой в России была начата на Шатиловской опытной станции в начале XX века [1]. На первом этапе основным методом создания сортов был отбор из местных популяций, однако в дальнейшем акцент был сделан на селекции сортов с измененной архитектоникой растений [2]. В результате такой работы в последней четверти прошлого – начале нынешнего века была создана серия сортов новых морфотипов: ограниченноветвящегося, детерминантного и так называемого «красностреле цкого» [3, 4, 5]. До сих пор их комплексное сравнение не проводили.

Цель исследования – изучение особенностей архитектоники вегетативной и генеративной сферы растений сортов основных возделываемых в России морфотипов гречихи.

Исследования выполняли в 2012–2015 гг. в севообороте лаборатории селекции крупяных культур ВНИИ зернобобовых и крупяных культур (г. Орел).

Предшественник – пар. Почва – тёмно-серая лесная, среднесуглинистая, среднеокультуренная с содержанием гумуса (по Тюрину) – 4,89 %, легкогидролизуемого азота (по Кононовой) – 125 мг/кг почвы, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 17,0 мг/100 г почвы, и 13,5 мг/100 г почвы соответственно, $pH_{сол.}$ (ГОСТ 26483-85)– 5,3 ед., гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-84) – 4,5 мэкв/100 г почвы.

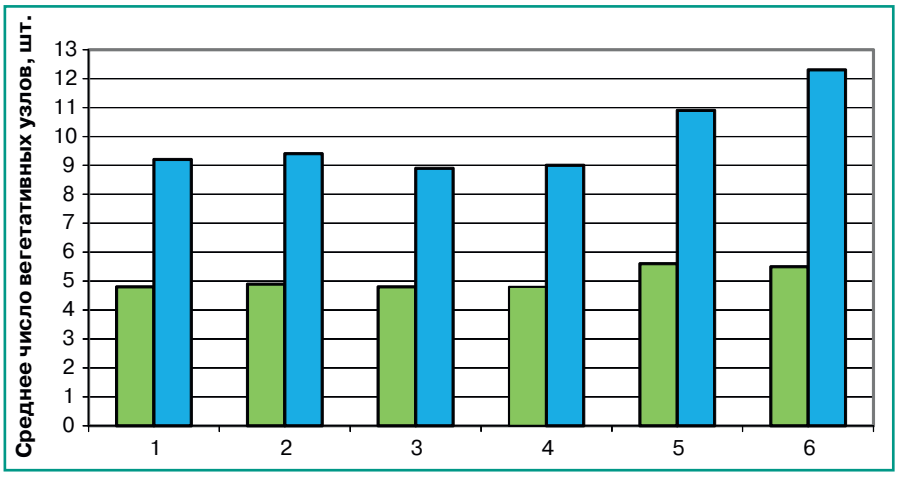

Рис. 1. Архитектоника вегетативной сферы растений сортов гречихи различного морфотипа (среднее за 2012–2015 гг.): 1 – местные; 2 –традиционного морфотипа; 3 – «красностреляецкого» морфотипа селекции ТатНИИСХ; 4 – «красностреляецкого» морфотипа селекции БашНИИСХ; 5 – ограниченноветвящегося морфотипа; 6 – детерминантного морфтипа: ■ – на стебле; ■ – на ветвях.

В 2012 г. среднемесячные температуры мая и июня (16,8 °С и 17,7 °С) превышали среднемноголетнюю на 3,0 °С и 0,8 °С соответственно. В мае количество выпавших осадков (15,9 мм) было втрое меньше нормы, что было компенсировано большим количеством осадков в июне (94 мм). В июле сумма осадков составила 93 % от среднемноголетней.

В 2013 г. среднемесячные температуры мая и июня превышали среднемноголетнюю на 4,2 °С и 3,0 °С соответственно. Осадков в первой и второй декадах мая выпало в 6 раза меньше (5 мм) нормы (30 мм). В июле количество осадков составило 61 % от среднемноголетнего, температурный режим отличался превышением нормы в первой декаде и ниже среднего в третьей декаде.

В 2014 г. среднемесячная температура мая была выше среднемноголетней на 3,1 °С, осадков в первой и третьей декадах мая выпало в 2 и 3 раза больше среднемнголетней (37 мм). Осадки в июне составляли 83 % от нормы на фоне снижения температуры воздуха в первой и второй декадах месяца. В июле количество осадков составило 25 % от среднемноголетней.

В 2015 г. среднемесячная температура мая была выше среднемноголетней на 1,3 °С, в третьей декаде – на 4,8 °С. Количество осадков в мае также было больше обычного (65 мм и 51 мм соответсвенно). В июне осадки выпадали неравномерно и составили 52 % от нормы на фоне повышенной температуры воздуха. В июле и начале августа количество осадков составило 70 % от среднемноголетнего, температурный режим отличался превышением нормы, особенно в конце июля и начале августа.

Объектом исследований служили районированные сорта и нерайонированные сортообразцы гречихи.

Образцы из коллекции ВИР к-406 и к-1709, а также местные сорта традиционного индетерминантного морфотипа из Орловской области характеризуют «исходную точку» селекции гречихи. На основе местных популяций был выведен первый селекционный сорт Богатырь, получивший очень широкое распространение в России и активно вовлекавшийся в гибридизацию на протяжении десятков лет селекции [1, 6].

Районированные сорта: традиционного индетерминантного морфотипа – Богатырь, Калининская, Шатиловская 5, Аромат; индетерминантного «красностреляецкого» морфотипа селекции Татарского НИИСХ – Казанка, Каракитянка, Кама, Саулык, Черемшанка, Чатыр-Тау, Батыр; индетерминантного «красностреляецкого» морфотипа селекции Башкирского НИИСХ – Агидель, Инзерская, Илишевская, Башкирская красностебельная; индетерминантного ограниченноветвящегося морфотипа – Баллада, Есень, Молва; детерминантного морфотипа – Сумчанка, Деметра, Дождик, Дикуль, Девятка, Диалог, Дизайн, Дружина.

Исследования проводили по методике конкурсного сортоиспытания – посев рядовой, норма высева 3 млн всхожих семян/га, площадь делянки 10 м². В процессе вегетации определяли продолжительность вегетативного (всходы–начало цветения), генеративного (начало цветения–уборочная спелость) и вегетационного (всходы–уборочная спелость) периодов.

При изучении потенциала ремонтантности сортов (число цветков, раскрывшихся на растениях на протяжении периода вегетации) использовали 2-кратную повторность. В фазе уборочной спелости с 10 учетных площадок отбирали по 40 растений каждого сорта для проведения морфологического анализа (учет длины зоны ветвления и зоны плодообразования стебля) и подсчета числа соцветий; с 20 растений отбирали первое соцветие на стебле и на верхней ветви для анализа. Подсчитывали число раскрывшихся цветков, отмерших завязей и налитых семян в каждом элементарном со-

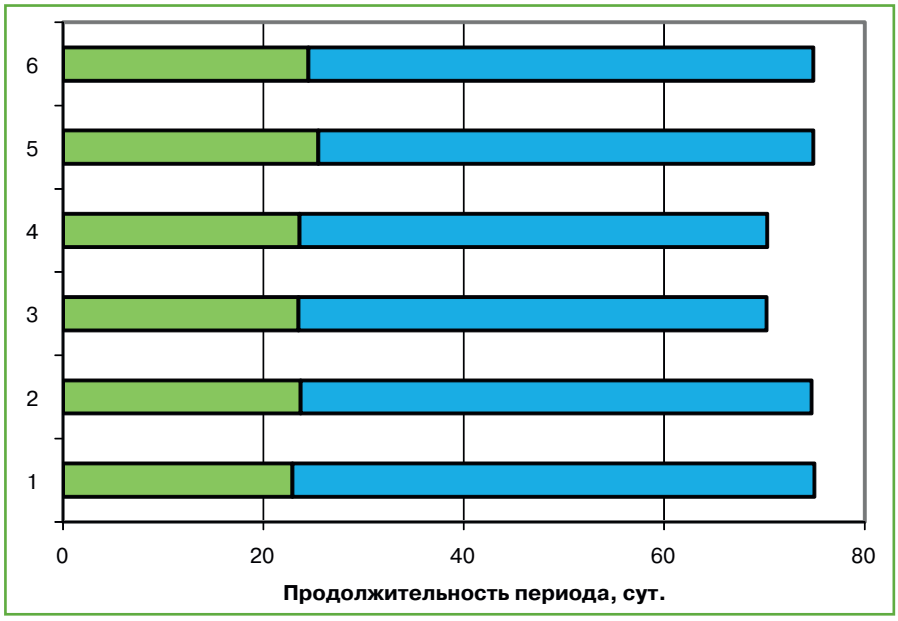

Рис. 2. Продолжительность вегетации современных сортов гречихи (среднее за 2012–2015 гг.): 1 – местные; 2 –традиционного морфотипа; 3 – «красностреляецкого» морфотипа селекции ТатНИИСХ; 4 – «красностреляецкого» морфотипа селекции БашНИИСХ; 5 – ограниченноветвящегося морфотипа; 6 – детерминантного морфтипа: ■ – всходы – начало цветения; ■ – начало цветения – уборочная спелость.

1. Архитектоника генеративной сферы растений районированных сортов гречихи различного морфотипа (среднее за 2012–2015 гг.)

Морфотип	Количество узлов в зоне плодообразования стебля, шт.	Количество цветков на растении, шт.
Местные сорта Орловской области	6,7±0,2	441,7±20,8
Селекционные сорта традиционного морфотипа	6,0±0,2	366,1±22,7
Селекционные сорта «красностреляецкого» морфотипа селекции ТатНИИСХ	5,3±0,1*	273,8±14,1*
Селекционные сорта «красностреляецкого» морфотипа селекции БашНИИСХ	5,4±0,2*	302,4±18,7*
Селекционные сорта ограниченноветвящегося морфотипа	6,3±0,3	439,5±30,1
Селекционные сорта детерминантного морфотипа	3,8±0,05*	382,3±9,3*

** – отличия от местных сортов достоверны (P_0<0,05).*

цветии, из которых состоит соцветие гречихи. Число цветков на растении определяли умножением числа цветков в соцветии на число соцветий на соответствующих побегах.

2. Архитектоника соцветий растений районированных среднеспелых сортов гречихи различного морфотипа (среднее за 2012–2015 гг.)

