8.2019

ISSN 0044-3913

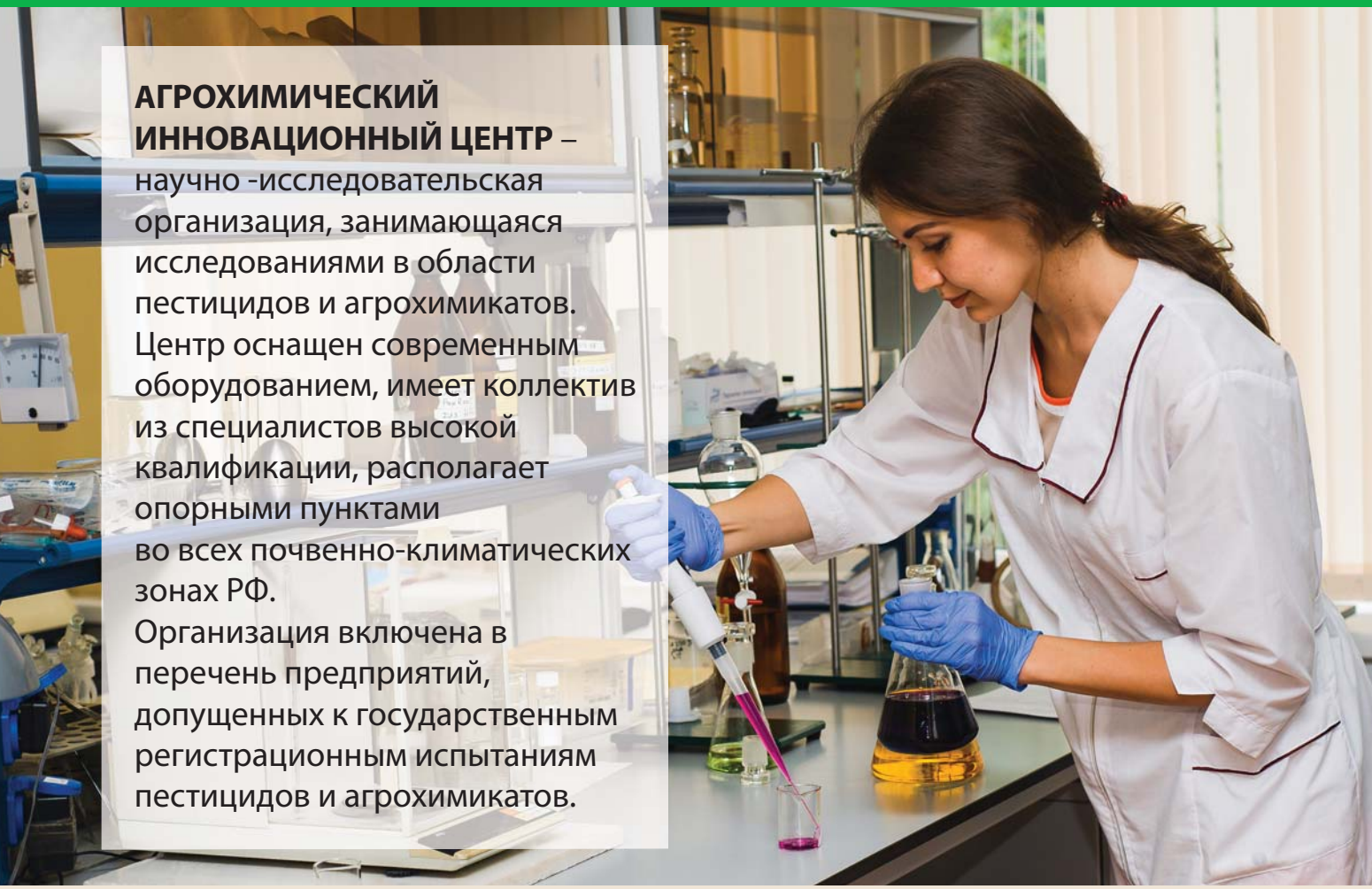
ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust
crop protection

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА



АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР – научно -исследовательская организация, занимающаяся исследованиями в области пестицидов и агрохимикатов. Центр оснащен современным оборудованием, имеет коллектив из специалистов высокой квалификации, располагает опорными пунктами во всех почвенно-климатических зонах РФ.
Организация включена в перечень предприятий, допущенных к государственным регистрационным испытаниям пестицидов и агрохимикатов.

АИЦ
АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

НАШИ ВОЗМОЖНОСТИ

- ☑ **РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ПРОГРАММ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.**
- ☑ **ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРТНЫХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.**
- ☑ **АНАЛИЗ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ.**
- ☑ **ПРОВЕДЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.**
- ☑ **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЯХ И УРОЖАЕ.**
- ☑ **ВЫПУСК СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕСТИЦИДОВ.**

+7 (495) 610–71–45 МОСКВА, КОСТЯКОВА 12 INFO@ANO-AIC.RU

8.2019 НОЯБРЬ–ДЕКАБРЬ

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

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО FIELD CROPS

Н. А. Зеленский, Г. М. Зеленская, А. А. Абрамов. Приемы биологизации при возделывании кукурузы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области 3

N. A. Zelensky, G. M. Zelenskaya, A. A. Abramov. Biologization Methods in the Corn Cultivation on Light Grey Forest Soils of the Nizhny Novgorod Region

Д. В. Пургин, В. И. Усенко, В. И. Кравченко, А. А. Гаркуша, С. В. Усенко, В. П. Олешко. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации 8

D. V. Purgin, V. I. Usenko, V. I. Kravchenko, A. A. Garkusha, S. V. Usenko, V. P. Oleshko. Crop Infestation in the Grain-Fallow Crop Rotation Depending on Tillage Method and Chemicalization Means Used

И. И. Гуреев. Минимизация энергоёмкости адаптивных рабочих органов сеялок на прямом посеве зерновых культур 14

I. I. Gureev. Minimization of Energy Capacity of Adaptive Working Bodies of Seeders at the Direct Seeding of Cereals

ПЛОДОРОДИЕ FERTILITY

М. В. Рублюк, Д. А. Иванов, О. В. Карасева. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы и урожайности озимой ржи в зависимости от агроландшафтов гумидной зоны 18

M. V. Rublyuk, D. A. Ivanov, O. V. Karaseva. Changes in the Properties of Sod-Podzolic Soil and Winter Rye Yield Depending of the Agrolandscapes of the Humid Zone

В. П. Власенко, А. В. Осипов, Е. Д. Федащук. Динамика порового пространства и агрегатного состава почв Северо-Западного Кавказа при развитии гидро-метаморфизма 21

V. P. Vlasenko, A. V. Osipov, E. D. Fedashhuk. Dynamics of Pore Volume and Aggregate Composition of Soils in the North-Western Caucasus at the Development of Hydrometamorphism

Н. П. Масютенко, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко, М. А. Припутнева. Связь показателей гумусного состояния чернозема типичного с урожайностью озимой пшеницы 26

N. P. Masyutenko, A. V. Kuznetsov, M. N. Masyutenko, M. A. Priputneva. Relationship of the Humus State Indicators of Typical Chernozem with Winter Wheat Yield

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» 105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28, строение 10
Тел.: +7 (495) 786-77-14

Подписано в печать 12.11.19
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

СОРТА И СЕМЕНА / GRADES AND SEEDS

А. В. Алабушев, С. А. Игнатьев, Т. В. Грязева, Н. Г. Игнатьева, А. А. Регидин. Продуктивность сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения и качество произведенного из них корма **30**

A. V. Alabushev, S. A. Ignat'ev, T. V. Gryazeva, N. G. Ignat'eva, A. A. Regidin. Productivity of Sainfoin and Alfalfa Varieties of Haymaking Purpose and Quality of Feed from Them **30**

А. И. Усков, Д. В. Кравченко, Л. Б. Ускова, П. А. Галушка, А. А.Замятнин, М. В.Скулачев. Регуляция физиологического старения культуры картофеля **33**

A. I. Uskov, D. V. Kravchenko, L. B. Uskova, P. A. Galushka, A. A. Zamyatnin, M. V. Skulachev. Regulation of Physiological Aging of Potato Culture **33**

А. В. Алабушев, А. А. Донцова, Е. Г. Филиппов, Д. П. Донцов, И. Н. Перчук, С. Б. Архимандритова. Влияние нуклеотидного полиморфизма гена *sdw1/denso* на изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков озимого ячменя **38**

A. V. Alabushev, A. A. Dontsova, E. G. Filippov, D. P. Dontsov, I. N. Perchuk, S. B. Arkhimandritova. Effect of Nucleotide Polymorphism of *sdw1/denso* Gene on the Variability of the Main Economically Valuable Traits of Winter Barley **38**

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ / PLANT PROTECTION

Н. Н. Глазунова, Ю. А. Безгина, Л. В. Мазницына, Е. В. Харченко. Эффективность биологической защиты озимой пшеницы от вредителей **44**

N. N. Glazunova, Yu. A. Bezgina, L. V. Maznitsyna, E. V. Kharchenko. Efficiency of Biological Protection of Winter Wheat against Pests **44**

Уважаемый Равиль Файзрахманович!

Коллектив редакции журнала «Земледелие» поздравляет Вас с избранием в действительные члены Российской академии наук!

От всей души желаем Вам крепкого здоровья, благополучия, новых творческих успехов и неиссякаемой энергии в достижении поставленных целей на благо российской науки!

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801
УДК 631.11:633.15

Приемы биологизации при возделывании кукурузы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области

Н. А. ЗЕЛЕНСКИЙ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Г. М. ЗЕЛЕНСКАЯ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. А. АБРАМОВ, аспирант
Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкова, 24, пос. Персиановский, Октябрьский р-н, Ростовская обл., 346493, Российская Федерация

Исследования проводили на светло-серых лесных легкосуглинистых почвах Нижегородской области, содержание гумуса – низкое (1,5 %), подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – высокое (251 мг/кг) и повышенное (180 мг/кг) соответственно при слабокислой реакции почвенного раствора (pH = 5,2). Цель работы – изучение влияния почвопокровной сидеральной культуры (двухлетнего донника желтого) на урожайность зерна кукурузы при различных технологиях обработки почвы. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: почвопокровная сидеральная культура (фактор А) – без почвопокровной культуры (контроль); донник желтый с измельчением и разбрасыванием в III декаде апреля при отрастании до высоты стебля 10...12 см; донник желтый с измельчением и разбрасыванием во II декаде мая при вступлении растений в фазу начала ветвления стебля; обработка почвы (фактор В) – минимальная или поверхностная (mini-till), включающая дискование в два следа БДТ-3 на глубину 6...8 см, культивацию КПС-4 на 6...8 см, посев СУПН-8 на 6...8 см, прикатывание ЗККШ-6; нулевая или прямой посев (No-till), включающая опрыскивание гербицидом Торнадо 500 в норме 3,5 л/га, посев сеялкой Жерарди-117. Использование в качестве сидерата донника желтого обеспечило поступление в почву 3,38...4,54 т/га сухой растительной биомассы, содержащей 67,2...89,9 кг азота, 15,0...20,5 кг фосфора, 34,6...46,1 кг калия. Благодаря формированию мощной корневой системы (16,7...18,0 см^3 в расчете на 1 растение), которая после отмирания донника выполняет роль «биодренажа», улучшаются агрофизические свойства почвы, в частности возрастает ее влагоудерживающая способность. В сочетании с No-till использование донника желтого в качестве сидерата при скашивании в III декаде апреля повышало урожайность зерна кукурузы до 7,75 т/га, что было на 2,02 т/га (35,3 %) выше, чем в контроле без сидерата с поверхностной обработкой почвы.

Ключевые слова: *почвопокровная культура, органическое вещество, прямой посев, биодрены, кукуруза на зерно.*

Для цитирования: *Зеленский Н. А., Зеленская Г. М., Абрамов А. А. Приемы биологизации при возделывании кукурузы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области // Земледелие. 2019. № 8. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.*

Нижегородская область – динамично развивающийся регион Российской Федерации с высокоразвитым стабильным сельскохозяйственным производством и мощной промышленностью. Среди основных направлений развития растениеводческой отрасли сельского хозяйства области можно назвать выращивание зерновых культур, картофеля, овощей, масличных и кормовых культур. Несмотря на сбалансированное производство, во многих хозяйствах региона резко обострились проблемы с плодородием почвы, связанные с такими деградационными процессами, как водная эрозия, интенсивная минерализация органического вещества, переуплотнение и подтопление.

Основные причины развивающихся негативных процессов – резкое (на порядок) снижение объемов применения минеральных и особенно органических удобрений и увеличение площадей с интенсивной отвальной основной обработкой серых лесных почв, что привело к ухудшению водного и воздушного режимов, снижению до критического уровня их водопроницаемости [1].

Низкий уровень применения органических удобрений во многих хозяйствах Нижегородской области обусловлен не столько дефицитом навоза, сколько экономическими причинами. К сожалению, из-за высоких затрат на транспортировку его чаще всего вносят только на близко расположенных от мест производства (на расстоянии не более 3 км) участках. На более удаленных полях низкий уровень применения удобрений обусловливает недостаточную компенсацию выноса элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур и усиление деградации почв [2].

В Волго-Вятском регионе, в который входит Нижегородская область, несмотря на значительное разнообразие природных ландшафтов, различающихся по рельефу и лесистости территории, практически повсеместно используют энергозатратную отвальную обработку почвы, которая предусматривает применение тяжелой техники [3]. В современных условиях это не оправдано ни с экономической, ни с агротехнической точки зрения. В мире и в России, в частности, все большее распространение получают минимальные и нулевые (прямой посев или No-till) технологии [4]. Они дают возможность не только рационально использовать, но и восстанавливать основные природные ресурсы – почвенную влагу и непосредственно почву.

Для обеспечения высокой эффективности технологий прямого посева недостаточно просто перестать обрабатывать почву. Важно еще разработать правильный плодосменный севооборот, рассчитать необходимые дозы удобрений и обеспечить надлежащий контроль сорняков, вредителей и болезней [5, 6, 7].

Технологии прямого посева предполагают широкое использование почвопокровных сидеральных культур как неотъемлемого компонента плодосмена. Большого внимания заслуживают многолетние бобовые травы. Одна из эффективных сидеральных культур – донник желтый, который не занимает отдельного поля севооборота, а развивается в наиболее эрозионно-опасный период – от уборки предшественника до посева следующей культуры севооборота весной [8].

Цель работы – изучение влияния двухлетнего донника желтого в ка-

1. Формирование биомассы донника на втором году жизни (среднее за 2014–2017 гг.)

Срок использования донника на сидерат	Корневая система среднего растения			Биологическая урожайность, т/га сухого вещества		
	диаметр зоны кущения, мм	диаметр корня на глубине 0...40 см, мм	объем корней в слое почвы 0...40 см, см^3	надземная масса	масса корней в слое 0...40 см	всего
III декада апреля	10,4	2,5	16,7	1,48	1,90	3,38
II декада мая	11,2	3,3	18,0	2,35	2,19	4,54

честве почвопокровной сидеральной культуры при различных технологиях обработки почвы на урожайность зерна кукурузы в условиях Нижегородской области.

Исследования проводили на базе ООО «Агрофирма «Искра» Богородского района в 2014–2017 гг. Почвенный покров опытного участка представлен светло-серыми лесными почвами, легкосуглинистыми по гранулометрическому составу, характеризующимися низким содержанием гумуса (1,5 %), обеспеченность подвижным фосфором и калием (по Кирсанову) – соответственно 251 и 180 мг/кг, реакция почвенного раствора – слабокислая (pH 5,2).

Донник желтый высевали в бинарном посеве с яровым ячменем. После уборки ярового ячменя он продолжал вегетировать, а на втором году жизни его использовали в качестве сидерата.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов:

почвопокровная сидеральная культура (фактор А) – без почвопокровной культуры (контроль); донник желтый с измельчением и разбрасыванием в III декаде апреля при отрастании до высоты стебля 10...12 см; донник желтый с измельчением и разбрасыванием во II декаде мая при вступлении растений в фазу начала ветвления стебля;

обработка почвы (фактор В) – минимальная или поверхностная (mini-till), включающая дискование в два следа БДТ-3 на глубину 6...8 см, культивацию КПС-4 на глубину 6...8 см, посев СУПН-8 на глубину 6...8 см, прикатывание ЗККШ-6; нулевая, или прямой посев (No-till), предусматривающая опрыскивание гербицидом Торнадо 500 в норме 3,5 л/га, посев сеялкой Жерарди-117.

Повторность опыта трехкратная, общая площадь делянки – 450 м^2, учетная – 150 м^2.

В результате исследований установлено, что двухлетний донник оказывает значительное влияние на обогащение почвы свежим органическим веществом в виде растительных и корневых остатков, которые служат энергетическим материалом для почвенной биоты (табл. 1). Кроме того, он улучшает ее агрофизические свойства. Корневая система донника выполняет роль биодренажа, благодаря которому разрушается «плужная подошва» в корнеобитаемом слое почвы. После отмирания растений в почве остаются «ходы» от корней, сохраняющиеся при технологии прямого посева, по которым влага и воздух поступают в более глубокие слои почвы [9]. В среднем объем корней каждого растения донника на втором году жизни в слое 0...40 см превышал 17 см^3. Максимальное в опыте формирование растительной массы отмечали в варианте с вегетацией до II декады мая – 4,54 т/га.

По содержанию азота, фосфора и калия в растительной массе донника различий между вариантами опыта не обнаружено. Однако в варианте с вегетацией растений до второй декады мая в почву поступило больше доступных элементов питания. Так, при скашивании донника в третьей декаде апреля в почву поступало 67,2 кг/га азота (N), 15,0 фосфора (P_2O_5), 34,6 кг/га калия (K_2O), а в варианте с вегетацией растений до второй декады мая – соответственно 89,9, 20,5 и 46,1 кг/га.

При использовании донника желтого в качестве сидерата в сочетании с технологией прямого посева создаются благоприятные условия для повышения эффективного плодородия почвы и увеличения урожайности кукурузы.

Кукурузу на зерно в условиях Нижегородской области возделывают не очень давно, однако передовой опыт свидетельствует о том, что почвенно-климатические условия обеспечивают реализацию потенциальных возможностей этой зерновой культуры. Наиболее действенные факторы, обеспечивающие стабильную урожайность зерна кукурузы в регионе – оптимальные питательный, тепловой и водный режимы, которые во многом зависят от технологии обработки почвы.

2. Содержание доступной влаги в почве перед посевом и полевая всхожесть семян кукурузы в зависимости от технологии возделывания

Почвопокровная культура (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Запас влаги в слое почвы 0...40 см, мм	Период посев–всходы, дни	Полевая всхожесть семян	
				шт./м^2	%
Без покровной культуры (контроль)	mini-till	36,8	13	5,5	84,6
	no-till	46,1	14	5,3	81,5
Донник желтый (III декада апреля)	mini-till	24,7	17	5,1	78,5
	no-till	26,9	19	5,4	83,1
Донник желтый (II декада мая)	mini-till	21,6	16	4,8	73,8
	no-till	25,1	19	5,2	80,0

Результаты наших исследований не подтверждают утвердившееся мнение о том, что покровная культура донника желтого на сидерат сильно иссушает почву перед уборкой (табл. 2). Большая масса корней растений этой культуры, находящихся в слое 0...40 см (до 2 т/га сухого вещества), а также биодрены объемом более 3,5 тыс. см^3/м^2 сильно повышают влагоудерживающую способность почвы.

3. Динамика запасов доступной влаги в почве в посевах кукурузы в зависимости от технологии возделывания, мм

Почвопокровная культура (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Выметывание		Молочная спелость		Полная спелость	
		0...40 см	0...100 см	0...40 см	0...100 см	0...40 см	0...100 см
Без покровной культуры (контроль)	mini-till	24,9	88,1	16,4	61,6	11,6	49,2
	no-till	27,6	93,9	18,9	78,5	15,3	58,4
Донник желтый (III декада апреля)	mini-till	20,8	78,6	19,3	69,8	24,5	53,9
	no-till	24,5	85,9	23,1	81,3	27,8	61,7
Донник желтый (II декада мая)	mini-till	19,1	68,7	15,7	64,1	21,3	52,0
	no-till	22,3	73,9	21,2	80,6	24,5	60,1

В вариантах с использованием донника на сидерат запас доступной влаги в слое 0...40 см при технологии прямого посева был на 2,2...3,5 мм больше, чем при поверхностной обработке. Это обеспечило увеличение полевой всхожести семян кукурузы на 4,6...6,2 %.

Следует отметить, что в вариантах с технологией прямого посева всходы кукурузы появились на 6 дней позже, чем в контроле. Это объясняется тем, что почва в вариантах с донником в весенний период прогревается медленнее. Так, перед посевом кукурузы ее температура на глубине 6 см в контроле составляла 14 °С, а при выращивании покровной культуры с последующим использованием технологии прямого посева – на 2,3...2,7 °С ниже.

4. Урожайность кукурузы в зависимости от технологии возделывания (средняя за 2015–2017 гг.)

Почвопокровная культура (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка	
			т/га	%
Без покровной культуры (контроль)	mini-till	5,73	–	–
	no-till	5,98	0,25	4,4
Донник желтый (III декада апреля)	mini-till	6,43	0,70	12,2
	no-till	7,75	2,02	35,3
Донник желтый (II декада мая)	mini-till	6,24	0,51	8,9
	no-till	6,87	1,14	19,9
$НСР_{05}$ АВ		0,84		

Кукуруза по биологическим особенностям относится к засухоустойчивым теплолюбивым растениям, но при формировании оптимального водного режима почвы она способна полнее реализовывать свой высокий генетический потенциал. Применение различных технологий возделывания кукурузы позволило определить наличие значительных резервов сохранения и рационального использования влаги в период вегетации (табл. 3).

Использование в качестве сидеральной культуры донника в сочетании с технологией прямого посева обеспечивает более рациональное использование влаги в течение всего периода вегетации кукурузы. Например, запас доступной влаги в почве от посева до фазы выметывания в контроле был выше, чем в вариантах с донником на сидерат, как при минимальной обработке, так и при прямом посеве. Однако со второй половины вегетации величина этого показателя при использовании технологии прямого посева была выше, чем в контроле, в фазе молочной спелости зерна на 12,5...19,7 мм, полной – на 10,9...19,0 мм.

Лучшая влагообеспеченность растений кукурузы в период налива зерна обеспечила формирование высокой урожайности (табл. 4).

Применение технологии прямого посева во всех изучаемых вариантах опыта обеспечило повышение урожайности кукурузы. При этом следует отметить, что в контроле без покровной культуры прибавка составила 0,25 т/га, или 4,4 %, а в варианте с почвопокровной культурой в сочетании с технологией прямого посева урожайность кукурузы увеличивалась на 2,02 т/га, или на 35,3 %, по сравнению с контролем.

Таким образом, на светло-серых лесных почвах Нижегородской области при возделывании кукурузы на зерно целесообразно использовать в качестве органического удобрения донник желтый на сидерат в сочетании с технологией прямого посева. Это обеспечивает дополнительное поступление в почву 3,38...4,54 т/га сухой растительной биомассы, в составе которой 67,2...89,9 кг азота, 15,0...20,5 кг фосфора и 34,6...46,1 кг калия. Благодаря формированию мощной корневой системы (16,7...18,0 см^3 в расчете на 1 растение), которая после отмирания донника выполняет роль «биодренажа», улучшаются агрофизические свойства почвы, в частности повышается ее влагоудерживающая способность. В сочетании с технологией No-till использование донника желтого в качестве сидеральной почвопокровной культуры при скашивании в III декаде апреля обеспечивает увеличение урожайности зерна кукурузы до 7,75 т/га, что на 2,02 т/га (35,3 %) выше, чем в контроле без почвопокровной культуры при поверхностной системе обработки почвы.

Литература.

1. Пластунов А. А., Коробицын С. С., Шабалина Е. В. Влияние многолетних трав первого и второго года жизни на структурное состояние почвы // Земледелие. 2011. № 8. С. 16–18.
2. Агафонов Е. В., Горячев В. П. Применение бентонита на черноземе южном // Земледелие. 2011. № 8. С. 20–21.
3. Агрофизическое состояние дерново-подзолистых почв подзоны южной тайги / И. Я. Копысов, А. В. Тюлькин, А. В. Семенов // Земледелие. 2007. № 5. С. 9–10.
4. Шурыгин А. В. Научный и практический опыт No-till в мире // Поле деятельности. 2012. № 3. С. 50–53.
5. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Тимофеев В.Н. Соотношение видов сорных растений под влиянием севооборота и систем основной обработки почвы в условиях Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 35-40.
6. Хасанова Г.Р., Сафин Х.М., Ямалов С.М. Оценка уровня засоренности агрофитоценозов при системе нулевой обработки почв (No-till)// Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 11. С. 26-30.
7. Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Посаженников С.Н. Влияние культурных растений на сапротрофные микроорганизмы и супрессивность почвы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 17-20.
8. Плодородие почвы: настоящее и будущее нашего земледелия / Н. А. Зеленский, Г. М. Зеленская, Г. В. Мокриков и др. // Земледелие. 2018. № 5. С. 4–7.
9. Новиков М. Н., Фролова Л. Д. Многолетние травы как средообразующие культуры в Нечерноземье // Земледелие. 2010. № 7. С. 16–17.