Морфотип	Среднее число в соцветии, шт		Среднее число цветков в элементарном соцветии, шт.
	элементарных соцветий	цветков	
Местные сорта Орловской области	10,2±0,3	52,0±1,8	5,1±0,2
Селекционные сорта традиционного морфотипа	10,1±0,3	50,6±2,0	5,0±0,2
Селекционные сорта «красностреляецкого» морфотипа селекции ТатНИИСХ	9,5±0,2	43,2±1,5*	4,5±0,2
Селекционные сорта «красностреляецкого» морфотипа селекции БашНИИСХ	10,0±0,2	46,3±1,2*	4,7±0,2
Селекционные сорта ограниченноветвящегося морфотипа	10,8±0,3	54,5±1,6	5,0±0,2
Селекционные сорта детерминантного морфотипа	12,7±0,3*	72,0±2,1*	5,6±0,2

** – отличия от местных сортов достоверны (P_0<0,05).*

Для анализа архитектоники вегетативной сферы растений использовали по 100 типичных хорошо развитых растений каждого образца, выращенных в полевых условиях с площадью питания 30×10 см. Подсчитывали число вегетативных узлов на стебле и на ветвях первого порядка. Сумма величин этих показателей («число вегетативных узлов на растении») характеризует потенциал ветвления растений, так как даже в условиях широкорядного посева не всегда образуются ветви второго порядка. Экспериментальные данные обрабатывали общепринятыми статистическими методами [7].

Сорта *традиционного морфотипа*, созданные на первом этапе селекции гречихи, близки по архитектонике вегетативной сферы, в том числе по среднему числу вегетативных узлов на стебле и потенциалу ветвления к местным сортам (рис. 1). То же самое можно отметить и по продолжительности вегетации (рис. 2).

Селекционные сорта формируют меньше (в среднем на 17 %) цветков на растение, чем местные, хотя достоверное снижение величины этого показателя отмечено только у сорта Богатырь (табл. 1). Уменьшение потенциала ремонтантности растений сопровождается сокращением (в среднем на 1,4 сут) продолжительности генеративного периода. Селекционные сорта достоверно не отличаются от местных по архитектонике соцветий (табл. 2) и высоте растений (табл. 3).

В 1971 г. в СССР был районирован сорт Красностреляецкая – первый сорт нового морфотипа, получившего по его имени неофициальное название «красностреляецкий». Сорта *«красностреляецкого» морфотипа* при индетерминантном типе побегов отличаются физиологической детерминацией роста, для них, как правило, характерна крупнозерность и увеличенный размер листьев [3]. Селекцией таких сортов в основном занимаются в Татарском НИИСХ и Башкирском НИИСХ. По архитектонике вегетативной сферы растений они близки к местным сортам, но вегетационный период у них значительно короче (см. рис. 1, 2), что связано с особенностями генеративной сферы. Уменьшение числа цветков на растениях (в среднем на 31,5...38,0 %, по сравнению с местными сортами) сопровождается сокращением продолжительности генеративного периода в среднем на 5,4 сут (см. рис. 2, табл. 1). Редукция потенциала ремонтантности растений обусловлена уменьшением как числа соцветий на побегах, так и сокращением числа цветков в соцветиях (см. табл. 2). Уменьшение числа генеративных узлов на стебле сопровождается достоверным снижением высоты растений (см. табл. 3).

Сорта *индетерминантного ограниченноветвящегося* морфотипа отличаются увеличенной (до 30...60 % растений в популяции) долей растений, у которых зона ветвления верхней ветви редуцирована с 2...3 до 0...1 узла [4]. Первый такой сорт (Баллада) был районирован в 1985 г.

Сорта этого морфотипа отличаются увеличенным (до 5,5...5,7) числом вегетативных узлов на стебле, однако в результате редукции числа вегетативных узлов на ветвях потенциал ветвления растений у них изменился незначительно (до 15,8...17,7 узлов) и по продолжительности вегетации они близки к сортам традиционного морфотипа (см. рис. 1, 2). Ограниченноветвящиеся сорта близки к местным сортам и по числу цветков на растении (см. табл. 1), но продолжительность генеративного периода у них меньше в среднем на 2,7 сут. Редукция числа вегетативных узлов на верхней ветви способствует сокращению разрыва в зацветании стебля и этой ветви, что сопровождается более дружным и интенсивным цветением растений, которые раньше достигают уборочной спелости. По высоте растений ограниченноветвящиеся сорта близки к местным сортам (см. табл. 3).

Наследование и габитус *детерминантной* мутации гречихи впервые

3. Морфологические особенности растений сортов гречихи различного морфотипа (среднее за 2012–2015 гг.)

Морфотип	Средняя длина		
	ЗВС	ЗПС	стебля
Местные сорта Орловской области	49,1±1,4	42,9±1,6	92,0±1,8
Селекционные сорта традиционного морфотипа	52,0±0,9	40,9±1,1	92,9±1,8
Селекционные сорта «красностреляецкого» морфотипа, в том числе	47,5±0,9	38,3±0,6	85,9±0,8
селекции Татарского НИИСХ	47,5±1,1	38,7±0,8	86,2±1,1
селекции Башкирского НИИСХ	47,7±1,2	37,6±0,8	85,2±1,3
Селекционные сорта ограниченноветвящегося морфотипа	53,0±1,3	41,6±1,4	94,6±1,4
Селекционные сорта детерминантного морфотипа	56,4±1,6	30,4±0,9	86,8±1,8

были описаны Н. В. Фесенко в 1968 г. [8]. Первый детерминантный сорт Сумчанка районирован в 1985 г. На сегодня такие сорта занимают более половины посевных площадей гречихи в России [9, 10].

Мутация детерминантности ограничивает морфогенез репродуктивной сферы побегов формированием, как правило, 3...4 соцветий. Следствие этого – резкое повышение дружности зацветания соцветий на побегах. Если у индетерминантных сортов в рядовом посеве разрыв в зацветании первого и последнего соцветия на стебле составляет в среднем 21 сут, то у детерминантных – 1...2 сут. [4]. Вследствие этого увеличение среднего числа узлов на стебле до 5,5...5,8 и потенциала ветвления растений до 18,1...19,7 узлов у детерминантных сортов практически не приводит к росту продолжительности вегетационного периода по сравнению с местными сортами (см. рис. 1, 2).

Резкую редукцию числа соцветий на побегах частично компенсирует увеличение числа цветков в соцветиях (см. табл. 1, 2). Поэтому среднее число цветков на растениях детерминантных сортов, по сравнению с местными, сократилось в среднем лишь на 13,3 %, что сопровождается некоторым уменьшением продолжительности генеративного периода – в среднем на 1 сут. Детерминантные сорта отличаются значительно меньшей средней высотой растений, по сравнению с местными (см. табл. 3).

Таким образом, селекция гречихи на повышение урожайности была основана на различных изменениях архитектоники растений. Для сортов «красностреляецкого» морфотипа характерно снижение числа соцветий и цветков на растении (на 19,4...20,9 % и 31,5...38,0 % соответственно), сопровождающееся сокращением продолжительности вегетационного периода в среднем на 4,7...4,8 сут. При этом следует отметить близость архитектоники вегетативной и генеративной сферы растений сортов «красностреляецкого» морфотипа, созданных в селекционных учреждениях, расположенных в различных почвенно-климатических регионах: Татарском НИИСХ (Средне-Волжский регион) и Башкирском НИИСХ (Уральский регион). Такая степень совпадения неслучайна и, по-видимому, свидетельствует о связи архитектоники с основными хозяйственно-ценными признаками этого морфотипа.

Сорта ограниченноветвящегося морфотипа характеризуются увеличением числа вегетативных узлов на растениях в среднем на 2,5 шт. при сохранении продолжительности вегетационного периода на уровне сортов традиционного морфотипа.

Для сортов детерминантного морфотипа характерно значительное увеличение среднего числа вегетативных узлов в среднем на 3,8 шт. при одновременном снижении числа соцветий и цветков на растениях (на 43,3 % и 13,4 % соответственно), что обеспечивает сохранение продолжительности вегетационного периода на уровне сортов традиционного морфотипа.

Сорта «красностреляецкого» и детерминантного морфотипов отличаются достоверно меньшей высотой растений (на 6,6 % и 5,7 % соответственно), обеспечивающей лучшую технологичность их возделывания и широкое распространение в производстве.

Все селекционные сорта характеризуются растянутым периодом цветения и семяобразования. По сравнению с местными сортами его продолжительность сократилась лишь на 0,5...2,3 сут.

Литература.

1. Фесенко Н. В. Селекция и семеноводство гречихи. М.: Колос, 1983. 191 с.
2. Алексеева Е. С. Селекция подольских сортов гречихи. Черновцы: Рута, 1999. 120 с.
3. Кадырова Ф. З. Селекция гречихи в республике Татарстан: автореф. дис. ... д. с.-х. наук. Немчиновка, 2003. 42 с.
4. Теоретические основы селекции растений. Т.5 Гречиха / Н. В. Фесенко, Н. Н. Фесенко, О. И. Романова и др. СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2006. 196 с.
5. Детерминантные сорта гречихи нового поколения / А. Н. Фесенко, Г. Е. Мартыненко, Н. В. Фесенко и др. // Земледелие. 2012. № 5. С. 38–39.
6. Козьмина Е. П. Технологические свойства крупяных и зернобобовых культур. М.: ЦИНТИ Госкомзага, 1963. 295 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Фесенко Н. В. Генетический фактор, обусловливающий детерминантный тип растения у гречихи // Генетика. 1968. Т. 4. № 4. С. 165–166.
9. Важов В. М. Гречиха на полях Алтая. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2013. 188 с.
10. Фесенко А. Н., Мартыненко Г. Е., Селихов С. Н. Производство гречихи в России: состояние и перспективы // Земледелие. 2012. № 5. С. 12–14.