Biologization Methods in the Corn Cultivation on Light Grey Forest Soils of the Nizhny Novgorod Region

N. A. Zelensky, G. M. Zelenskaya, A. A. Abramov
Don State Agrarian University, ul. Krivoshlykova 24, pos. Persianovskii, Oktyabr'skii r-n, Rostovskaya obl., 346493, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out on light grey forest loamy soils of the Nizhny Novgorod region, characterized by low humus content (1.5%), high and increased content of mobile phosphorus and exchange potassium (251 and 180 mg/kg, respectively) with a weak acid reaction of soil solution (pH = 5.2). The work aimed to study the influence of cover green manure culture (biennial yellow melilot) on the corn yield under different technologies of soil treatment. The experimental design investigated cover green manure culture (factor A) and soil treatment (factor B). Factor A included the following options: without cover crop (the control); yellow melilot, crushed and dispersed in the third decade of April when the stem height was 10–12 cm; yellow melilot, crushed and dispersed in the second decade of May when plants' stems began branching. Factor B included minimal or surface cultivation (mini-till) and zero cultivation or direct seeding (no-till). Mini-till consisted of double disking with BDT-3 at 6–8 cm, cultivation with KPS-4 at 6–8 cm, sowing with SUPN-8 at 6–8 cm, packing with ZKKSh-6. No-till consisted of spaying by Tornado 500 herbicide, 3.5 L/ha, sowing with Zherardi-117. The use of yellow melilot as green manure crop ensured the intake of 3.38–4.54 t/ha of dry plant biomass into the soil, containing 67.2–89.9 kg of nitrogen, 15.0–20.5 kg of phosphorus, 34.6–46.1 kg of potassium. Due to the formation of a powerful root system (16.7–18.0 cm3 per 1 plant), which after the melilot death acted as a bio-drainage, the agro-physical properties of the soil improved, in particular, its water-holding ability increased. In combination with no-till, the use of yellow melilot as a green manure culture, mowed in the third decade of April, increased the corn grain yield up to 7.75 t/ha, which was higher by 2.02 t/ha (35.3%) than in the control without green manure culture and with surface tillage.*

Keywords: *cover crop; organic matter; direct seeding; bio-drainage; corn for grain.*

Author Details: *N. A. Zelensky, D. Sc. (Agr.), prof.; G. M. Zelenskaya, D. Sc. (Agr.), prof.; A. A. Abramov, post graduate student.*

For citation: *Zelensky N. A., Zelenskaya G. M., Abramov A. A. Biologization Methods in the Corn Cultivation on Light Grey Forest Soils of the Nizhny Novgorod Region. Zemledelie. 2019. No. 8. Pp. 3–5 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.*

Подсолнечник как гарант благополучия

Изида – это древнеегипетская богиня, которая своими слезами каждую весну наполняла Нил. Великая река разливалась и обеспечивала египтянам плодородие почв и, как следствие, высокий урожай. Поэтому когда специалисты компании Bayer, которые работают с брендом семян подсолнечника DEKALB, выбирали название для высокоурожайного гибрида подсолнечника, их выбор пал на имя богини Изиды.

В Древнем Египте Изиде приходилось «работать» в сложных условиях – сухость, жара, низкий уровень развития сельского хозяйства, некачественные семена. И тем не менее урожай был способен обеспечить земледельцам достойное существование в течение целого года. Гибрид «ЕС Изида» с подобной задачей справляется достаточно легко: за счёт эффективного использования элементов питания этот подсолнечник устойчив к стрессовым условиям и понижению уровня агротехники. Экстремальные почвенно-климатические условия его тоже не слишком пугают: показатели урожайности останутся неизменно высокими, никак иначе благополучие аграриев не обеспечить. Потенциал у этого гибрида – 50 ц/га, хотя итоговый показатель, как всегда, зависит от конкретных агроклиматических условий и соблюдения технологии выращивания. При этом от степени засушливости зависит густота посевов. Так, в зонах достаточного увлажнения рекомендуется высаживать 60-65 тысяч семян на гектар, а в засушливых условиях – 55-60 тыс. Чрезмерно изреженного посева стоит избегать.

Имя Изиды на древнеегипетском языке означает «трон», из-за чего эту богиню часто изображали с троном в качестве головного убора. В России царицей полей считается кукуруза, однако в последние годы подсолнечник активно отвоёвывает этот статус. А если искать среди сортов и гибридов подсолнечника царственную особу, способную восесть на полевой трон, то кандидата лучше «ЕС Изида» не найти. Ведь что обеспечивает интерес сельхозпроизводителей к подсолнечнику в первую очередь? Возможность сбыта на перерабатывающие предприятия по хорошей цене. Значит, претендентами на «коронацию» становятся только гибриды с высокой масличностью. «ЕС Изида» – из таких. Содержание масла в её семенах – 50-52%. Этот показатель обеспечит ей устойчивый спрос среди переработчиков, и по хорошей цене.

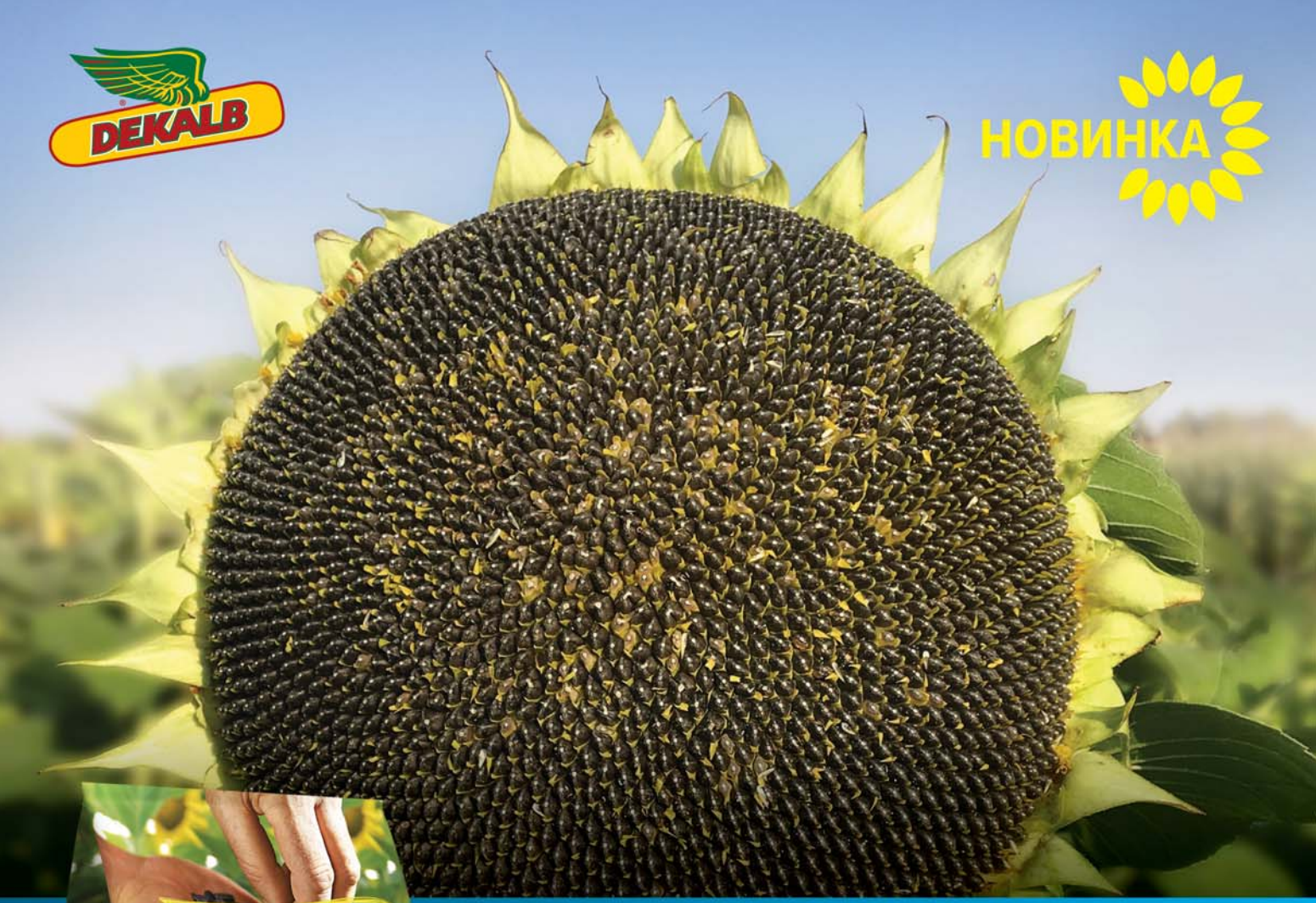
«ЕС Изида» относится к среднеранним гибридам. Её вегетационный период – 105-110 дней, она быстро стартует и достаточно рано развивается. В высоту «ЕС Изида» невелика, и это ни в коем случае не недостаток – просто питательные вещества почвы она конвертирует не в бессмысленный стебель, а в семена. Неслучайно поэтому центр корзинки у этого гибрида заполнен всегда. К тому же невысокий рост «ЕС Изиды» облегчает подготовку почвы под последующие культуры. Пожнивных остатков на поле остаётся весьма мало.

Убирать этот гибрид весьма легко, в том числе из-за невысокого роста. Ведь «ЕС Изида» отличается выровненным стеблестоем и малой полегаемостью. В конце концов, подсолнечник в названии содержит «Солнце», и даже во внешнем виде цветка есть немалое сходство с огненным светилом. А потому растения должны стоять прямо и смотреть в жаркое небо. Так и египетская богиня: она активно тянулась к стареющему солнечному богу Ра, чтобы выведать у него все тайны Вселенной и стать ещё сильней. А когда это произошло, сила Солнца стала больше не нужна. Поэтому давать подсолнечнику застаиваться не стоит и убирать во время.

А пока она на поле, её надо защищать от сорняков и вредителей. Правда, этот гибрид еще и устойчив к новым расам заразихи (A-G). Да и болезням будет не так-то просто повредить богоподобной «ЕС Изиде». Однако помочь ей справиться с врагами при помощи средств защиты растений лишним не будет.

Как нетрудно заметить, название гибриду «ЕС Изида» выбрано неспроста. Отличный урожай в самых разных почвенно-климатических условиях, высокая масличность и устойчивость к заразихе – оптимальное сочетание характеристик, благодаря которым этот подсолнечник, как и его божественная тёзка, способен обеспечить достаток и благополучие сельхозпроизводителям на целый год, вплоть до следующей уборки.

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



СРЕДНЕРАННИЙ

ЕС ИЗИДА

НОВИНКА С ВЫСОКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

В этом преимущество DEKALB.

Заразихоустойчивые и высокомасличные
ГИБРИДЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА DEKALB

ИДЕНТИФИКАЦИЯ

- Среднераниий, 105–110 дней
- Умеренно-интенсивного типа
- Устойчив к новым расам заразихи, A–G
- Засухоустойчивость – высокий уровень
- Жаростойкость – выше среднего
- Потенциал урожайности 50 ц/га
- Содержание масла 50–52%

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Стабильно высокая урожайность в различных почвенно-климатических условиях
- Устойчив к стрессовым условиям и понижению уровня агротехники
- Устойчив к полеганию
- Быстрый старт и раннее развитие
- Центр корзинки всегда заполнен
- Эффективно использует элементы питания

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

www.cropscience.bayer.ru

на правах рекламы

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10802
УДК [631.51:631.84:631.954]:632.51

Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации

Д. В. ПУРГИН, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
В. И. УСЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: usenko.001@mail.ru)
В. И. КРАВЧЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
А. А. ГАРКУША, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: aniish@mail.ru)
С. В. УСЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
В. П. ОЛЕШКО, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Научный городок, 35, Барнаул, 656910, Российская Федерация

Исследования проводили в 2006–2018 гг. в севообороте пар – пшеница – пшеница – овес. Цель работы – оценить влияние способа обработки каштановой почвы, применения азотных удобрений и гербицидов на засоренность посевов сельскохозяйственных культур в Кулундинской степи Алтайского края. Изучали следующие варианты: обработка почвы (фактор А) – плоскорезная на 14...16 см; отвальная на 18...20 см; поверхностная на 6...8 см; поверхностная на 6...8 см + Раундап 3 л/га в пару; средства химизации (фактор В) – без удобрений и гербицидов; дикотицид + граминицид; гербициды + N_{40}. Выход сухой массы сорняков в посевах первой пшеницы составлял 55,3 г/м², второй – 79,2 г/м², овса – 117,3 г/м². Засоренность первой пшеницы зависела от способа обработки (61,4 %), второй пшеницы и овса – от применения средств химизации (68,3 и 81,7 %). Масса сорняков в посевах пшеницы на фоне вспашки была в 1,1...1,5 раза ниже, чем после плоскорезной и поверхностных обработок. Применение дикотицида и гарминицида в посевах пшеницы обеспечивало снижение сухой массы сорняков на 10,9...17,5 %, а дикотицида в посевах овса – ее увеличение на 3,8 %, по сравнению с фоном без гербицидов. При совместном использовании азотных удобрений и гербицидов сухая биомасса сорняков увеличивалась в посевах первой пшеницы на 6,0 г/м² (12,1 %), второй – на 29,0 г/м² (43,4 %), овса – на 78,2 г/м² (84,6 %), по отношению к неудобренному фону. Наибольшее ее снижение (на 48...65 %) в посевах пшеницы отмечали при использовании гербицидов на фоне вспашки, в посевах овса – на фоне поверхностной обработки. Общее количество сорняков и злаковых малолетников к уборке зависело от способа обработки почвы, малолетних двудольных – от средств химизации, а многолетних – от действия обоих факторов и их взаимодействия.