Morphological and Biological Peculiarities of Main Buckwheat Morphotypes Cultivated in Russia

A. N. Fesenko, O. V. Biryukova, I. N. Fesenko
Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops, ul. Molodezhnaya, 10, k. 1, pos. Streletskii, Orlovskii r-n., Orlovskaya obl., 302502, Russian Federation

Abstract. *In 2012–2015 under field conditions it was studied the architectonics of the vegetative sphere of plants of two local buckwheat varieties and 26 breeding varieties, including the traditional indeterminate, "Krasnostreletsky", indeterminate limited branching, and determinant morphotypes. Sowing was row; the seeding rate was 3 million viable seeds per hectare; the plot area was 10 m2. The duration of vegetative, generative and vegetation periods was determined, the number of vegetative nodes on the stem and on the branches of the first order was counted. The varieties of the traditional indeterminate morphotype do not significantly differ from the local varieties in the architecture of the vegetative and generative spheres. The varieties of the "Krasnostreletsky" morphotype are characterized by a decrease in the number of inflorescences and flowers per plant (by 19.4–20.9% and 31.5–38.0%, respectively), accompanied by a decrease in the duration of the growing season by on average 4.7–4.8 days. The closeness of the architectonics of the vegetative and generative spheres of plants of the varieties of the "Krasnostreletsky" morphotype, developed in breeding institutions located in the Middle Volga and Ural regions, was noted. Varieties of the limited branching morphotype are characterized by an increase in the number of vegetative nodes on plants by 2.5 nodes while maintaining the duration of the growing season at the level of the traditional morphotype. The varieties of the determinant morphotype are characterized by a significant increase in the average number of vegetative nodes by 3.8 nodes while reducing the number of inflorescences and flowers on plants (by 43.3% and 13.4%, respectively), which ensures the preservation of the growing season at the level of the traditional morphotype. The varieties of "Krasnostreletsky" and determinant morphotypes differ in significantly reduced plant height (by 6.6% and 5.7%, respectively), ensuring their improved processability of cultivation and wide distribution in production. All breeding varieties are characterized by a prolonged period of flowering and seed production: compared with local varieties, the duration of this period was reduced only by 0.5–2.3 days.*

Keywords: *buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench.); variety; morphotype; plant architectonic; vegetation period.*

Author Details: *A. N. Fesenko, D. Sc. (Biol.), head of laboratory(e-mail:office@vnizbk.orel.ru); O. V. Biryukova, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; I. N. Fesenko, D. Sc. (Biol.), leading research fellow.*

For citation: *Fesenko A. N., Biryukova O. V., Fesenko I. N. Morphological and Biological Peculiarities of Main Buckwheat Morphotypes Cultivated in Russia. Zemledelije. 2019. No. 4. Pp. 36–39 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10409.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10410
УДК 633.31/.37(571.53)

Влияние средств химизации и протравливания семян на корневую гниль яровой пшеницы*

А. А. РАЗИНА, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: gnu_iniish_nauka@mail.ru)
О. Г. ДЯТЛОВА, научный сотрудник
Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Дачная, 14, с. Пивовариха, Иркутский р-н, Иркутская обл., 664511, Российская Федерация

Оценивали влияние средств химизации и протравливания семян на вредоносность обыкновенной корневой гнили (Common root rot) и урожайность яровой пшеницы в Иркутской области. Средства химизации – известкование, полное минеральное удобрение ($N_{30}P_{30}K_{30}$) и протравливание (Виал ТрасТ, 0,4 л/т) изучали на фоне сидерации в плодосменном севообороте в 2013–2018 гг. В среднем за 6 лет общая зараженность непротравленных семян составила 77,3 %, в том числе Alternaria sp. – 42,6 %, Bipolaris sp. – 6,1 %, Fusarium sp. – 27,3 %. Последействие известкования увеличивало распространенность корневой гнили в фазе всходов на 6,9 %, а $N_{30}P_{30}K_{30}$ с известкованием – на 4,4 %. На фоне удобрений без известкования распространенность коневой гнили не увеличивалась, а в 2015 и 2018 гг. с острозасушливым началом вегетации при последействии удобрений она даже уменьшалась на 6,0 и 10,9 % соответственно. Снижение распространенности корневой гнили от протравливания семян без известкования без удобрения составило 8,9 %, с $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 13,5 %. Проведенный в 2014–2018 гг. анализ показал доминирование в патогенном комплексе микромицетов грибов рода Fusarium sp. в ризосфере на протяжении всей вегетации – 35,7…49,7 % (всходы) и 46,0…62,1 % (полная спелость), на пораженных органах растений – в фазе всходов (75,0…97,3 %). К уборке частота встречаемости Fusarium sp. в ризосфере повышалась, отмечали присутствие Alternaria sp., а соотношение фитопатогенов на растениях менялось в сторону преобладания Bipolaris sp. (40,3…63,7 % на прикорневой части стебля; 23,0…30,7 % на корнях) и Alternaria sp. (49,9…67,7 % на прикорневой части стебля). Средства химизации и протравливание семян повышали урожайность пшеницы на 1,12 т/га, известкование и удобрение – на 0,85 т/га, удобрение и протравливание – на 0,90 т/га.

Ключевые слова: *яровая пшеница (Triticum aestivum L.); корневая гниль (Common root rot); патогены, микромицеты, известкование; полное минеральное удобрение; протравливание семян; урожайность.*

Для цитирования: *Разина А. А., Дятлова О. Г. Влияние средств химизации и протравливания семян на корневую гниль яровой пшеницы // Земледелие. 2019. № 4. С. 40–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10410.*

Высокая концентрация посевов колосовых культур и благоприятные погодные условия предрасполагают к частым и вредоносным вспышкам болезней [1], в том числе к обыкновенной корневой гнили (*Common root rot*) яровой пшеницы, которая широко распространена во всех районах Иркутской области. Это заболевание ежегодно снижает урожайность культуры на 15…20 % [2].

Известно о санитарной роли предшественника в борьбе с корневой гнилью хлебных злаков в разных почвенно-климатических условиях. Наиболее эффективные фитомелиоранты – клевер, люцерна, гречиха, вико-овсяная и горохо-овсяная смеси, донник желтый, положительно влияющие на плодородие почв и позволяющие значительно уменьшить распространенность и развитие корневой гнили в посевах зерновых культур [3, 4, 5].

Исследованиями ряда авторов показано, что фосфорные удобрения приводят к снижению развития корневой гнили, а азотные – к усилению [6, 7]. Применение полного минерального удобрения уменьшает распространенность корневой гнили в посевах пшеницы [8].

Протравливание семян – первый и очень важный стратегический прием формирования оптимального фитосанитарного состояния посевов [9]. Это достаточно экономичный способ, гарантирующий защиту от ряда болезней, начиная с попадания зерновки в почву и до фазы кущения растений. Его использование способствует повышению урожайности на 0,2…0,7 т/га [10, 11, 12].

Комплексное применение средств химизации ведет к повышению урожайности зерна яровой пшеницы [13].

Цель нашей работы – оценить влияние последействия средств химизации (известкование, полное минеральное удобрение) и протравливания семян на распространенность и вредоносность корневой гнили яровой пшеницы, а также выявить возбудителей болезней в период вегетации на растениях и в ризосфере культуры.

Объекты исследований – корневая гниль яровой пшеницы и ее основные возбудители *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker. Syn.: *Helminthosporium sativum* Pammel, C.M. King et Bakke, *H. sorokinianum* Sacc., *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. Et P.C. Jain.; виды р. *Fusarium* (*F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. var. *culmorum, F. avenaceum* (Fr.) Sacc. var. *avenaceum, F. oxysporum* Schltdl.var. *oxysporum, F. graminearum* Schwabe и др.); виды р. *Alternaria* (комплекс видов *A. alternata* и др.).

Исследования проводили в 2013–2018 гг. на опытном поле Иркутского НИИСХ в плодосменном севообороте кукуруза (на силос) – ячмень + клевер – клевер (для сидерации) – пшеница. Схема полевого трехфакторного опыта, заложенного в 2001 г., предусматривала изучение следующих вариантов:

известкование (фактор А) – без известкования, известь по 0,5 Нг;

удобрение (фактор В) – без удобрений, $N_{30}P_{30}K_{30}$;

протравливание семян (фактор С) – без протравливания, Виал ТрасТ, 0,4 л/т.

Известь вносили в первое поле севооборота (под кукурузу) по 0,5 Нг (5,7 т/га) поверхностно с последующей заделкой дисковой бороной в два следа на глубину 12…15 см. Клевер на сидерацию запахивали в фазе цветения после предварительного измельчения. Минеральные удобрения вносили под кукурузу и ячмень.

Общая площадь делянки – 122,5 м^2, учетная – 80,5 м^2. Повторность опыта – 3-кратная. В годы исследований высевали сорт пшеницы Бурятская остистая.

Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая со сле-

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (проект 0806-2014-0014, 0806-2018-0006).

1. Распространенность (P, %), средняя интенсивность поражения растений (C, балл) и развитие (R, балл) корневой гнили яровой пшеницы, среднее за 2013-2018 гг.

Предшественник (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Протравливание (фактор С)	Всходы пшеницы			Полная спелость пшеницы		
			P	C	R	P	C	R
Без известкования	без удобрений	без протравливания	34,5	1,9	0,7	74,7	0,6	0,9
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	25,6	1,7	1,9	64,7	1,4	1,0
		среднее	30,1	1,8	1,3	69,7	1,0	1,0
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	без протравливания	33,5	2,1	0,6	73,8	1,5	1,0
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	21,0	1,8	0,6	61,1	1,6	1,0
		среднее	27,3	2,0	0,6	67,5	1,6	1,0
	среднее	без протравливания	34,0	2,0	0,6	74,3	1,0	1,0
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	23,3	1,8	1,2	62,9	1,5	1,0
		среднее	28,7	1,9	1,0	68,6	1,3	1,0
Известкование	без удобрений	без протравливания	41,4	1,5	0,7	80,7	1,6	1,3
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	29,5	1,5	0,6	66,8	1,7	1,1
		среднее	35,5	1,5	0,6	73,8	1,6	1,2
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	без протравливания	37,9	1,4	0,6	75,4	1,5	1,1
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	25,3	1,4	0,6	66,5	1,6	1,0
		среднее	31,6	1,4	0,6	71,0	1,6	1,0
	среднее	без протравливания	39,7	1,4	0,6	78,1	1,6	1,2
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	27,4	1,4	0,6	66,7	1,6	1,0
		среднее	33,5	1,4	0,6	72,4	1,6	1,1
Среднее	без удобрений	без протравливания	38,0	1,7	0,7	77,7	1,1	1,1
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	27,6	1,6	1,2	65,8	1,6	1,0
		среднее	32,8	1,7	1,0	71,8	1,3	1,1
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	без протравливания	35,7	1,8	0,6	74,6	1,5	1,0
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	23,2	1,6	0,6	63,8	1,6	1,0
		среднее	29,5	1,7	0,6	69,2	1,6	1,0
	среднее	без протравливания	36,8	1,7	0,7	76,2	1,3	1,1
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	25,4	1,6	0,9	67,5	1,6	1,0
		среднее	31,1	1,7	0,8	71,9	1,5	1,1
$НСР_{05}$ для факторов А, В, С			9,2			$F_{факт} < F_{05}$		
$НСР_{05}$ для взаимодействий факторов АВ, АС, ВС			13,0					
Доля влияния факторов на распространенность корневой гнили (всходы): С – 77,9 %, А – 13,8 %, В – 6,2 %, ВС – 0,8 %, АС – 0,1 %								

дующей агрохимической характеристикой слоя 0...30 см: содержание гумуса – 5,0 %, общего азота – 0,22 %, валового фосфора 0,23 %, $pH_{сол}$ – 5,5, сумма поглощенных оснований – 21...25 мг-экв./100 г, гидролитическая кислотность – 7,3...8,0 мг-экв./100 г, степень насыщенности основаниями – 73...83 %; обеспеченность доступными формами фосфора и калия – средняя.

Семена пшеницы обрабатывали протравителем за 10 дней до посева. Анализ семян на зараженность болезнями проводили по ГОСТ 12044-93 во влажной камере [14], учет корневой гнили – согласно рекомендациям ВИЗР [15].