Ключевые слова: *засоренность, сухая степь, обработка почвы, гербициды, азотные удобрения, зерновые культуры.*

Для цитирования: *Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации / Д. В. Пургин, В. И. Усенко, В. И. Кравченко и др. // Земледелие. 2019. № 8. С. 6–14. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10802.*

Одно из важных направлений экологизации земледелия – минимизация обработки почвы, приводящая чаще всего к увеличению дефицита подвижных форм элементов питания в почве, засоренности посевов и необходимости применения удобрений и гербицидов [1]. Внесение удобрений на выщелоченных черноземах способствует повышению конкурентоспособности зерновых культур и снижению в 1,2 раза численности сорняков в посевах, по сравнению с контролем без их использования [2]. Уменьшение интенсивности обработки почвы в севообороте без химизации с отвальной до минимально-нулевой системы приводит к увеличению засоренности агрофитоценоза вдвое и отрицательно сказывается на продуктивности яровой пшеницы [3]. В то же время, в опытах А. Н. Власенко с соавт. [4], переход на нулевую технологию обработки почвы не вызывал ухудшения питательного режима выщелоченного чернозема, фитосанитарного состояния посевов и снижения урожайности пшеницы, в сравнении с традиционной.

Особенно актуальны вопросы энерго- и ресурсосбережения для малогумусных почв засушливых степей. В таких условиях рост урожайности зерновых культур сдерживают недостаток влаги, избыток тепла и низкое эффективное плодородие каштановых почв [5, 6].

Цель работы – оценить влияние способа основной обработки каштановой почвы, применения азотных удобрений и гербицидов на засоренность культур зернопарового севооборота в условиях Кулундинской степи Алтайского края.

Исследования проводили в 2006–2018 гг. в длительном стационарном полевом опыте Кулундинской сельскохозяйственной опытной станции Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий, заложенном в 1978 г. в зернопаровом севообороте пар – пшеница – пшеница – овес. Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

способ основной обработки почвы (фактор А) – плоскорезная на 14...16 см; отвальная на 18...20 см; поверхностная на 6...8 см; поверхностная на 6...8 см + гербицид Раундап, ВР (3 л/га) в паровом поле;

средства химизации (фактор В) – без удобрений и гербицидов; баковая смесь дикотицида Эфирам, КЭ и граминицида Пума Супер 100, КЭ; баковая смесь дикотицида Эфирам, КЭ и граминицида Пума Супер 100, КЭ + N_{40}.

Почва опытного участка – каштановая супесчаная с содержанием гумуса в пахотном слое около 2,0 %. Обеспеченность нитратным азотом низкая, фосфором и калием (по Чирикову) – соответственно средняя и высокая. Реакция среды – нейтральная (pH – 7,1). Повторность в опыте 4-кратная с рендомизированным расположением вариантов. Площадь делянок 800 м² (80 х 10). Учеты и наблюдения выполняли с использованием общепринятых методик.

Первую обработку паровых полей проводили 27...28 мая; опрыскивание паровых делянок гербицидом Раундап, ВР (360 г/л глифосата кислоты) в норме 3 л/га согласно схеме опыта – 15 июня, основную обработку почвы – 27 сентября. Азотные удобрения (N_{40} в виде аммиачной селитры) вносили перед посевом РМГ-4. Посев пшеницы и овса осуществляли 18...24 мая сеялкой СЗС-2,1 с лапками. Норма высева – 2,5 млн всхожих зерен на 1 га. Глубина заделки 5...6 см. В посевах первой и второй пшеницы применяли баковую смесь гербицидов Эфирам, КЭ (550 г/л 2,4-Д кислоты) 0,6 л/га + Пума Супер 100, КЭ (100 г/л феноксапроп-П-этила + 27 г/л антидота мефенпир-диэтила) 0,5 л/

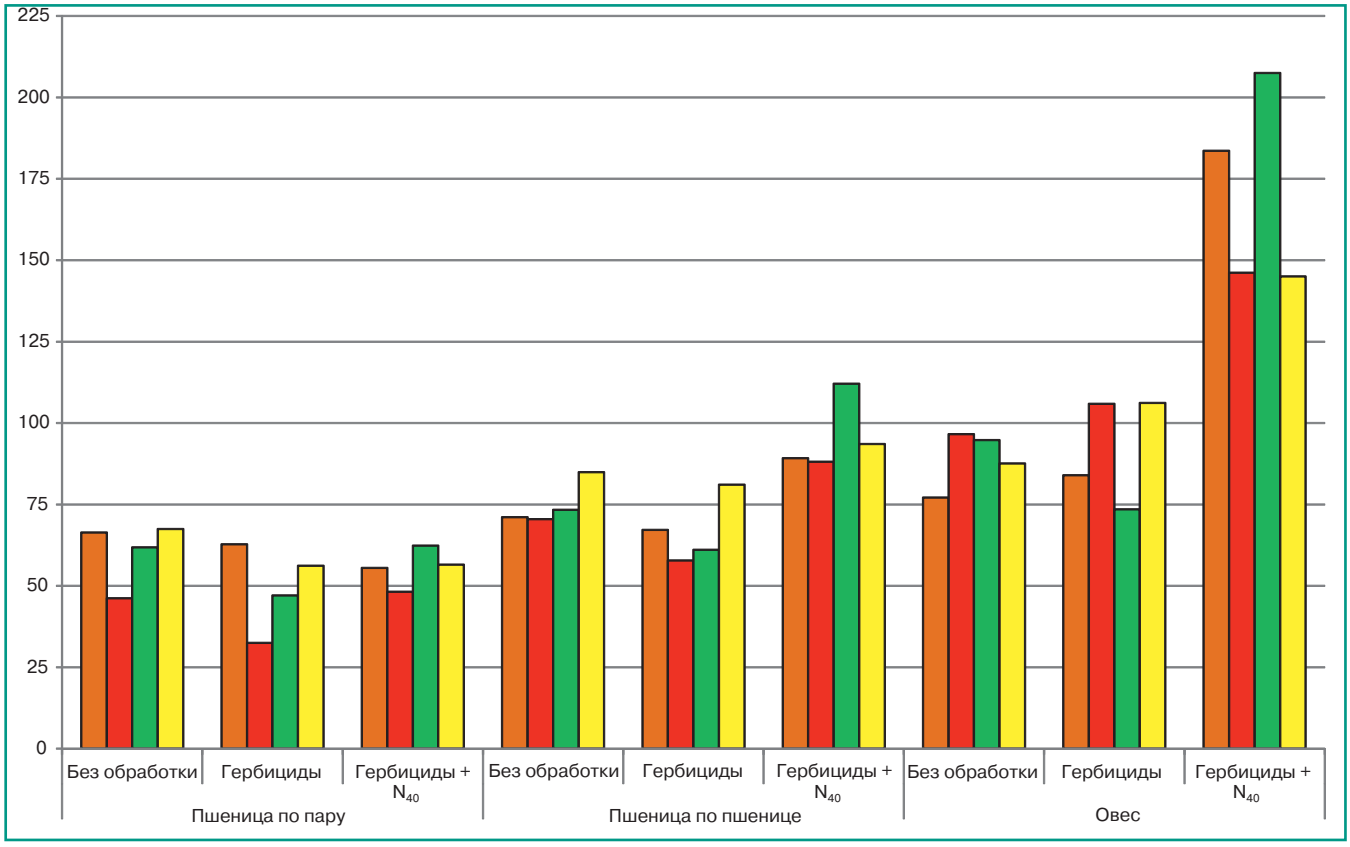


Рисунок. *Сухая масса сорняков перед уборкой культур зернопарового севооборота в зависимости от обработки почвы, гербицидов и азотных удобрений, г/м²:* ■ *– плоскорезная;* ■ *– отвальная;* ■ *– поверхностная;* □ *– поверхностная + гербицид в пару.*

га, в посевах овса – Эфирам, КЭ 0,8 л/га. Урожай учитывали при полной спелости зерна прямым комбайнированием.

Сумма осадков за май–август при норме 138 мм в годы исследований изменялась от 114 до 220 мм, среднесуточная температура воздуха – от 17,0 до 19,8 °С, ГТК (по Селянинову) за летний период – от 0,48...0,56 в 2010, 2014 и 2015 гг. до 0,81...1,04 в 2007, 2008, 2009, 2013 и 2017 гг. при среднемноголетней его величине 0,62.

Экспериментальные данные обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализа [7].

Наименьший в опыте уровень засоренности зерновых культур отмечали после пара, по мере удаления от этого предшественника он возрастал (см. рисунок). Сухая масса сорняков к уборке пшеницы после пара составляла в среднем 55,3 г/м², второй пшеницы – 79,2 г/м², овса – 117,3 г/м². Наибольший вклад в дисперсию засоренности пшеницы после пара вносил фактор обработки почвы (61,4 %) при существенном влиянии средств химизации (20,6 %) и взаимодействия факторов (18,0 %). На второй пшенице сильнее всего был вклад средств химизации (68,3 %) при существенном влиянии обработки почвы (14,2 %) и взаимодействия факторов (17,4 %), а на овсе доминирующим было влияние средств химизации (81,7 %) при существенном влиянии взаимодействия факторов (17,0 %) и отсутствии эффекта от обработки почвы (1,3 %).

Из обработок почвы наиболее значительным было влияние отвальной вспашки, на фоне которой выход сухой массы сорняков к уборке первой пшеницы после пара уменьшался в среднем до 42,3 г/м², а второй – до 72,1 г/м² против соответственно 57,1...61,5 ($НСР_{05}$ = 13,3 г/м²) и 75,9...86,5 г/м² ($НСР_{05}$ = 21,1 г/м²) на фоне плоскорезной и поверхностных обработок с гербицидом Раундап в пару или без него. В посевах овса уровень засоренности по фонам основной обработки почвы был примерно одинаковым.

Влияние средств химизации на засоренность значительно изменялось по культурам севооборота. Если в посевах первой пшеницы после пара на фоне гербицидов выход сухой массы сорняков снижался на 10,6 г/м² (17,5 %), а в посевах второй – на 8,2 г/м² (10,9 %), то в посевах овса он увеличивался на 3,4 г/м² (3,8 %), по сравнению с фоном без гербицидов. При совместном применении азотных удобрений и гербицидов сухая биомасса сорняков увеличивалась в посевах первой пшеницы после пара на 6,0 г/м², второй – на 29,0 г/м², овса – на 78,2 г/м², или соответственно на 12,1, 43,4 и 84,6 %, по отношению к фону гербицидов без азотных удобрений.

Для снижения массы сорняков в посевах первой и второй пшеницы после пара наиболее эффективным сочетанием факторов в опыте оказалось применение гербицидов в период вегетации культуры на фоне отвальной вспашки. В этом варианте сухая масса сорняков составляла 32,5 и 57,8 г/м², что было на 35,0 и 54,3 г/м² (51,9 и 48,4 %) ниже, чем в вариантах с максимальной засоренностью культуры (соответственно для первой пшеницы после пара – без средств химизации на фоне поверхностной обработки почвы и Раундапа в пару, для второй пшеницы – совместное применение гербицидов и азотных удобрений на фоне поверхностной обработки почвы) при $НСР_{05}$ для частных различий 23,1 и 36,6 г/м². В посевах овса наиболее эффективным оказалось применение гербицидов по вегетации на фоне поверхностной обработки – сухая масса сорняков составляла 73,5 г/м², что было на 134,0 г/м² (64,6 %) ниже, чем на таком же фоне, но с добавлением азотных удобрений.

Отмеченные различия в формировании общей биомассы сорняков в зависимости от культуры, обработки почвы и средств химизации объясняются показателями численности основных групп сорных растений.

1. Засоренность пшеницы по пару (2006–2018 гг.)

Средства химизации (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)				Средние по А	$НСР_{05}$ для факторов	Доля влияния факторов, %
	плоско-резная	отваль-ная	поверх-ностная	поверхностная+ гербицид в пару			
Общая численность сорняков (кущение), шт./м²							
Без обработки	30,4	25,8	39,8	42,4	34,6	А=6,7;	А=13,0;
Гербициды	28,3	22,7	33,2	33,2	29,4	В=7,8;	В=76,9;
Гербициды + N_{40}	34,5	24,8	32,7	40,7	33,2	АВ=6,7;	АВ=10,9
Средние по В	31,0	24,4	35,2	38,8	32,4	частных различий =13,5	
Общая численность сорняков (уборка), шт./м²							
Без обработки	20,4	13,5	15,5	25,2	18,6	А=3,5;	А=9,5;
Гербициды	16,3	8,2	12,7	21,8	14,8	В=4,0;	В=78,4;
Гербициды + N_{40}	11,5	13,5	15,0	25,1	16,3	АВ=3,5;	АВ=12,2
Средние по В	16,1	11,7	14,4	24,0	16,6	частных различий =7,0	
Многолетние сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	1,8	1,5	2,7	3,5	2,4	А=0,7;	А=31,9;
Гербициды	1,2	0,5	2,2	1,7	1,4	В=0,8;	В=61,8;
Гербициды + N_{40}	0,7	0,3	1,9	2,1	1,2	АВ=0,7;	АВ=6,3
Средние по В	1,2	0,8	2,3	2,4	1,7	частных различий =1,4	
Многолетние сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4	А=0,7;	А=31,9;
Гербициды	0,8	0,2	0,5	0,8	0,6	В=0,8;	В=61,8;
Гербициды + N_{40}	0,2	0,0	0,2	0,2	0,1	АВ=0,7;	АВ=6,3
Средние по В	0,5	0,2	0,4	0,4	0,4	частных различий =1,4	
Малолетние злаковые сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	14,8	11,5	18,4	23,5	17,1	А=4,1;	А=9,0;
Гербициды	14,8	12,3	19,2	17,9	16,0	В=4,7;	В=63,3;
Гербициды + N_{40}	21,6	15,0	16,9	21,0	18,6	АВ=4,1;	АВ=27,7
Средние по В	17,1	12,9	18,2	20,8	17,2	частных различий =8,1	
Малолетние злаковые сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	13,1	8,1	8,7	19,3	12,3	А=3,4;	А=2,2;
Гербициды	12,4	5,5	9,1	17,8	11,3	В=4,0;	В=93,2;
Гербициды + N_{40}	10,8	9,0	10,2	22,2	13,0	АВ=3,4;	АВ=4,6
Средние по В	12,1	7,6	9,3	19,8	12,2	частных различий =6,9	
Малолетние двудольные сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	13,8	12,8	18,7	15,3	15,1	А=5,3;	А=24,6;
Гербициды	12,4	9,9	11,8	13,6	11,9	В=6,1;	В=50,6;
Гербициды + N_{40}	11,4	9,5	13,8	17,6	13,1	АВ=5,3;	АВ=24,8
Средние по В	12,5	10,7	14,8	15,5	13,4	частных различий =10,6	
Малолетние двудольные сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	6,8	5,8	6,3	5,7	6,2	А=1,7;	А=76,1;
Гербициды	3,2	2,2	3,1	3,2	2,9	В=1,9;	В=6,6;
Гербициды + N_{40}	2,2	3,8	5,4	2,8	3,5	АВ=1,7;	АВ=17,3
Средние по В	4,0	4,0	4,9	3,9	4,2	частных различий =3,3	

Так, общее их количество в фазе кущения и перед уборкой первой пшеницы после пара составляло 32,4 и 16,6 шт./м² (табл. 1), второй – 39,4 и 23,1 шт./м² (табл. 2), овса – 43,9 и 31,9 шт./м² (табл. 3). Конкурентоспособность культурных растений по отношению к сорным ослабевала при удалении от пара, о чем косвенно свидетельствует уменьшение численности сорняков в течение вегетации. Если в посевах первой пшеницы после пара их общее количество от кущения к уборке снизилось в 2,0 раза, то в посевах второй – в 1,7 раза, а в посевах овса – только в 1,4 раза.

Наибольший вклад в дисперсию общей численности сорных растений вносил фактор обработки почвы. Доля его влияния на первой пшенице после пара в фазе кущения составляла 76,9 %, перед уборкой – 78,4 %, под второй – 85,6 и 50,6 %, под овсом – 67,5 и 55,5 % соответственно. Доля влияния средств химизации и взаимодействия факторов на общую численность сорняков под первой пшеницей после пара была достаточно заметной и мало изменялась от кущения к уборке – 9,5...13,0 и 10,9...12,2 % соответственно, под второй пшеницей из-за резкого (в 1,7 раза) ослабления влияния обработки почвы их вклад в течение вегетации увеличивался с 9,2 до 17,2 и с 5,2 до 32,2 %. Под овсом так же на фоне заметного (в 1,2 раза) ослабления вклада обработки почвы влияние средств химизации возросло с 5,7 до 39,6 %, а взаимодействия факторов – снизилось с 26,8 до 4,9 %.

Под всеми культурами севооборота минимальное в опыте общее количество сорняков в течение вегетации отмечено на фоне отвальной вспашки, в сравнении другими обработками, – в фазе кущения соответственно 24,4, 23,7 и 36,2 шт./м² против 31...38,8, 41,6...47,9 и 52,8...50,4 шт./м², перед уборкой – 11,7, 18,0 и 23,3 шт./м² против 14,4...24,0, 21,8...26,4 и 29,4...39,2 шт./м².

Изменение общей численности сорняков под влиянием средств химизации имело более сложный характер. В фазе кущения сильнее всего их количество под всеми культурами севооборота уменьшалось на фоне применения гербицидов – соответственно до 29,4, 36,0 и 41,8 шт./м² против 34,6, 38,8 и 44,9 шт./м² на незащищенном от сорняков фоне, а улучшение азотного питания сопровождалось увеличением количества сорняков в ценозе первой пшеницы после пара до 33,2 шт./м², второй – до 43,4 шт./м², овса – до 45,0 шт./м². К уборке урожая наиболее значительно общее количество сорняков в полях севооборота также уменьшалось на фоне применения гербицидов – соответственно до 14,8, 20,8 и 28,8 шт./м² против 18,6, 22,8 и 27,9 шт./м² на незащищенном от сорняков фоне, а внесение азотных удобрений сопровождалось увеличением их количества в посевах первой пшеницы после пара до 16,3 шт./м², второй – до 25,7 шт./м², овса – до 39,2 шт./м². То есть применение гербицидов на фоне азотных удобрений обеспечивало уменьшение общей численности сорняков только под первой пшеницей после пара, тогда как под второй и третьей культурами в фазе кущения она увеличивалась на 0,1...4,6 шт./м² (0,2...11,9 %), а к уборке – на 2,9...11,3 шт./м² (12,7...40,5 %), по сравнению с фонами без средств химизации.

Для обеспечения контроля сорняков во всех полях севооборота в фазе кущения наиболее эффективным сочетанием факторов оказалось применение гербицидов на фоне отвальной вспашки. В этом варианте их численность составляла 22,7, 20,9 и 34,5 шт./м², что было на 19,7, 31,3 и 22,5 шт./м² (46,5, 60,0 и 39,5 %) ниже, чем в вариантах с максимальной в опыте засоренностью (под первой пшеницей после пара – без средств химизации на фоне поверхностной обработки почвы и Раундапа в пару, под второй пшеницей и овсом – при совместном применении гербицидов и азотных удобрений на фоне поверхностной обработки почвы и Раундапа в пару) при $НСР_{05}$ для частных различий соответственно 13,5, 16,5 и 15,0 шт./м².

Численность многолетних сорняков в фазе кущения и к уборке первой пшеницы после пара составляла соответственно 1,7 и 0,4 шт./м² (см. табл. 1), второй – 2,5 и 0,6 шт./м² (см. табл. 2), овса – 1,5 и 0,6 шт./м² (см. табл. 3).

Конкурентоспособность культур, по отношению к многолетним сорнякам, ослабевала при удалении от пара, о чем можно судить по уменьшению численности сорняков в течение вегетации. Если в посевах первой пшеницы после пара количество многолетников от кущения к уборке снизилось в 4,8 раза, а в посевах второй – в 3,9 раза, то в посевах овса – в 2,3 раза.

Наибольший вклад в дисперсию количества многолетних сорняков в посевах пшеницы вносил фактор обработки почвы, в посевах овса – химизации. Доля влияния обработки под первую пшеницу после пара в фазе кущения и перед уборкой составляла по 61,8 %, под вторую – в фазе кущения – 51,8 %, перед уборкой – 37,2 %, средств химизации в посевах овса – 80,6 и 33,2 % соответственно. Под первой и второй пшеницей после пара влияние средств химизации на численность многолетних сорняков в начале вегетации было существенным – 31,9 и 31,0 %, а взаимодействия факторов – соответственно малозначимым и весомым (6,3 и 17,2 %). К уборке первой пшеницы влияние средств химизации и взаимодействия факторов оставалось неизменным, а под второй пшеницей из-за резкого (в 2,9 и 1,4 раза) ослабления влияния средств химизации и обработки почвы вклад взаимодействия факторов увеличивался с 17,2 до 52,0 %, или в 3,0 раза. Под овсом в результате резкого (в 2,4 раза) ослабления вклада средств химизации влияние обработки почвы возросло с 10,0 до 39,5 %, а взаимодействия факторов – с 9,4 до 27,3 %, или соответственно в 4,0 и 2,9 раза.

Под первой и второй пшеницей после пара минимальное в опыте количество многолетних сорняков в фазе кущения отмечали на фоне отвальной вспашки и плоскорезного рыхления – соответственно 0,8...1,2 и 0,8...0,9 шт./м² против 2,3...2,4 и 2,8...3,5 шт./м² на фоне поверхностных обработок при $НСР_{05}$ соответственно 0,8 и 1,3 шт./м². К уборке первой пшеницы после пара достоверных различий в численности многолетних сорняков между вариантами основной обработки почвы не отмечено, а в посевах второй преимущество оставалось за вспашкой. Под овсом в оба срока определения достоверные различия по численности многолетних сорняков отмечены только для вариантов с поверхностной обработкой (1,8 и 1,2

2. Засоренность пшеницы по пшенице (2006–2018 гг.)

Средства химизации (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)				Средние по А	$НСР_{05}$ для факторов	Доля влияния факторов, %
	плоско-резная	отваль-ная	поверх-ностная	поверхностная + гербицид в пару			
Общая численность сорняков (кущение), шт./м²							
Без обработки	36,1	25,6	44,7	48,6	38,8	А=8,3;	А=9,2;
Гербициды	39,4	20,9	40,8	42,9	36,0	В=9,5;	В=85,6;
Гербициды + N_{40}	49,4	24,6	47,3	52,2	43,4	АВ=8,3;	АВ=5,2
Средние по В	41,6	23,7	44,3	47,9	39,4	частных различий =16,5	
Общая численность сорняков (уборка), шт./м²							
Без обработки	22,8	17,1	21,1	30,1	22,8	А=5,5;	А=17,2;
Гербициды	20,9	17,3	23,0	22,0	20,8	В=6,3;	В=50,6;
Гербициды + N_{40}	21,8	19,6	34,2	27,2	25,7	АВ=5,5;	АВ=32,2
Средние по В	21,8	18,0	26,1	26,4	23,1	частных различий =11,0	
Многолетние сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	3,0	2,2	5,5	3,8	3,6	А=1,2;	А=31,0;
Гербициды	3,2	0,2	3,2	1,7	2,1	В=1,3;	В=51,8;
Гербициды + N_{40}	2,5	0,1	1,9	2,8	1,8	АВ=1,2;	АВ=17,2
Средние по В	0,9	0,8	3,5	2,8	2,5	частных различий =2,3	
Многолетние сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	1,1	0,6	0,8	0,8	0,8	А=0,6;	А=10,8;
Гербициды	0,2	0,0	2,0	0,4	0,6	В=0,7;	В=37,2;
Гербициды + N_{40}	0,4	0,0	0,5	0,8	0,4	АВ=0,6;	АВ=52,0
Средние по В	0,6	0,2	1,1	0,7	0,6	частных различий =1,2	
Малолетние злаковые сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	27,8	18,6	34,1	41,0	30,4	А=7,1;	А=4,7;
Гербициды	30,8	19,2	32,2	45,2	31,9	В=8,2;	В=91,8;
Гербициды + N_{40}	35,8	18,6	40,9	45,8	35,3	АВ=7,1;	АВ=3,5
Средние по В	31,5	18,8	35,7	44,0	32,5	частных различий =6,9	
Малолетние злаковые сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	17,4	12,8	17,2	25,4	18,2	А=7,1;	А=4,7;
Гербициды	18,0	14,9	19,5	19,5	18,0	В=8,2;	В=91,8;
Гербициды + N_{40}	19,9	17,9	30,8	25,7	23,6	АВ=7,1;	АВ=3,5
Средние по В	18,4	15,2	22,5	23,5	19,9	частных различий =6,9	
Малолетние двудольные сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	5,2	4,8	5,2	3,8	4,8	А=2,6;	А=21,9;
Гербициды	5,4	0,6	5,3	3,1	3,6	В=3,0;	В=40,4;
Гербициды + N_{40}	11,1	5,9	4,5	3,5	6,2	АВ=2,6;	АВ=37,7
Средние по В	7,2	3,8	5,0	3,5	4,9	частных различий =5,2	
Малолетние двудольные сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	4,4	3,69	3,0	3,8	3,7	А=1,2;	А=67,6;
Гербициды	2,7	2,38	1,5	2,1	2,2	В=1,4;	В=4,74;
Гербициды + N_{40}	1,5	1,69	2,9	0,7	1,7	АВ=1,2;	АВ=27,6
Средние по В	2,8	2,59	2,5	2,2	2,5	частных различий =2,4	

3. Засоренность овса по пшенице (2006–2018 гг.)