Урожай пшеницы учитывали прямым комбайнированием с использованием комбайна Сампо-500.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием пакета программ Snedecor «Прикладная статистика для исследований» [16].

Для выделения грибов из почвы применяли метод разведения Вакcмана с последующим посевом на питательную среду Чапека [17]. Частоту встречаемости рассчитывали по процентному соотношению от общего числа проанализированных колоний. Выделение грибов из пораженных участков растений проводили методом влажной камеры [18]. Частоту встречаемости определяли от общего числа выявленных фитопатогенных видов в пораженных органах растений.

Вегетационные периоды в годы исследований по теплообеспеченности были на уровне среднемноголетних значений или теплее обычного, по влагообеспеченности характеризовались как засушливые, особенно в первой половине вегетационного периода, за исключением 2017 г. В отдельные годы осадки выпадали крайне неравномерно с избытком во второй половине вегетации. Недостаток осадков за вегетационный период в 2013 г. составил 44,9 %, в 2014 г. – 31,8 %, в 2015 г. – 38,3 % от нормы. В первой половине вегетационного периода 2016 г. ощущались последствия летне-осенних засух предшествующих 4 лет, а в августе и сентябре осадков выпало в 1,2 раза больше. В 2017 г. в мае и I декаде июня растения были хорошо обеспечены влагой. Июнь и август во II и III декадах выдались засушливыми. В 2018 г. засушливыми были май и июнь: осадков выпало 63,0 и 43,2 % от нормы соответственно.

Семена, использовавшиеся в опыте, были инфицированы комплексом патогенов. При общей зараженности непротравленных семян в среднем за шесть лет 77,3 % преобладали грибы *pp. Alternaria sp.* (42,6 %), *Fusarium sp.* (27,3 %) и *Bipolaris sp.* (6,1 %). В 2017 и 2018 гг. зараженность *Alternaria sp.* снижалась до минимума (0 и 6 %), но значительно увеличивалась зараженность *Fusarium sp.* (98 и 29 % соответственно).

Существенной связи между инфицированностью непротравленных семян возбудителями корневой гнили и распространенностью этого заболевания в поле в фазе всходов пшеницы в опыте не обнаружено (r= -0,29).

Результаты полевых испытаний (табл. 1, рисунок) показали, что на распространенность корневой гнили влияли все изучаемые факторы. При этом в среднем за 6 лет достоверное воздействие обеспечивало только протравливание. Особенно четко это проявлялось в начале вегетации пшеницы. Средства химизации положительно влияли как на рост и развитие растений пшеницы, так и на возбудителей корневой гнили. Однако, если доля влияния протравливания (фактор С) составляла 77,9 %, то известкования (фактор А) – 13,8 %, а удобрений (фактор В) – лишь 6,2 %.

Снижение распространенности корневой гнили от протравливания семян на фоне без известкования и применения удобрений составило 8,9 %, а при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 12,5 %. В блоке с известкованием снижение было равно соответственно фонов 11,9 и 12,6 %. Такая же тенденция прослеживалась и в более поздние фазы развития пшеницы.

Известкование способствовало заметному увеличению распространенности корневой гнили, которое в среднем за шесть лет составило 6,9 %, а по годам исследований варьировало от 5,0 до 19,7 %. Удобрения практически не влияли на распространенность заболевания, за исключением 2015 и 2018 гг., которые характеризовались как

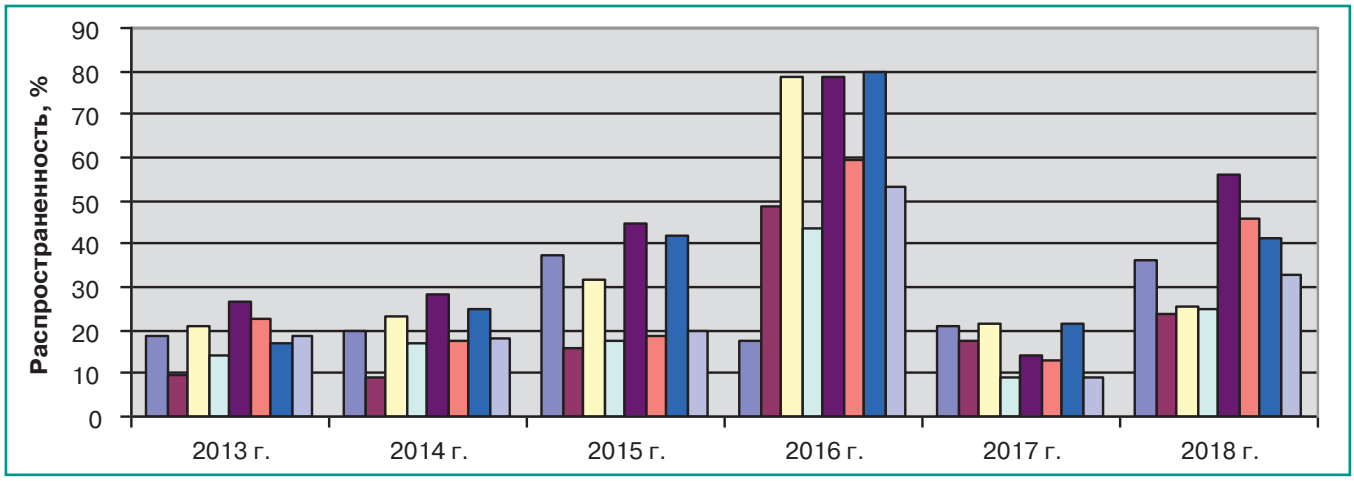

Рисунок. *Распространенность корневой гнили яровой пшеницы в опыте по годам исследований (б/и – без извести, б/у – без удобрений, б/п – без протравливания, и – известкование, у – удобрения, п – протравливание):* ■ *– б/и, б/у, б/п;* ■ *– б/и, б/у, п;* □ *– б/и, у, б/п;* □ *– б/и, у, п;* ■ *– и, б/у, б/п;* ■ *– и, б/у, п;* ■ *– и, у, б/п;* ■ *– и, у, п.*

острозасушливые в начальном периоде вегетации. В эти годы распространенность корневой гнили уменьшилась на 6,0 и 10,9 % соответственно. Улучшение условий минерального питания усиливало эффект от протравливания семян. Так, без удобрений распространенность снижалась на 8,9 %, а на удобренном фоне на 12,5 %. Известкование увеличивало эффект протравливания семян на 3,9 %. Наибольшая в опыте распространенность корневой гнили отмечена в 2016 г., который с мая по июль включительно был самым неблагоприятным по влагообеспеченности. В этом году в фазе кущения пшеницы она находилась на уровне конца вегетации в другие годы исследований.

Проведенный в 2014–2018 гг. анализ показал доминирование в патогенном комплексе ризосферы грибов рода *Fusarium sp.* на протяжении всей вегетации, на пораженных органах растений – в фазе всходов. В конце вегетационного периода пшеницы частота встречаемости *Fusarium sp.* в ризосфере повышалась, отмечали присутствие *Alternaria sp.,* а соотношение фитопатогенов на растениях менялось в сторону преобладания *Bipolaris sp.* и *Alternaria sp.* (табл. 2).

Статистическая обработка частоты встречаемости микромицетов в посевах яровой пшеницы в зависимости от применения средств химизации показала, что различия недостоверны. В то же время отмечены существенные изменения в структуре микромицетов. В ризосфере выявлено снижение частоты встречаемости грибов *р. Fusarium sp.* от удобрений, как без извести, так и на фоне с известкованием: в фазе всходов на 7,7 и 5,6 % соответственно, в фазе полной спелости только на фоне известкования – на 16,1 %.

При использовании средств химизации отмечено уменьшение численности *Bipolaris sp.* на прикорневой части стебля в фазе всходов на 18,8…29,3 %, в фазе полной спелости – на 12,4…23,4 %, на корнях – в фазе всходов на 14,2…27,2 %, в конце вегетации четкой зависимости встречаемости этого возбудителя не отмечено.

Представители микромицетов *р. Alternaria sp.* в ризосфере в начальный период роста пшеницы не обнаружены. Их присутствие отмечено в конце вегетационного периода с численностью меньшей, чем *р. Fusarium sp.,* в 3,0…12,8 раза, но большей, чем *р. Bipolaris sp.,* в 1,7…8,2 раза. К фазе полной спелости известкование и удобрение способствовали повышению численности грибов *р. Alternaria sp.* в ризосфере пшеницы на 5,5…13,3 %, а на корнях – небольшому уменьшению. На прикорневой части стебля в варианте с комплексным использованием извести и минеральных удобрений выявлено снижение встречаемости этих грибов на 16,7 %. Без применения средств химизации отмечена сильная обратная корреляция между распространенностью корневой гнили и урожайностью зерна яровой пшеницы (r= -0,79).

Все средства химизации оказывали достоверное влияние на урожайность яровой пшеницы. Наибольшей была доля влияния удобрений (фактор В) – 72,9 %, значительно слабее оказалось воздействие протравливания (фактор С) – 16,6 % и известкования (фактор А) – 9,9 %. Максимальная в опыте прибавка урожая отмечена при комплексном применении средств химизации, включающем известкование, удобрение и протравливание семян – 1,12 т/га, или 53,8 % по отношению к абсолютному контролю без использования средств химизации (табл. 3).

Произрастание в более благоприятных условиях способствовало снижению вредоносности корневой гнили благодаря повышению устойчивости растений к заболеванию в виде способности не снижать урожай при наличии возбудителя. Это лишний раз

2. Структура патогенной микрофлоры в посевах яровой пшеницы, среднее за 2014–2018 гг.

Вариант		Микромицеты ризосферы				Микромицеты органов пшеницы					
						на стеблях (прикорневая часть)			на корнях		
известкование (фактор А)	удобрения (фактор В)	*Fusarium sp.*, %	*Bipolaris sp.*, %	*Alternaria sp.*, %	*Penicillium sp.*, %	*Fusarium sp.*, %	*Bipolaris sp.*, %	*Alternaria sp.*, %	*Fusarium sp.*, %	*Bipolaris sp.*, %	*Alternaria sp.*, %
Всходы											
Без известкования	без удобрений	43,4	1,4	0	47,2	86,7	56,0	26,0	75,0	47,2	22,7
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	35,7	1,7	0	54,1	94,7	26,7	22,3	84,0	22,1	16,7
Известкование	без удобрений	49,7	1,2	0	38,6	91,7	37,2	26,3	78,7	33,0	17,0
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	37,8	5	0	59,4	97,3	33,0	9,3	85,3	20,0	20,3
Полная спелость											
Без известкования	без удобрений	62,1	1,1	4,7	46,7	25,3	63,7	53,6	17,3	30,7	22,0
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	64,3	6,0	10,2	35,1	33,7	46,7	67,7	16,7	36,7	34,5
Известкование	без удобрений	53,8	2,2	18,0	53,8	24,0	51,3	49,9	13,7	23,0	24,0
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	46,0	2,8	15,1	50,6	31,0	40,3	62,3	16,0	29,3	11,0

3. Урожайность яровой пшеницы, 2013-2018 гг., т/га

Предшественник (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Протравливание (фактор С)	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 6 лет	Прибавка
Без известкования	без удобрений	без протравливания	2,64	3,01	1,01	1,18	2,72	1,90	2,08	–
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,28	3,45	1,05	1,24	3,31	2,07	2,40	0,32
		среднее	2,96	3,23	1,03	1,21	3,01	1,99	2,24	–
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	без протравливания	3,10	4,08	1,16	2,27	2,78	2,56	2,66	0,58
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,46	4,39	1,21	2,42	3,43	2,97	2,98	0,90
		среднее	3,28	4,24	1,19	2,35	3,11	2,77	2,82	–
	среднее	без протравливания	2,87	3,55	1,09	1,73	2,75	2,43	2,37	0,29
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,37	3,92	1,13	1,83	3,37	2,52	2,69	0,61
		среднее	3,12	3,74	1,11	1,78	3,06	3,86	2,53	–
Известкование	без удобрений	без протравливания	3,41	3,12	1,01	1,42	3,01	1,94	2,32	0,24
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,44	3,50	1,10	1,49	3,70	2,12	2,56	0,48
		среднее	3,43	3,31	1,06	1,46	3,36	2,03	2,44	–
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	без протравливания	3,56	4,35	1,19	2,57	3,29	2,63	2,93	0,85
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,58	4,59	1,24	2,75	4,05	3,0	3,20	1,12
		среднее	3,57	4,47	1,22	2,66	3,67	2,82	3,07	–
	среднее	без протравливания	3,49	3,74	1,10	2,0	3,15	2,29	2,63	0,55
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,51	4,05	1,17	2,12	3,88	2,56	2,88	0,80
		среднее	3,50	3,90	1,14	2,06	3,52	2,43	2,76	
Среднее	без удобрений	без протравливания	3,03	3,07	1,01	1,13	2,87	1,92	2,20	
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,36	3,48	1,08	1,37	3,51	2,10	2,48	
		среднее	3,20	3,28	1,05	1,25	3,19	2,01	2,34	
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	без протравливания	3,33	4,22	1,18	2,42	3,04	2,60	2,80	
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,52	4,49	1,23	2,59	3,74	2,99	3,09	
		среднее	3,43	4,36	1,21	2,51	3,39	2,80	2,95	
	среднее	без протравливания	3,18	3,65	1,11	1,78	2,96	2,26	2,50	
		Виал ТрасТ, 0,4 л/т	3,44	3,99	1,16	1,98	3,63	2,54	2,79	
		среднее	3,31	3,82	1,14	1,88	3,31	2,40	2,65	
$НСР_{05}$ для факторов А, В, С									0,10	
$НСР_{05}$ для взаимодействий факторов АВ, ВС, АС									0,13	
Доля влияния факторов: В – 72,9 %, С – 16,6 %, А – 9,9 %, АС – 0,4 %, АВ – 0,2 %										

подтверждает правильность ранее сделанного заключения о том, что важно не столько помешать развитию паразита, сколько дать растению-хозяину возможность продолжать свою жизнедеятельность [19].

Таким образом, комплексное применение средств химизации при возделывании яровой пшеницы наиболее эффективно снижает вредоносность корневой гнили и способствует повышению урожайности зерна, уменьшая распространенность заболевания на 9,2 % и обеспечивая прибавку урожая 1,12 т/га.

В комплексе микромицетов – патогенов корневой гнили яровой пшеницы в лесостепи Прибайкалья преобладают грибы *р. Fusarium sp.*: в ризосфере на протяжении всего вегетационного периода при частоте встречаемости от 37,5 до 64,3 %, на пораженных органах растений – в фазе всходов, при заражении 75...97,3 % больных растений.

В конце вегетации пшеницы соотношение патогенов меняется с преобладанием *р. Bipolaris sp.* до 63,7 % и *р. Alternaria sp.* до 67,7 % на прикорневой части стеблей и соответственно до 36,7 % и 34,5 % на корнях.

Литература.

1. Волкова Г. В. Определение эффективности известных генов устойчивости пшеницы и ячменя к опасным болезням для использования в зональной селекции и сортовом размещении // Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России: сборник матер. междунар. науч.-практ. конф. СПБ – Пушкин, ВИЗР, 2018. С. 39–41.

2. Полномочнов А. В., Федорова Г. Н. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в 2018 году и прогноз на 2019 год. Иркутск: Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Иркутской области, 2018. 44 с.

3. Максимов В. А., Замятин С. А., Апаева Н. Н. Поражение зерновых культур корневыми гнилями в различных севооборотах // Вестник защиты растений. 2011. № 2. С. 53–56. Электронный ресурс http://vizr.spb.ru.

4. Влияние фитомелиорации на гумусное состояние, микрофлору и оптико-энергетические показатели агроабраземов Приморья / Л. Н. Пуртова, Л. Н. Щапова, А. Н. Емельянов и др. // Вестник Бурятской ГСХА им. В. Р. Филиппова. 2013. № 4. С. 41–47.

5. Комплексная фитосанитарная роль предшественников яровой пшеницы в Южной лесостепи Новосибирской области / Е. Ю. Торопова, С. Н. Посаженников, Е. Ю. Мармулева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 4. С. 5–11.

6. Эффективность использования возрастающих норм минеральных удобрений при разном инфекционном потенциале *Bipolaris sorokiniana* в почве / Ю. Н.Фадеев, В. А. Чулкина, Л. П. Синегуб и др. // Доклады ВАСХНИЛ. 1981. № 2. С. 2–22.

7. Синегуб Л. П. Эффективность предпосевного обеззараживания семян и опрыскивания растений яровой пшеницы фунгицидами в условиях северной лесостепи Приобья // Науч.-техн. бюл. СибНИИЗХим. 1985. Вып. 39. С. 30–35.

8. Эффективность фунгицидов на яровой пшенице в зависимости от уровня применения удобрений и предшественников / И. А. Иванова, Н. Г. Власенко, В. Т. Мальцев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 5...6. С. 5–12.

9. Горина И. Н. Имазалилсодержащие протравители для зерновых колосовых культур // Защита и карантин растений. 2013. № 4. С. 55–57.

10. Глазков А. Е., Донскова Н. М. Здоровые семена – гарант высокого урожая // Защита и карантин растений. 2013. № 8. С. 24–26.

11. Комков Н. Д., Касьяненко В. Комплексный подход к защите зерновых культур // Защита и карантин растений. 2010. № 8. С. 48–50.

12. Тютерев С. Л. Химическая защита растений в фитосанитарном оздоровлении агроэкосистем // Вестник защиты растений. 2011. № 3. С. 3–12. Электронный ресурс http://vizr.spb.ru.

13. Юшкевич Л. В., Щитов А. Г., Пахотина И. В. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2019. № 1. С. 32–34.

14. ГОСТ 12044-93 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 33 с.

15. Танский В. И., Левитин М. М., Ишкова Т. И. Методы учета вредных организмов. Рекомендации ВИЗР // Защита и карантин растений. 2002. № 3. С. 51–52.

16. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: Изд-во ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

17. Методы экспериментальной микологии / под общей ред. чл-кор. АН УССР В. И. Билай. Киев: Изд-во Наукова думка, 1973. 238 с.

18. Методы фитопатологии / З. Кирай, З. Климент, Ф. Шоймаши и др. М.: Колос, 1974. 343 с.

19. Попова Н. В. Физиолого-биохимическая характеристика пшеницы, пораженной различными патогенными микроорганизмами // Физиология сельскохозяйственных растений. Т. 4. Физиология пшеницы. М.: МГУ, 1969. С 500–548.

Influence of Chemicalization Means and Seed Treatment on the Injuriousness of Root Rot of Spring Wheat

A. A. Razina, O. G. Dyatlova
Irkutsk Agricultural Research Institute, ul. Dachnaja, 14, s. Pivovariha, Irkutskij r-n, Irkutskaja obl., 664511, Russian Federation

Abstract. *We assessed the influence of chemicalization means and seed treatment on injuriousness of common root rot and spring wheat yield in the Irkutsk region. The chemicalization means: liming, application of full mineral fertilizer (N30P30K30), and seed treatment (Vial TrusT, 0.4 L/t) were studied against the background of green manure in a crop rotation in 2013–2018. On the average, for 6 years total affection of untreated seed was 77.3% including with Alternaria sp. – 42.6%, Bipolaris sp. – 6.1%, Fusarium sp. – 27.3%. Liming aftereffect increased root rot distribution in the seedling phase by 6.9%, and N30P30K30 with liming – by 4.4%. Against the background without liming root rot did not distribute. In 2015 and 2018, when there was a severe drought at the beginning of the vegetation period, the distribution with fertilizer aftereffect even reduced by 6.0% and 10.9%, correspondingly. The reduction of root rot spreading from seed treatment without liming was 8.9% without fertilizers, 13.5% with N30P30K30. The analysis of phytopathogenic micromycetes conducted in 2014–2018 showed the domination of Fusarium sp. in a phytopathogenic complex in rhizosphere throughout the whole vegetation – 35.7–49.7% (seedlings) and 46.0–62.1% (full ripeness), on affected plant parts – 75.0–97.3% in seedlings stage. To the harvesting the frequency of Fusarium sp. in rhizosphere raised, the presence of Alternaria sp. was marked, and the ratio of phytopathogens on plants changed towards the prevalence of Bipolaris sp. (40.3–63.7% on the basal parts of stems; 23.0–30.7% on roots) and Alternaria sp. (49.9–67.7 % on the basal parts of stems). Chemicalization means and seed treatment increased wheat yield by 1.12 t/ha, liming and fertilization – by 0.85 t/ha, fertilization and seed treatment – by 0.90 t/ha.*

Keywords: *spring wheat (Triticum aestivum L.); root rot; pathogens, micromycetes, liming; full mineral fertilizer; seed treatment; yield.*

Author Details: *A. A. Razina, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: gnu_iniish_nauka@mail.ru); O. G. Dyatlova research fellow.*

For citation: *Razina A. A., Dyatlova. Influence of Chemicalization Means and Seed Treatment on the Injuriousness of Root Rot of Spring Wheat. Zemledelie. 2019. No. 40–44. 4. Pp. (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10410.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10411
УДК 631.811.98:633.16

Динамика разложения пропамокарба гидрохлорида при применении препарата Превикура Энерджи на растениях томата