Средства химизации (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)				Средние по А	$НСР_{05}$ для факторов	Доля влияния факторов, %
	плоско-резная	отваль-ная	поверх-ностная	поверхност-ная + гербицид в пару			
Общая численность сорняков (кущение), шт./м²							
Без обработки	52,6	34,6	45,3	47,0	44,9	А=7,5;	А=5,7;
Гербициды	43,1	34,5	42,2	47,3	41,8	В=8,7;	В=67,5;
Гербициды + N_{40}	42,6	39,5	40,9	57,0	45,0	АВ=7,5;	АВ=26,8
Средние по В	46,1	36,2	42,8	50,4	43,9	частных различий =15,0	
Общая численность сорняков (уборка), шт./м²							
Без обработки	27,8	20,4	27,1	36,2	27,9	А=8,0;	А=39,6;
Гербициды	33,0	20,5	25,8	35,8	28,8	В=9,2;	В=55,5;
Гербициды + N_{40}	46,8	29,1	35,4	45,6	39,2	АВ=8,0;	АВ=4,9
Средние по В	35,9	23,3	29,4	39,2	31,9	частных различий =16,0	
Многолетние сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	2,2	2,3	2,8	2,6	2,5	А=0,5;	А=80,6;
Гербициды	1,7	0,8	1,9	1,0	1,4	В=0,6;	В=10,0;
Гербициды + N_{40}	0,8	0,2	0,7	1,2	0,7	АВ=0,5;	АВ=9,4
Средние по В	1,6	1,1	1,8	1,6	1,5	частных различий =1,0	
Многолетние сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	0,5	0,9	1,6	0,8	1,0	А=0,4;	А=33,2;
Гербициды	0,1	0,3	1,6	0,9	0,7	В=0,5;	В=39,5;
Гербициды + N_{40}	0,3	0,1	0,2	0,4	0,2	АВ=0,4;	АВ=27,3
Средние по В	0,3	0,4	1,2	0,7	0,6	частных различий =0,8	
Малолетние злаковые сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	42,1	28,6	35,2	43,5	37,4	А=7,7;	А=3,5;
Гербициды	37,2	31,1	33,5	43,5	36,3	В=8,9;	В=77,4;
Гербициды + N_{40}	38,9	36,5	29,2	52,5	39,3	АВ=7,8;	АВ=19,1
Средние по В	39,4	32,1	32,6	46,5	37,6	частных различий =15,5	
Малолетние злаковые сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	24,8	16,5	23,8	32,5	24,4	А=8,1;	А=43,4;
Гербициды	31,5	19,8	23,0	33,2	26,9	В=9,4;	В=51,4;
Гербициды + N_{40}	44,6	28,2	31,8	43,0	36,9	АВ=8,1;	АВ=5,2
Средние по В	33,6	21,5	26,2	36,3	29,4	частных различий =16,3	
Малолетние двудольные сорняки (кущение), шт./м²							
Без обработки	8,3	3,7	7,7	4,2	6,0	А=2,8;	А=8,5;
Гербициды	4,2	2,7	6,7	3,0	4,2	В=3,2;	В=65,0;
Гербициды + N_{40}	2,9	3,5	11,1	3,3	5,2	АВ=2,8;	АВ=26,5
Средние по В	5,2	3,3	8,5	3,5	5,1	частных различий =5,6	
Малолетние двудольные сорняки (уборка), шт./м²							
Без обработки	2,5	2,9	2,2	2,8	2,6	А=1,1;	А=40,4;
Гербициды	1,5	0,6	1,2	2,1	1,3	В=1,2;	В=18,5;
Гербициды + N_{40}	1,8	0,8	3,4	2,2	2,1	АВ=1,1;	АВ=41,1
Средние по В	1,9	1,5	2,2	2,4	2,0	частных различий =2,1	

шт./м²) и отвальной вспашкой (1,1 и 0,4 шт./м²).

Влияние средств химизации на количество многолетних сорняков под всеми культурами севооборота было однотипным. Так, в фазе кущения благодаря применению гербицидов оно достоверно уменьшилось с 2,4...3,6 до 1,4...2,1 шт./м², а на фоне гербицидов и азотных удобрений – до 0,7...1,8 шт./м², или соответственно в 1,7...1,9 и в 1,9...3,5 раза. К уборке урожая под всеми культурами также отмечено преимущество совместного применения азотных удобрений и гербицидов, хотя достоверное превышение над фоном без средств химизации наблюдали только под овсом.

Для обеспечения контроля многолетних сорняков под всеми культурами севооборота в фазе кущения наиболее эффективным оказалось сочетание азотных удобрений и гербицидов на фоне отвальной вспашки. В этом варианте их численность составляла 0,3, 0,1 и 0,2 шт./м², что было на 3,2, 5,4 и 2,6 шт./м² (91,2, 98,5 и 91,9 %) меньше, чем в вариантах с максимальным количеством многолетних сорняков (под первой пшеницей – без средств химизации на фоне поверхностной обработки почвы и Раундапа в пару, под второй пшеницей и овсом – без средств химизации на фоне поверхностной обработки почвы) при $НСР_{05}$ для частных различий соответственно 1,4, 2,3 и 1,0 шт./м². К уборке урожая, помимо отмеченных в фазе кущения, выделялись варианты с применением азотных удобрений и гербицидов на фоне всех изученных в опыте обработок почвы.

Численность малолетних злаковых сорняков в фазе кущения и к уборке первой пшеницы после пара составляла 17,2 и 12,2 шт./м² (см. табл. 1), второй – 32,5 и 19,9 шт./м² (см. табл. 2), овса – 37,6 и 29,4 шт./м² (см. табл. 3).

Наибольший вклад в дисперсию величины этого показателя в посевах всех культур вносил фактор обработки почвы. Доля его влияния под первой пшеницей после пара в фазе кущение составляла 63,3 %, перед уборкой – 93,2 %, под второй – по 91,8 % в оба срока, под овсом – 77,4 и 51,4 % соответственно. Влияние средств химизации на численность малолетних сорняков в оба срока определения было незначительным (4,7...9,0 и 2,2...4,7 %), а взаимодействия факторов весомым лишь в период кущения пшеницы по пару (27,7 %). Под овсом к уборке вследствие резкого ослабления вклада обработки почвы и взаимодействия факторов соответственно с 77,4 до 51,4 % и с 19,1 до 5,2 %, или в 1,5 и в 3,7 раза влияние средств химизации на количество малолетних злаковых сорняков возросло с 3,5 до 43,4 %, или в 12,4 раза.

Под всеми культурами минимальное в опыте количество малолетних злаковых сорняков, в сравнении с другими обработками, отмечено на фоне отвальной вспашки – в фазе кущения 12,9, 18,8 и 32,1 шт./м² против 17,1...20,8, 31,5...44,0 и 32,6...46,5 шт./м² при $НСР_{05}$ 4,7, 8,2 и 8,9 шт./м², а к уборке урожая – 7,6, 15,2 и 21,5 шт./м² против 9,3...19,8, 18,4...23,5 и 26,2...36,3 шт./м² при $НСР_{05}$ соответственно 4,0, 8,2 и 9,4 шт./м².

Влияние средств химизации на численность малолетних злаковых сорняков в большинстве случаев

было недостоверным. Как тенденцию следует отметить увеличение их количества на фоне применения азотных удобрений и гербицидов, усиливающуюся по мере удаления от пара. Если без использования средств химизации и на фоне совместного применения азотных удобрений и смеси гербицидов численность малолетних злаковых сорняков в фазе кущения под первой пшеницей после пара составляла 17,1 и 18,6 шт./м^2, под второй – 30,4 и 35,3 шт./м^2, под овсом – 37,4 и 39,3 шт./м^2, то к уборке – соответственно 12,3 и 13,0, 18,2 и 23,6, 24,4 и 36,9 шт./м^2.

Наибольшее снижение величины этого показателя в посевах изучаемых культур в фазе кущения наблюдали на фоне отвальной вспашки без применения средств химизации. В этом варианте численность малолетних злаковых сорняков составляла 11,5, 18,6 и 28,6 шт./м^2, что было на 12,0, 27,2 и 23,9 шт./м^2 (51,1, 59,4 и 45,5 %) ниже, чем в вариантах с максимальным их количество (в ценозах первой пшеницы – без средств химизации после поверхностной обработки почвы и действия Раундапа в пару, второй пшеницы и овса – на фоне этой же обработки почвы с использованием азотных удобрений и гербицидов) при НСР$_{05}$ для частных различий в фазе кущения 8,1, 6,9 и 15,5 шт./м^2.

Численность малолетних двудольных сорняков в фазе кущения и перед уборкой первой пшеницы после пара составляла 13,4 и 4,2 шт./м^2 (см. табл. 1), второй – 4,9 и 2,5 шт./м^2 (см. табл. 2), овса – 5,1 и 2,0 шт./м^2 (см. табл. 3).

Наибольший вклад в дисперсию величины этого показателя в начале вегетации вносил фактор обработки почвы, а в конце – химизации. В фазе кущения величина вклада обработки почвы в посевах первой пшеницы после пара составляла 50,6 %, второй – 40,4, овса – 65,0 %, а средств химизации к уборке урожая – 76,1, 67,6 и 40,4 % соответственно. Влияние взаимодействия факторов на численность двудольных малолетников в оба срока было существенным: под первой пшеницей – 24,8 и 17,3 %, под второй – 37,7 и 27,6 %, под овсом – 26,5 и 41,1 % соответственно.

В большинстве случаев в фазе кущения минимальное в опыте количество малолетних двудольных сорняков, в сравнении с другими обработками, отмечено на фоне отвальной вспашки – в фазе кущения 10,7, 3,8 и 3,3 шт./м^2 против 12,5...15,5, 3,5...7,2 и 3,5...8,5 шт./м^2 при НСР$_{05}$ 6,1, 3,0 и 3,2 шт./м^2. К уборке урожая различия по количеству малолетних двудольных сорняков по фонам основной обработки почвы были недостоверными.

Влияние средств химизации на численность малолетних двудольных сорняков под всеми культурами севооборота в фазе кущения было несущественным.

Наибольшее снижение количества малолетних двудольных сорняков под всеми культурами в фазе кущения отмечали на фоне отвальной вспашки и применения гербицидов с азотными удобрениями или без них. В этом варианте численность сорняков составляла 9,5, 0,6 и 2,7 шт./м^2, что было на 9,2, 10,5 и 8,4 шт./м^2 (49,2, 94,6 и 75,7 %) ниже, чем при максимальном их количестве (в посевах первой пшеницы после пара – без средств химизации на фоне поверхностной обработки почвы, второй пшеницы – при использовании азотных удобрений и гербицидов на фоне плоскорезной обработки почвы, овса – при применении азотных удобрений и гербицидов на фоне поверхностной обработки почвы) при НСР$_{05}$ для частных различий в фазе кущения 10,6, 5,2 и 5,6 шт./м^2, перед уборкой – 3,3, 2,4 и 2,1 шт./м^2 соответственно.

Таким образом, в условиях Кулундинской степи Алтайского края засоренность культур зернопарового севооборота возрастала при удалении от пара и определялась в каждом поле специфическим влиянием гербицидов, азотных удобрений и приемов основной обработки почвы на численность отдельных групп сорных растений.

Сухая масса сорняков в посевах первой пшеницы после пара в среднем составляла 55,3 г/м^2, второй – 79,2 г/м^2, овса – 117,3 г/м^2. Засоренность пшеницы после пара определялась обработкой почвы (61,4 %), второй пшеницы и овса – средствами химизации (68,3 и 81,7 %). Наименьшую в опыте массу сорняков в посевах первой и второй пшеницы после пара отмечали на фоне отвальной вспашки (42,3 и 72,1 г/м^2). В посевах овса влияния обработки почвы на уровень засоренности не установлено.

Применение дикотицида и граминицида в посевах первой и второй пшеницы после пара обеспечивало снижение формирования сухой массы сорняков на 10,6 и 8,2 г/м^2 (17,5 и 10,9 %), а дикотицида в посевах овса приводило к ее увеличению на 3,4 г/м^2 (3,8 %), по сравнению с фоном без гербицидов, вследствие нарастания численности злаковых сорняков. При совместном использовании азотных удобрений и гербицидов сухая биомасса сорняков увеличивалась в посевах первой пшеницы на 6,0 г/м^2 (12,1 %), второй – на 29,0 г/м^2 (43,4 %), овса – на 78,2 г/м^2 (84,6 %), по отношению к неудобренному фону.