Л. М. ПОДДЫМКИНА[1], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: poddimkina@gmail.com)
Г. Е ЛАРИНА[2], доктор биологических наук, профессор (e-mail: gala.larina@mail.ru)
А. В. КАЛИНИН[1], младший научный сотрудник
Х. МОХАМАД[1], аспирант
[1]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, ул. Институт, вл. 5, р.п. Большие Вяземы, Одинцовский р-н, Московская обл.,143050, Российская Федерация

Цель исследования – оценка экологической безопасности растительной продукции по содержанию остатков пропамокарба гидрохлорида в плодах Solanum lycopersicum сорта Белый налив, выращиваемых в открытом грунте. Полевой эксперимент проводили в 2015–2016 гг. на опытном участке в Рязанской области с темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве. Обработку вегетирующих растений осуществляли системным фунгицидом Превикур Энерджи в дозе 3,0 л/га с помощью ранцевого пневматического опрыскивателя путем полива под корень. Расход рабочей жидкости 2000 л/га. Препарат вносили ежегодно, дважды за сезон с интервалом 30 сут. В контроле фунгицид не применяли. В растительных образцах газохроматографическим методом определяли остатки фунгицида. Экстракцию действующего вещества из плодов томата осуществляли методом перераспределения в системе растворителей (количество извлеченного соединения из плодов или открываемость метода 87 %). На десятые сутки после применения фунгицида в максимально разрешенной дозе 3,0 л/га на овощных культурах (2 обработки за сезон). В плодах томатов идентифицировано менее 0,4 % пропамокарба гидрохлорида. Скорость разложения остатков пропамокарба гидрохлорида в плодах томатов увеличивалась при повышении температуры окружающей среды и снижении количества осадков (или доступной растениям влаги). При этом в условиях дефицита влаги содержание остатков фунгицида было выше на 25 %, чем в более влажный год. Период ожидания для пропамокарба гидрохлорида в плодах томатов составлял 1,4...6,8 сут. Процедуру экстраполяции содержания остаточных количеств пропамокарба гидрохлорида в плодах томатов за период наблюдений проводили с помощью регрессионных параметрических зависимостей. Математическое описание поведения остатков фунгицида в растительной продукции получено по модели полиноминальной (R^2=0,89...0,93), линейной (R^2 =0,74...0,81) и экспоненциальной (R^2 =0,72...0,76) регрессии.

Ключевые слова: *пропамокарба гидрохлорид, карбамат, томат (Solanum lycopersicum), фунгицид, остаточное количество, открытый грунт, разложение, регрессионная модель, период ожидания.*

Для цитирования: *Динамика разложения пропамокарба гидрохлорида при применении препарата Превикура Энерджи на растениях томата / Л. М. Поддымкина, Г. Е. Ларина, А. В. Калинин и др. // Земледелие. 2019. № 4. С. 44–47. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10411.*

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства при выращивании овощной продукции применяют средства защиты растений, в том числе фунгициды для снижения потерь от грибных болезней [1, 2, 3, 4]. Томат – один из наиболее популярных овощей, употребляемых в свежем виде. Технология их выращивания предусматривает использование ассортимента препаратов против болезней культуры, один из которых системный фунгицид Превикур Энерджи, ВК (530 г/л пропамокарба гидрохлорида или карбамата + 310 г/л фосэтил алюминия). Он рекомендован к применению на томатах в дозе 3,0 л/га (до 4 обработок за сезон) против *Phycomycetes*, *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. [5]. Его используют в защищенном грунте для опрыскивания вегетирующих растений и полива (капельный) под корень через 2...3 дня после высадки рассады на постоянное место, последующие поливы осуществляют с интервалом 14 дней.

К качеству овощей, употребляемых в свежем виде, предъявляют особые требования [1]. По литературным данным период полуразложения ($ДТ_{50}$) карбамата в почве в условиях поля варьирует от 17 до 24 сут, в закрытом грунте – до 137 сут [6]. Пропамокарб гидрохлорида отличается высокой растворимостью в

1. Температура воздуха и сумма осадков в период вегетации томатов

Месяц	Декада	Сумма осадков, мм			Температура воздуха, °С		
		2015 г.	2016 г.	средне-многолетнее	2015 г.	2016 г.	средне-многолетнее
Июнь	1	18,1	21,9	17	19,4	15,5	16
	2	37,1	17,6	18	20,2	21,9	17
	3	71,3	0,6	20	20,5	25,1	18,1
	за месяц	126,5	40,1	55	20	20,8	17
Июль	1	23,8	7,3	22	21,5	22,1	18,9
	2	32,5	26,9	22	17,8	25,4	19,4
	3	10,6	36,2	21	22,1	24,3	19,1
	за месяц	66,9	70,4	65	20,5	23,9	19,1
Август	1	11	11	21	22	25,6	18,4
	2	3,9	72,5	18	18,8	20,4	17,2
	3	1,4	17,4	16	19,7	22	15,8
	за месяц	16,3	100,9	55	20,2	22,7	17,1

воде равной 1005 г/л, что повышает опасность его миграции в почве и поступление остаточных количеств в овощную продукцию. В случае опрыскивания препарат попадает непосредственно на вегетирующее растение и плоды. Карбамат устойчив к гидролизу в пределах pH от 4 до 9 и диапазоне температур 25...50 °С [7]. Поэтому важно оценивать безопасность продукции после проведения мероприятий по химической защите растений [2, 8].

Цель нашего исследования – оценка динамики остатков пропамокарба гидрохлорида в плодах томата, выращиваемого в открытом грунте.

Полевой эксперимент был заложен в 2015–2016 гг. на базе ФГБНУ Рязанский НИИСХ. Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими показателями: $pH_{вод}$ 5,8, содержание гумуса – 3,8 % (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора – 70 мг/кг, калия – 60 мг/кг (ГОСТ Р 54650-2011). Площадь опытной делянки – 25 м^2, расположение – рендомизированными блоками, повторность – четырехкратная. Материал для исследования томат сорта Белый налив, предшественник – капуста.

Обработку вегетирующих растений осуществляли системным фунгицидом Превикур Энерджи в дозе 3,0 л/га с помощью ранцевого пневматического опрыскивателя «Агротоп» путем полива под корень. Расход рабочей жидкости 2000 л/га. Препарат вносили ежегодно, дважды за сезон с интервалом 30 сут. В контроле фунгицид не применяли.

Отбор плодов томатов для определения остаточных количеств пропамокарба гидрохлорида в продукции проводили в «нулевой» срок – 0 (1) в день обработки, на 3, 5, 7, 10 сут после обработки. Инструментальный анализ растительных образцов выполняли в соответствии с МУК 4.1.1398-03 «Определение остаточных количеств пропамокарба гидрохлорида в воде, почве, капусте, огурцах и томатах газохроматографическим методом» на хроматографе “Кристалл 5000.1” с термоионным детектором (ТИД). Экстракцию действующего вещества (д.в.) из растительного материала осуществляли подкисленным метанолом, очистку экстракта – методом перераспределения в системе растворителей [3]. Процент извлечения соединения из плодов находился на уровне 87,3 %, доверительный интервал определения – ± 7,14 %, нижний предел обнаружения в растительной продукции – 1,0 мг/кг.

2. Характеристика метеоусловий в период отбора проб [9]

Срок наблюдений, сут	2015 г.			2016 г.		
	tв	*ОС*	*Wo*	*tв*	*ОС*	*Wo*
0 (день обработки)	20,5	0	65	23,9	0	65
3	22,63	19	76	16,4	4	75
5	20,19	0,3	75	17,36	0	67
7	24,44	0	64	17,16	0	72
10	19	3,8	69	22,68	8	65

Метеоусловия в годы исследований отличались от среднемноголетних (табл. 1). По температурному режиму вегетационные периоды в июле и августе были более теплыми, температура практически во всех декадах на 2...3 °С превышала среднемноголетние величины. По суммарному количеству выпавших осадков в июле 2015 и 2016 гг. не отличались от среднемноголетних, но они выпадали неравномерно – различия по отдельным декадам были значительными. Так, в 2015 г. вторая декада выдалась более дождливой (32,5 мм), третья – засушливой (10,6 мм), по сравнению со средними многолетними данными (22 и 21 мм соответственно). В 2016 г., наоборот, первая декада июля была сухой (7,3 мм), в третьей декаде осадков выпало в 1,5 раз больше нормы (36,2 мм). Август в 2015 г. был засушливым – за месяц выпало 16,3 мм осадков. В 2016 г., наоборот, количество выпавших осадков в 2 раза превысило норму (100,9 мм).

При анализе особенностей поведения остатков фунгицида в плодах томатов учитывали динамику среднесуточных показателей между сроками отбора: *tв* – температуры воздуха, °С; *ОС* – суммы осадков за период наблюдений, мм; *Wo* – относительная влажность воздуха, % (табл. 2).

Для описания изменения параметра скорости разложения (*k*) фунгицида в растительной продукции в результате физико-химической деструкции рассчитывали значения *k* (1) между сроками отбора, приняв за главные условия влияние температуры и влажности. Значения *k* (2) биологической деструкции определяли по разности средней скорости разложения остатков пропамокарба гидрохлорида за весь период наблюдений и *k* (1) [10]. По экспериментальным данным проведены расчеты характеристических параметров поведения остатков фунгицида в растительной продукции в разные периоды наблюдений с использованием моделей на основе регрессионных параметрических зависимостей – экспоненциальной, линейной, полиноминальной [6, 10].

Результаты исследований анализировали статистически в программе Microsoft Excel [11]. В таблицах и на рисунках приведены средние значения ($\bar{x}$), стандартное отклонение (*st*), коэффициент корреляции (*r*) и детерминации (R^2). При проверке статистических гипотез применяли критерий Стьюдента.

Для характеристики поведения остатков фунгицида в растительной продукции рассчитывали следующие показатели: период полуразложения от исходного количества – $ДТ_{50}$, разложение д.в. на 95 % от исходного количества – $ДТ_{95}$, разложение д.в. до санитарного уровня или МДУ – $ДТ_{сан}$ [7]. Согласно ГН 1.2.1323-03 для томатов МДУ не установлен, поэтому в наших расчетах $ДТ_{сан}$ был принят

3. Содержание остаточных количеств пропамокарба гидрохлорида в плодах томата

Вариант	Срок отбора пробы, сут после обработки	Содержание абсолютных остаточных количеств д.в., мг/кг	
		2015 г.	2016 г.
Опыт	0	3,45±0,86	11,4±2,85
	3	3,18±0,80	10,9±2,73
	5	2,72±0,68	11,2±2,80
	7	2,93±0,73	10,3±2,57
	10	1,76±0,44	8,67±2,17
Контроль (без применения фунгицида)	0, 3, 5, 7, 10	0	0

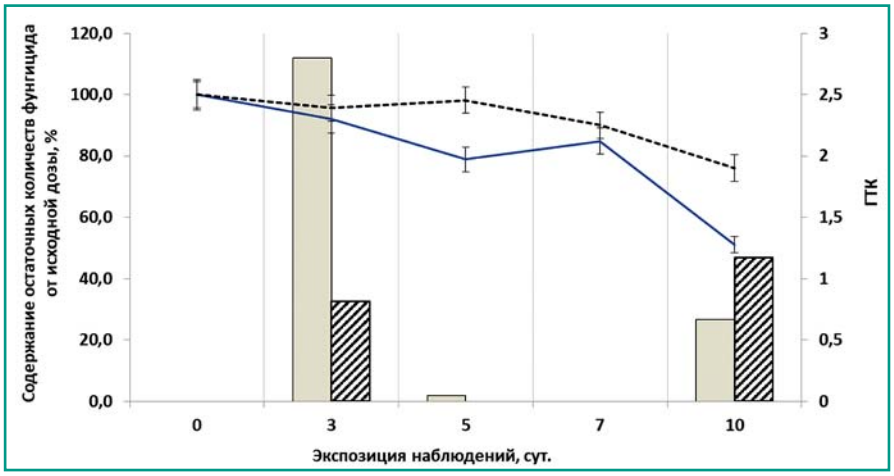

Рисунок. *Динамика остатков (ОК) пропамокарба гидрохлорида в плодах томата при выращивании в открытом грунте: ▭ – ГТК 2015 г.; ▨ – ГТК 2016 г.; —— – ОК 2015 г.; ----- – ОК 2016 г.*

за гигиенический уровень равный пределу обнаружения д.в. в растительной продукции – 1,0 мг/кг.

В 2015 г. абсолютное содержание остаточных количеств пропамокарба гидрохлорида в плодах томата в день обработки (0 сут) было на уровне 3,45 мг/кг, или 0,1 % от примененной дозы препарата (табл. 3). Через семь дней после последней обработки оно снизилось и составляло 2,93 мг/кг, или 0,09 %. На десятые сутки уровень остатков пропамокарб гидрохлорида не превышал 1,76 мг/кг, или 0,05 %.

В 2016 г. пропамокарба гидрохлорида в плодах томата в день обработки находилось на уровне 11,4 мг/кг, или 0,36 % от примененной дозы препарата. В течение следующих 7 дней величина этого показателя постепенно снижалась и на 10 сут составляла 8,67 мг/кг, или 0,27 %. Таким образом, не зависимо от погодных условий в плодах томатов после двукратного применения фунгицида в максимально разрешенной на овощных культурах дозе идентифицировали менее 0,4 % пропамокарба гидрохлорида.

В целом, скорость разложения действующего вещества фунгицида в 2016 г. была ниже, чем в 2015 г., что, по-видимому, связано с уровнем влагообеспеченности и локальным режимом осадков (см. рисунок) – в 2015 г. за июнь и июль выпало 193,4 мм осадков, за период наблюдений – 3,1 мм (ГТК составлял 0,05...2,80); в 2016 г. – 110,5 мм и 12 мм соответственно (ГТК был равен 0,80...1,17).

Разными исследователями показано, что деградация пропамокарба гидрохлорида в природе происходит несколькими путями: фотохимическим [12], химическим [13], а также и биологическим или ферментативным. В последнем случае благодаря активности разных видов бактерий из двух родов *Pseudomonas* и *Flavobacterium*, которые разрушают молекулу препарата, используя окислительный путь [14].

Расчеты параметра скорости разложения (*k*) остатков фунгицида в растительной продукции в разные периоды наблюдений продемонстрировали следующее: в 2015 г. было зафиксировано большее значение *k* (0,0611...0,0205 сут$^{-1}$), по сравнению с 2016 г. (*k*=0,0029...0,0249 сут$^{-1}$). Убыль остатков фунгицида из плодов в результате физико-химической деструкции происходила активнее (в 2015 г. вклад от 66 % до 75 %, в 2016 г. – 61...83 %), чем процесс биологического разрушения действующего вещества (17...39 % в разные годы наблюдений) (табл. 4). Анализ изменений абиотических условий окружающей среды (температура, сумма осадков, влажность воздуха) продемонстрировал увеличение физико-химического разложения фунгицида с ростом температуры (*r*=0,91...0,99) и снижением влажности воздуха (*r*=-0,72...-0,73).

На поведение остатков фунгицида в плодах томата и величину периода ожидания влиял комплекс факторов. Во-первых, пропамокарб гидрохлорида обладает гигроскопичными свойствами, его поглощают не только корни, но и побеги и листья растения. Во-вторых, он имеет довольно высокую упругость пара (0,87 мПа) и поэтому может поглощаться также в газообразном состоянии [7]. Нашими исследованиями показано, что в периоды обильных осадков, хорошо растворимые остатки препарата активнее поступают в плоды томатов. Дополнительно при высокой влажности воздуха (72...76 %) уменьшается транспирация (испаряемость с поверхности растения), что приводит к росту концентрации остатков фунгицид в плодах и сопровождается общим снижением скорости разложения пропамокарба гидрохлорида, особенно по схеме физико-химического разрушения, наименьшие величины которого в 2015 г. зафиксированы на 5...7 сут., в 2016 г. – на 3...5 сут.

4. Изменение скорости разложения пропамокарба гидрохлорида в плодах томатов

Год	Экспозиция, сут	Скорость разложения пропамокарба гидрохлорида (сут$^{-1}$)		
		общая (*k*)	физико-химическая (*k* (1))	биологическая (*k* (2))
2015	3...5	0,0396	0,026	0,0136
	5...7	0,0205	<0,0001	0,0200
	7...10	0,0611	0,0461	0,0149
	$\bar{x}\pm st$	0,0370±0,0150	0,0230±0,0200	0,0150±0,0110
2016	3...5	0,0029	<0,0001	0,0020
	5...7	0,0132	0,011	0,0022
	7...10	0,0249	0,0153	0,0096
	$\bar{x}\pm st$	0,0140±0,0080	0,0090±0,0080	0,0050±0,0040

После проведения процедуры экстраполяции содержания остаточных количеств пропамокарба гидрохлорида в плодах томатов методами параметрических регрессионных зависимостей было получено описание поведения остатков фунгицида в растительной продукции (табл. 5): по модели полиноминальной регрессии – R^2=0,89...0,93, линейной – R^2=0,74...0,81 и экспоненциальной – R^2=0,72...0,76.

5. Регрессионные модели описания поведения пропамокарба гидрохлорида в плодах томатов в разные годы наблюдений

Модель	2015 г.		2016 г.	
	уравнение	R^2	уравнение	R^2
Линейная	y=-3,9419x+103,46	0,81	y=-1,9483x+102,89	0,74
Экспоненциальная	$y=106{,}99e^{-0{,}053x}$	0,76	$y=103{,}64e^{-0{,}022x}$	0,72
Полиноминальная	$y=-0{,}3966x^2-0{,}5472x+98{,}826$	0,89	$y=-0{,}3545x^2+1{,}3972x+97{,}761$	0,93

Рассчитанные экологические показатели поведения фунгицида в растительной продукции с применением имитационных моделей по экспоненциальной модели характеризовались $ДТ_{50}$=13...26 сут, $ДТ_{95}$=56...114 сут. По линейной модели величина показателя $ДТ_{95}$ была ниже, чем по экспо-

6. Характеристика поведения пропамокарба гидрохлорида в растительной продукции в разные годы наблюдений, сут

Модель	2015 г.			2016 г.		
	$ДТ_{50}$	$ДТ_{95}$	$ДТ_{сан}$	$ДТ_{50}$	$ДТ_{95}$	$ДТ_{сан}$
Линейная	13,4	24,8	2,5	26,8	50,5	5,2
Экспоненциальная	13,1	56,0	6,8	26,6	18,8	4,5
Полиноминальная	10,4...11,8	14,3...15,7	1,4...1,6	9,7...13,7	10,4...11,8	1,4...1,8

ненциальной. По прогнозу с помощью «лучшей» имитационной модели – полиноминальной – значения $ДТ_{50}$ пропамокарба гидрохлорида составило 9...13 сут, $ДТ_{95}$ 14...15 сут (табл. 6).

Период ожидания для пропамокарба гидрохлорида в плодах томатов не превысил десятисуточного периода наблюдений. Расчетные величины $ДТ_{сан}$ в зависимости от имитационной модели, характеризующей поведения фунгицида, составляли 1,4...6,8 сут.

Таким образом, использование фунгицида Превикур Энерджи, ВК на томатах, выращиваемых в открытом грунте, экологически безопасно с соблюдением условий применения препарата и периода ожидания. В условиях дефицита влаги после двукратной обработки поступление фунгицида в растение было на 25 % выше (в 2015 г. – 11 %, в 2016 г. – 36 % от внесенной дозы). В 2016 г. остаточные количества действующего вещества препарата в растительной продукции разрушались медленнее, чем в 2015 г. при совпадении характера убывания остатков в продукции (r>0,89). Различия объясняются влиянием не только доступной растениям влаги, поступающей с осадками (r=-0,74...-0,81), но и комбинацией совместного действия влаги и высоких температур воздуха (r=-0,64...-0,73), которые ускоряли процесс разрушения остатков фунгицида в плодах.

Литература.

1. Зубков А. Ф. Агробиоценологическая модернизация защиты растений // Вестник защиты растений (Приложения к журналу). Санкт-Петербург: ВИЗР, 2014. № 12. 116 с.

2. Дорожкина Л. А., Добрева Н. И., Коваленко А. С. Качество продукции и экологизация сельскохозяйственного производства // Актуальные вопросы товароведения, безопасности товаров и экономики: сб. научных статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Коломна: Государственный социально-гуманитарный университет, 2018. С. 115–120.

3. Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды: сборник методических указаний. Вып. 3. Ч. 3. МУК 4.1.1395–1398-03. М.: Минздрав России. 2004. С. 28–35.

4. Ларина Г. Е. Экологическое состояние почвы сельскохозяйственного назначения: индикация и прогноз // Агро XXI. 2010. № 4-6. С. 47.

5. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации 2019. [Электронный ресурс]. URL. https://www.agroxxi.ru/goshandbook/prep/previkur-yenerdzhi-vk.html (дата обращения 02.05.2019).

6. Dissipation kinetic studies of fenamidone and propamocarb in vegetables under greenhouse conditions using liquid and gas chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry / R. López-Ruiz, R. Romero-González, B. Serra et al. // Chemosphere. 2019. No. 226. Pp. 36–46.

7. Майер-Боде Г. Гербициды и их остатки / под ред. Н. Н. Мельникова. М.: Изд-во Мир, 1972. 560 с.

8. Использование нового метода пробоподготовки «QuEChERS» для определения остаточных количеств пестицидов в целях мониторинга экологической безопасности импортируемой плодоовощной продукции в Российскую Федерацию / Д. А. Колунтаев, П. Е. Пузырьков, В. Л. Сухова и др. // Агро XXI. 2011. №10-12. С. 24–27.