Наибольшее в опыте (на 48...65 %) снижение массы сорняков отмечали в посевах первой и второй пшеницы после пара при использовании гербицидов на фоне отвальной вспашки, овса – на фоне поверхностной обработки.

Общее количество сорняков и численность злаковых малолетников к уборке культур севооборота зависело в основном от обработки почвы (56...78 и 51...93 %), тогда как малолетних двудольных – от средств химизации (40...79 %), а многолетних – от действия обоих факторов и их взаимодействия (37...62 %, 2...43 %, 6...52 %).

Литература.

1. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. 2018. № 3. С. 3–8.
2. Влияние сорта и технологии на эффективность возделывания яровой пшеницы в лесостепи Приобья / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, О. В. Кулагин и др. // Земледелие. 2018. № 4. С. 15-19.
3. 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.
4. Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по No-till технологии, в севооборотах / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 6. С. 5–9.
5. Назарова И. В., Храмкова Т. Д. Динамика содержания гумуса в пахотных почвах Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 42–45.
6. 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.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Crop Infestation in the Grain-Fallow Crop Rotation Depending on Tillage Method and Chemicalization Means Used

D. V. Purgin, V. I. Usenko, V. I. Kravchenko, A. A. Garkusha, S. V. Usenko, V. P. Oleshko
Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Nauchnyi gorodok, 35, Barnaul, 656910, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out in 2006–2018 in the crop rotation of fallow – wheat – wheat – oats. The purpose of the work was to evaluate the influence of tillage methods of chestnut soil, the use of nitrogen fertilizers and herbicides on the infestation of crops in the Kulunda steppe of the Altai Krai. We studied tillage methods (factor A) and chemicalization means (factor B). Tillage methods included subsurface cultivation at 14–16 cm; moldboard ploughing at 18–20 cm; surface cultivation at 6–8 cm; surface cultivation at 6–8 cm + Roundup, 3 L/ha in the fallow field. Chemicalization means included the option without fertilizers and herbicides; dicotycide + graminicide; herbicides + N40. The output of weeds' dry mass in the field with the first wheat was 55.3 g/m2, the second wheat – 79.2 g/m2, oats – 117.3 g/m2. The infestation of the first wheat depended on the processing method (61.4%), the second wheat and oats – on the use of chemicals (68.3 and 81.7%). The weight of weeds in wheat crops against the background of ploughing was 1.1–1.5 times lower than after subsurface and surface treatments. The use of the dicotycide and graminicide in wheat crops provided a decrease in the dry weight of weeds by 10.9–17.5%; and the dicotycide application in oats crops provided its increase by 3.8%, compared with the background without herbicides. With the combined use of nitrogen fertilizers and herbicides, the dry weed biomass increased in crops of the first wheat by 6.0 g/m2 (12.1%), of the second wheat – by 29.0 g/m2 (43.4%), of oats – by 78.2 g/m2 (84.6%), relative to the non-fertilized background. Its greatest decrease (by 48–65%) in wheat crops was noted when using herbicides against the background of ploughing, in oats crops – against the background of surface treatment. The total number of weeds and cereal annual and biennial weeds before harvesting depended on the method of soil cultivation, annual and biennial dicotyledons – on the chemicalization means, and the number of perennial weeds depended on the action of both factors and their interaction.*

Keywords: *infestation; dry steppe; tillage; herbicides; nitrogen fertilizers; grain crops.*

Author Details: *D. V. Purgin, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; V. I. Usenko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: usenko.001@mail.ru); V. I. Kravchenko, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; A. A. Garkusha, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: aniish@mail.ru); S. V. Usenko, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; V. P. Oleshko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow.*

For citation: *Purgin D. V., Usenko V. I., Kravchenko V. I., Garkusha A. A., Usenko S. V., Oleshko V. P. Crop Infestation in the Grain-Fallow Crop Rotation Depending on Tillage Method and Chemicalization Means Used. Zemledelie. 2019. No. 8. Pp. 6–14 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10802.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10803
УДК 631.33.024.3

Минимизация энергоёмкости адаптивных рабочих органов сеялок на прямом посеве зерновых культур

И. И. ГУРЕЕВ, доктор технических наук, зав. лабораторией (e-mail: gureev06@mail.ru)
Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

С целью минимизации энергоёмкости прямого посева на разрезающих дисках сеялки, формирующих посевные бороздки, использовали принцип скользящего резания почвы и стеблей растительных остатков. Диски для этого через кинематическую связь подтормаживали опорными колёсами сеялки. Применение такого принципа, помимо снижения энергоёмкости посева, позволило предотвратить затягивание на дно посевных бороздок стеблей растительности, которые при минерализации выделяют токсины, негативно сказывающиеся на всхожести семян. Оценку эффективности инновации проводили в экспериментальных исследованиях на стерневом необработанном фоне после уборки озимой пшеницы на зелёный корм. Твёрдость почвы на участке проведения исследований составляла 1,71 Мпа, влажность в слое 0...5 см – 19,7 %, высота стерни – 19,3 см, её масса – 0,21 кг/м^2, среднее нормальное давление лезвия разрезающего диска на почву – 4,6 кН/м. При глубине бороздок большей 3,7 см на опорных колёсах сеялки проявляется эффект реактивного подталкивающего усилия проскальзывающих разрезающих дисков, благодаря которому снижается тяговое сопротивление посевных секций и, соответственно, энергоёмкость посева. При глубине бороздок 5 см уменьшение тягового сопротивления составило 24 %. При этом равная глубина посевных бороздок достигается меньшей на 34...72 % вертикальной нагрузкой на проскальзывающие диски, в сравнении с дисками свободно перекатывающимися. По результатам сравнительных испытаний экспериментальных образцов сеялок при посеве озимой пшеницы по необработанной стерне после уборки овса машина с проскальзывающими разрезающими дисками характеризовалась меньшими в 1,9 раза удельным тяговым сопротивлением и в 1,6 раза затратами энергии на выполнение технологического процесса, в сравнении с сеялкой, оснащённой свободно перекатывающимися разрезающими дисками.

Ключевые слова: *прямой посев, зерновая сеялка, разрезающий диск, скользящее резание, глубина бороздки.*

Для цитирования: *Гуреев И. И. Минимизация энергоёмкости адаптивных рабочих органов сеялок на прямом посеве зерновых культур // Земледелие. 2019. № 8. С. 14–17. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10803.*

Для дальнейшего наращивания производства высококачественного зерна и снижения его себестоимости технологии возделывания

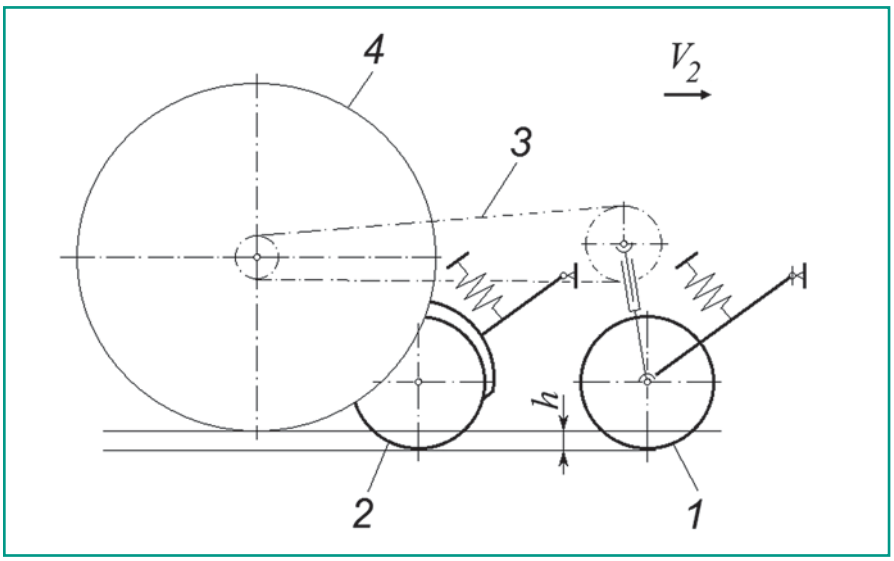


Рис. 1. *Посевная секция зерновой сеялки: 1 – разрезающий диск, 2 – сошник, 3 – кинематическая связь, 4 – опорное колесо.*

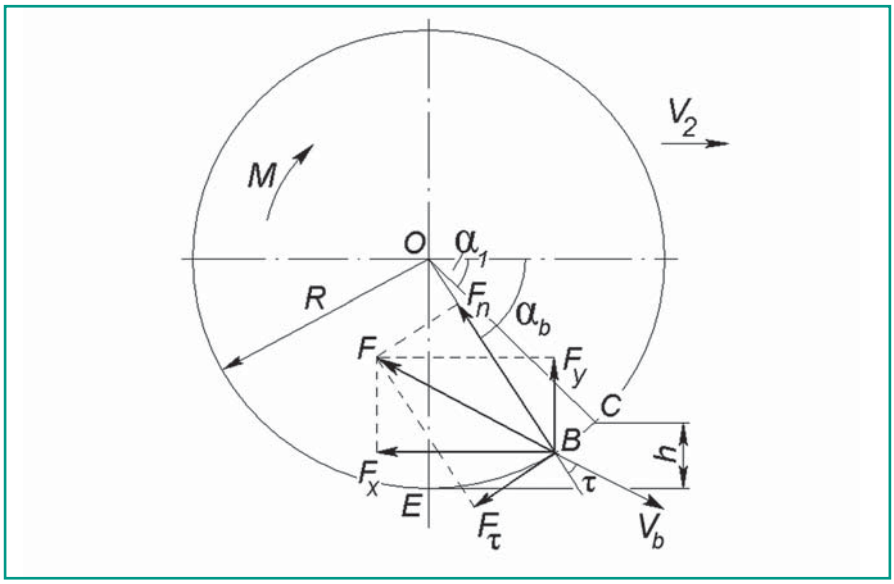


Рис. 2. *Взаимодействие разрезающего диска с почвой: R – радиус разрезающего диска; α_1 – угол входа в почву диска радиусом R; h – глубина посевной бороздки; F – равнодействующая сил сопротивления проникновению диска в почву; F_n и F_τ – нормальная и тангенциальная составляющий силы F; F_x и F_y – горизонтальная и вертикальная составляющий силы F; α_b – положение радиуса R в точке B на периметре диска; V_b – абсолютная скорость точки B; τ – угол между нормалью F_n и вектором V_b.*

зерновых культур и средства их механизации должны быть адаптированы к вариабельным свойствам почвы. Один из основных приёмов агротехнологий, оказывающих непосредственное влияние на состояние почвы, – её механическая обработка. В зависимости от складывающихся почвенно-метеорологических условий под зерновые культуры используют различные виды обработки почвы, вплоть до полного отказа от ее проведения при прямом посеве.

Эффективность прямого посева обусловлена, прежде всего, снижением эрозионных процессов [1]. Кроме того, в длительных полевых опытах на фонах с прямым посевом установлено повышение плодородия почвы вследствие увеличения содержания органического вещества и улучшения структурности [2, 3].

Наиболее привлекателен прямой посев в условиях дефицита увлажнения. Так, применение его при возделывании яровой пшеницы на засушливом юге Западной Сибири позволило на 40 % повысить запасы продуктивной влаги [4].

Энергоёмкость и качество прямого посева в значительной степени определяет способность рабочих органов сеялок формировать в необработанной почве посевные бороздки с требуемыми параметрами. Исходя из многообразия почвенно-климатических условий возделывания зерновых культур, рабочие органы для их посева должны быть адаптивными и с высоким качеством выполнять технологический процесс не только на интенсивно подготовленных фонах. При реализации прямого посева они должны хорошо заглубляться в необработанную почву и перерезать пожнивные растительные остатки, не затягивая их на дно посевных бороздок. В противном случае свежее минерализующееся органическое вещество выделяет токсины, которые негативно сказываются на всхожести семян [5].

Высокую эффективность при прямом посеве показали рабочие органы в виде посевных секций, содержащих разрезающие диски 1 с лезвием по периметру и размещённые по их следу сошники 2 (рис. 1) [6].

Диски 1 нарезают посевные бороздки, на дно которых сошники 2 укладывают семена. Для облегчения условий резания почвы и стеблей растительности, а также повышения заглубляющей способности, диски 1 посредством кинематической связи 3 подтормаживаются опорными колёсами 4 сеялки. Вследствие этого отношение окружной скорости периметра дисков V_1 к поступательной скорости сеялки V_2 (кинематический режим λ) меньше единицы. Лезвия подторможенных дисков 1 проскальзывают относительно перерезаемого материала, осуществляя облегчённое скользящее резание почвы и стеблей растительности.

Цель исследования – минимизация энергоёмкости адаптивных рабочих органов сеялок при прямом посеве зерновых культур.