9. Архив погоды в Рязани. [Электронный ресурс]. URL. http://meteo9.ru/архив_погоды_в_рязани/ct8X (дата обращения 02.05.2019).

10. Ларина Г. Е. Комплексная оценка действия гербицидов на компоненты агроценоза // Агрохимия. 2002. № 4. С. 64–74.

11. Бараз В. Р., Пегашкин В. Ф. Использование MS Excel для анализа статистических данных: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2014. 181 с.

12. Lopez-Alvarez B., Torres-Palma R.A., Penuela G. Solar photocatalytic treatment of carbofuran at lab and pilot scale: effects of classical parameters, evaluation of the toxicity and analysis of organics by products // J. Hazard. Mater. 2011. No. 191. Pp. 196–203.

13. Role of pyrite in formation of hydroxyl radical in coal: possible implications for human health / C. A. Cohn, R. Laffers, S. R. Simon et al. // Part. Fiber Technol. 2006. No. 3. Pp. 16–26.

14. Chaudry G. R., Ali A. N. Bacterial metabolism of carbofuran // Appl. Environ. Microbiol. 1988. No. 54. Pp. 1414–1419.

Dynamics of Propamocarb Hydrochloride Decomposition on Application of Previkur Energy on Tomato Plants

L. M. Poddymkina[1], G. E Larina[2], A. V. Kalinin[1], Kh. Mokhamad[1]

[1]Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskaya, 49, Moskva, 127550, Russian Federation

[2]All-Russian Research Institute of Phytopathology, ul. Institut, vl. 5, r.p. Bol'shie Vyazemy, Odintsovskii r-n, Moskovskaya obl.,143050, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the study was to assess the environmental safety of plant products by the content of propamocarb hydrochloride residues in the Solanum lycopersicum fruits of Bely Naliv variety, grown in open ground. A field experiment was established in 2015–2016 on an experimental plot in the Ryazan region on dark-grey forest heavy loam soil. The treatment of vegetating plants was carried out with Previkur Energy systemic fungicide at a dose of 3.0 L/ha with the help of Agrotop portable pneumatic sprayer by irrigating at the root. Working fluid consumption was 2000 L/ha. The preparation was applied annually, twice per season with an interval of 30 days. In the control, the fungicide was not used. In plant samples, the fungicide residues were determined by a gas chromatography method (Crystal 5000.1 chromatograph with a thermionic detector). The extraction of the active substance from tomato fruits was carried out by the redistribution method in a solvent system (the amount of the extracted compound from the fruit was 87%). In tomato fruits, less than 0.4% propamocarb hydrochloride was extracted on the tenth day after the application of the fungicide in the maximum allowed dose of 3.0 L/ha in vegetable crops (2 treatments per season). The rate of decomposition of propamocarb hydrochloride residues in tomato fruits increased with increasing ambient temperature and reducing precipitation (or moisture available for plants). Under conditions of moisture deficiency, the content of the fungicide residues was higher by 25% than over the same period in a wetter year. The waiting period for propamocarb hydrochloride in tomato fruits did not exceed the ten-day observation period and was 1.4–6.8 days. The extrapolation procedure of the content of residual amounts of propamocarb hydrochloride in tomato fruits over the observation period was performed using regression parametric dependencies. The mathematical description of the behavior of fungicide residues in plant products was obtained using the models of the polynomial (R2 = 0.89–0.93), linear (R2 = 0.74–0.81) and exponential (R2 = 0.72–0.76) regression.*

Keywords: *propamocarb hydrochloride; carbamate; tomato (Solanum lycopersicum); fungicide; residual amount; open ground; decomposition; regression model; waiting period.*

Author Details: *L. M. Poddymkina, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: poddimkina@gmail.com); G. E Larina, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: gala.larina@mail.ru); A. V. Kalinin, junior research fellow, (e-mail: Alexvkalinin@gmail.ru); Kh. Mokhamad, post graduate student.*

For citation: *Poddymkina L. M., Larina G. E., Kalinin A. V., Mokhamad Kh. Dynamics of Propamocarb Hydrochloride Decomposition on Application of Previkur Energy on Tomato Plants. Zemledelije. 2019. No. 4. Pp. 44–47(in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-104011.*

Правильный выбор в защите семян

Потенциал сорта начинается с семенного материала. Сельхозпроизводители традиционно стараются обновлять семенной фонд, тратя на это серьезные средства, порой не заботясь о защите своих инвестиций.

Все чаще на посевах озимых зерновых культур агрономы сталкиваются с проблемой инфекционного выпревания. Основные возбудители — *Fusarium nivale (Microdochium nivale), Sclerotinia borealis, Typhula incarnata, T. idahoensis* и др. Из характерных симптомов болезни обязательно наличие мицелия грибов, склероциев либо конидиального спороношения на живых и мертвых частях растений. Предпосылки для развития инфекции: размещение озимых по зерновым и кукурузе, расположение посевов в пониженных местах, повышенные дозы азотных удобрений, высокая влажность воздуха при относительно низкой температуре весной и загущенные посевы, снежный покров, который лег на еще не замерзшую почву.

Контролировать данные почвенные инфекции можно обработкой семян, но подходить к выбору продукта и его действующих веществ стоит основательно. Триазольные продукты — исключительно системные продукты, они передвигаются от семени и семенного ложе через корни и ксилему растения в новый прирост, обеспечивая в первую очередь защиту от семенной инфекции и корневых гнилей фузариозной и гельминтоспориозной этиологии.

Защитить потенциал сорта от почвенных патогенов, в т. ч. снежной плесени, смогут протравители на основе флудиоксонила — контактного действующего вещества, которое малоподвижно в растении и стабильно в почве. Его фунгицидная основа в силу физико-химических свойств направлена на подавление семенной и почвенной инфекции.

Злаковые мухи, особенно гессенская и шведская, являются одними из самых опасных вредителей озимых зерновых. Яйца откладывают на молодые растения, имеющие не более двух-трех листьев, и способны производить два поколения в год — в северных регионах, три – в центрально-черноземных и в Сибири и до пяти поколений — на юге. Личинки повреждают всходы яровых и озимых культур, вызывая гибель главного или придаточного стеблей; личинки 2–3-го поколения могут повреждать созревающие зерна, что вызывает их щуплость и потерю всхожести.

В Южном федеральном округе значительный вред озимым также причиняет жужелица. Она живет в почве, проделывая норки рядом с молодыми растениями, ночью выползает и питается сначала всходами падалицы злаков, затем всходами озимых. Поврежденные растения имеют измочаленный вид, а при значительной численности личинок появляются плеши в поле. Сильнее повреждаются всходы в условиях засухи.

Распространенным приемом блокирования заболеваний и вредителей в посеве на ранних стадиях развития озимых культур является комбинированная обработка семян фунгицидным и инсектицидным препаратами в одной баковой смеси. Основной недостаток применения баковых смесей — химическая несовместимость различных препаратов, т. к. кроме действующих веществ в каждой из канистр находится уникальный набор стабилизирующих химических компонентов для эффективного нанесения на семена. При попадании компонентов другого препарата химическое равновесие нарушается. Происходит выпадение препаратов в осадок, образование хлопьев и пены, что затрудняет рабочий процесс обработки семян и снижает эффективность СЗР в поле. Также при составлении баковых смесей не исключены ошибки оператора.

Посевному материалу необходима серьезная защита без негативных последствий от применения препарата. Одним из готовых решений компании «Сингента» является продукт СЕЛЕСТ® МАКС. В отличие от других многокомпонентных препаратов, в нем содержатся как системное, так и контактное фунгицидное действующие вещества для контроля семенной и почвенной инфекции и высокосистемный инсектицид с широким спектром действия на вредителей, включая жужелицу, злаковых мух, проволочника и др.

Кроме безупречной защиты от комплекса вредителей и болезней СЕЛЕСТ® МАКС благоприятно влияет на биологические процессы на начальных стадиях роста культуры, стимулируя выработку специфических белков-антистрессантов, которые отвечают за иммунитет растения и позволяют противостоять основным стресс-факторам: засухе, засолению почвы, перепадам температуры. Все это положительно сказывается на реализации генетического потенциала сорта и повышении рентабельности производства (см. табл.).

Надежно блокируя развитие фузариозов на стадии всходов — кущения, СЕЛЕСТ® МАКС позволяет подавлять перезаражение фузариозом колоса в стадии колошения, резко снижая накопление микотоксинов в зерне (микотоксины сильно влияют на качество урожая и на стоимость его реализации).

Немаловажным фактором при производстве продукта является его формуляция. Создание «рецепта» заранее определяют такие показатели, как равномерность нанесения продукта на семена, его сохранность при технологических перемещениях (на складе через погрузчики, при транспортировке в поле, засыпании в высевающие машины и т. д.). Начиная с 2012 года «Сингента» выпускает все свои продукты для защиты семян по уникальной технологии «Формула М». При длительных технологических операциях по доставке семенного материала со склада в поле продукты компании «Сингента» не осыпаются с семян, чем обеспечивается сохранность дозировки продукта и его биологическая эффективность в полевых условиях.

Преимущества применения инновационного препарата для защиты семян СЕЛЕСТ® МАКС:

- в готовом продукте содержится оптимальная концентрация действующих веществ, позволяющих блокировать широкий спектр вредителей и болезней; исключены ошибки при приготовлении баковых смесей;
- защита посевов не только от семенной, но и от почвенной инфекции;
- снижение наличия микотоксинов в урожае;
- защита посевов от вредителей в самую уязвимую фазу роста, даже в условиях засухи;
- надежная сохранность препарата на семенах с момента обработки до высева в почву благодаря запатентованной технологии «Формула М»;
- эффект жизненной силы препарата СЕЛЕСТ® МАКС позволяет зерновым быстрее проходить уязвимые фазы развития на начальных этапах роста, формировать мощный узел кущения и продуктивный стеблестой.

Хозяйственная эффективность препаратов для обработки семян озимой пшеницы (Краснодарский край, озимая пшеница, сорт Гром, станция исследований «Сингенты», 2016–2018 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.
СЕЛЕСТ® МАКС 1,75 л/т	57,2	68,5	68,4
Два триазола + неоникотиноид	53,5	64,7	63,9

$НСР_{05}$ = 1,3.

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®

4.2019

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust
crop protection

СИЛА КОРНЕЙ
НА СТРАЖЕ УРОЖАЯ

Инновационный инсектофунгицид для длительной защиты семян зерновых от всех болезней корней и вредителей

Вайбранс® Интеграл

syngenta®

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

Загрузите в App Store

ДОСТУПНО В Google Play

Скачайте приложение **«Сингента Россия»**

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2019. № 4.1 - 48. Индекс 70329.