Условия, материалы и методы. При нарезке посевных бороздок глубиной *h* лезвия дисков контактирует с почвой по дуге $EC = R\,(\varpi/2-\alpha_1)$, где α_1 – угол входа в почву диска радиусом *R* (рис. 2).

В точке *B* дуги приложена равнодействующая *F* сил сопротивления почвы проникновению диска, слагаемая из нормальной F_n и тангенциальной F_τ составляющих:

$$F_n = qR\left(\frac{\pi}{2}-\alpha_1\right), \text{ кН};$$

$$F_\tau = F_n tg\tau, \text{ кН};$$

где *q* – среднее удельное на единицу длины дуги *EC* давление

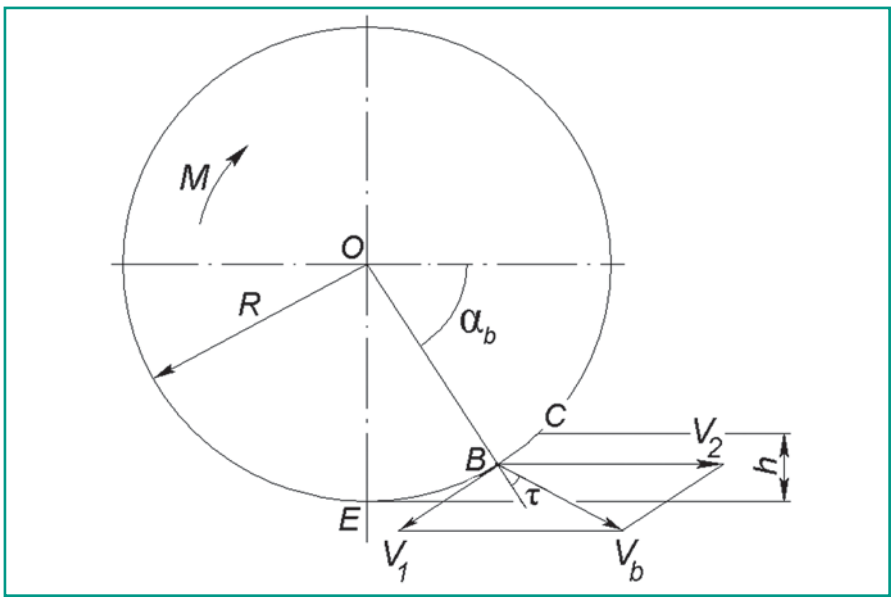


Рис. 3. *Вектор абсолютной скорости точки B на периметре разрезающего диска: R – радиус разрезающего диска; h – глубина посевной бороздки; V_1 – окружная скорость периметра диска; V_2 – поступательная скорость сеялки; α_b – положение радиуса R в точке B на периметре диска; V_b – абсолютная скорость точки B; τ – угол между нормальной составляющей сил сопротивления проникновению диска в почву и вектором V_b.*

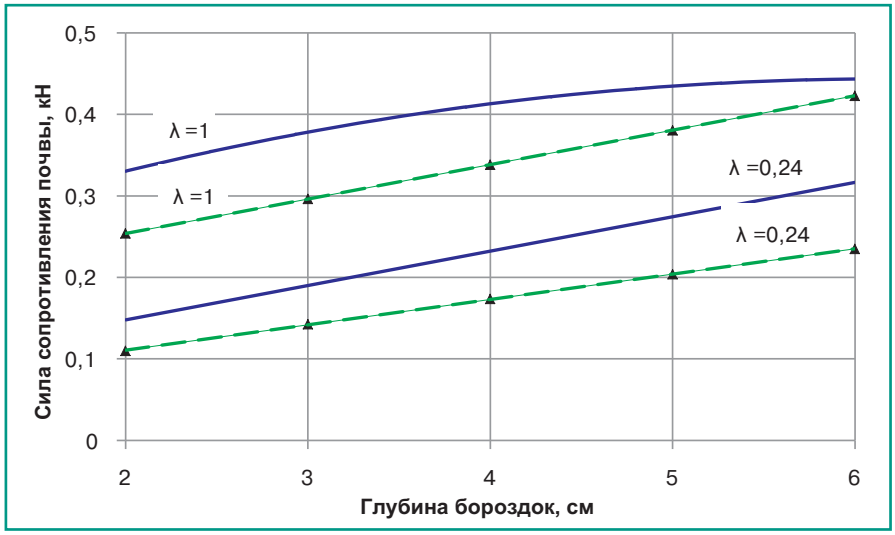


Рис. 4. *Зависимость вертикальной составляющей силы сопротивления почвы проникновению разрезающего диска от его кинематического режима и глубины нарезаемой бороздки: ——— – теоретически; – – – – по уравнению регрессии.*

лезвия диска на почву, кН/м; τ – угол между нормалью F_n и вектором V_b абсолютной скорости точки B (угол скольжения).

Горизонтальная F_x и вертикальная F_y составляющие силы F удовлетворяют системе уравнений:

$$F_x = F_n \cos\alpha_b + F_\tau \sin\alpha_b, \text{ кН};$$

$$F_y = F_n \sin\alpha_b - F_\tau \cos\alpha_b, \text{ кН};$$

где α_b – положение радиуса R диска в точке B.

Очевидно,

$$q = \frac{1}{\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right)} \int_{\alpha_1}^{\frac{\pi}{2}} q_\alpha d\alpha, \text{ кН};$$

$$\alpha_b = \frac{\int_{\alpha_1}^{\frac{\pi}{2}} \alpha q_\alpha d\alpha}{\int_{\alpha_1}^{\frac{\pi}{2}} q_\alpha d\alpha}; \qquad (2)$$

где q_α – удельное давление диска на почву при текущем значении угла α, кН/м.

По экспериментальным данным [7], с увеличением угла скольжения τ необходимое для резания стеблей растительности значение q_α уменьшается. Формализуется эта взаимосвязь зависимостью [8]:

$$q_\alpha = q_0 a^{\tau(\alpha)}, \text{ кН/м}; \qquad (3)$$

где q_0 – значение q при $\tau = 0$, кН/м; a – постоянный коэффициент, $a < 1$; $\tau(\alpha)$ – взаимосвязь углов τ и α.

По теореме синусов из векторного треугольника V_1BV_b следует (рис. 3):

$$\tau = \operatorname{arctg}\left|\frac{\lambda - \sin\alpha}{\cos\alpha}\right|. \qquad (4)$$

Известно, что лучшим агротехническим показателям работы разрезающих дисков соответствует кинематический режим $\lambda = 0{,}24$ [6], при котором взаимосвязь (4) аппроксимируется линейной функцией с достоверностью 100 %:

$$\tau = b\alpha + c;$$

где $b = 68{,}3$ и $c = -20{,}1$.

Тогда выражения (2) с учётом (3) и (5) преобразуются к виду:

$$q = \frac{q_0}{\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right)} \int_{\alpha_1}^{\frac{\pi}{2}} a^{b\alpha + c} d\alpha =$$

$$= \frac{q_0 a^c}{k\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right)} \left(e^{k\frac{\pi}{2}} - e^{k\alpha_1}\right), \text{ кН/м};$$

$$\alpha_b = \frac{e^{k\frac{\pi}{2}}\left(k\frac{\pi}{2} - 1\right) - e^{k\alpha_1}(k\alpha_1 - 1)}{k\left(e^{k\frac{\pi}{2}} - e^{k\alpha_1}\right)};$$

где $a = 0{,}989$; $k = b\ln a = -0{,}754$.

Для свободно перекатывающихся разрезающих дисков (λ=1) коэффициенты уравнения (5) имеют следующие значения с достоверностью аппроксимации 100 %: $b = -28{,}7$ и $c = 45{,}0$.

Сила сопротивления почвы проскальзывающим разрезающим дискам создаёт относительно их оси O крутящий момент M, который через кинематическую связь передаётся на вал опорных колёс сеялки (см. рис. 1). Под действием момента M в точке контакта опорных колёс с поверхностью поля возникает реактивная подталкивающая сила ΔF_x:

$$\Delta F_x = \lambda \frac{F_\tau R}{r}, \text{ кН};$$

где r – радиус опорного колеса сеялки, $r = 0{,}6225$ м.

Суммарное тяговое сопротивление сеялки ΣF_x уменьшается на величину ΔF_x и составляет:

$$\Sigma F_x = F_x - \Delta F_x, \text{ кН}.$$

Оценку влияния кинематического режима разрезающих дисков λ и глубины бороздок h на величину тягового сопротивления сеялки ΣF_x и вертикальную составляющую силы сопротивления почвы проникновению дисков F_y проводили на стерне после уборки озимой пшеницы на зелёный корм. Почва экспериментального участка характеризовалась твёрдостью 1,71 МПа и влажностью в слое 0...5 см – 19,7 %. Высота стерни была равна 19,3 см, а её масса – 0,21 кг/м². Среднеквадратическое отклонение гребнистости поля – 1,6 см. Условия испытаний соответствовали $q_0 = 4{,}6$ кН/м.

Эффективность разработанной конструкции оценивали в сравнительных испытаниях экспериментальных образцов сеялок, проведенных на посеве озимой пшеницы по необработанной стерне после уборки овса.

Результаты и обсуждение. По результатам эксперимента было построено линейное уравнение регрессии, которое адекватно описывает процесс с доверительной вероятностью 90 % по критерию Фишера:

$$F_y = 0{,}03 + 0{,}14\lambda + 0{,}0422h, \text{ кН}. \qquad (6)$$

Сопоставление теоретической (1) и экспериментальной (6) моделей (рис. 4) показало их удовлетворительную сходимость.

Приведенные данные свидетельствуют о преимуществе использования принципа скользящего резания для разрезающих дисков (λ = 0,24) по их способности нарезать посевные бороздки необходимой глубины для заделки семян культуры. Одинаковая глубина бороздок при λ = 0,24 достигается меньшей на 34...72 % вертикальной нагрузкой на разрезающие диски, в сравнении с λ = 1.

При глубине бороздок до h = 3,7 см наблюдалось более высокое тяговое сопротивление посевной секции с проскальзывающим разрезающим диском (рис. 5). Объясняется это облегчёнными условиями формирования бороздок на небольшую глубину, вследствие чего у проскальзывающих дисков эффект от подталкивающей силы ΔF_x невелик. Поэтому свободно перекатывающиеся разрезающие диски формируют бороздки с меньшим тяговым усилием.

Однако практическое значение при посеве зерновых культур имеет глубина бороздок h>3,7 см. В этом случае обозначаются преимущества

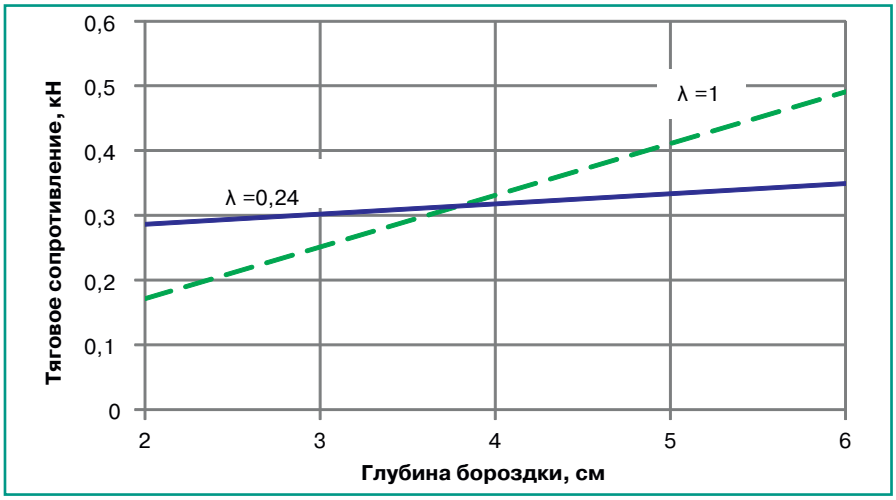


Рис. 5. Зависимость тягового сопротивления посевной секции от кинематического режима разрезающего диска и глубины нарезаемой бороздки.

проскальзывающих разрезающих дисков. Сопротивление внедрению дисков в почву нарастает пропорционально глубине бороздок и, соответственно, в большей степени проявляется эффект реактивного подталкивающего усилия от использования принципа скользящего резания. Благодаря этому эффекту при глубине бороздок 5 см тяговое сопротивление посевной секции с проскальзывающим диском составило 0,33 кН, а у конструкции со свободно перекатывающимся диском – 0,41 кН, или на 24 % выше. При дальнейшем увеличении глубины бороздок разница тягового сопротивления в пользу проскальзывающего разрезающего диска возрастает. Пропорционально снижению тягового сопротивления посевных секций уменьшается энергоёмкость прямого посева зерновых культур.

По результатам сравнительных полевых испытаний удельное тяговое сопротивление сеялки с проскальзывающими разрезающими дисками (новый вариант) было ниже, чем у машины, оснащённой свободно перекатывающимися разрезающими дисками (база для сравнения), в 1,9 раза, затраты энергии на выполнение технологического процесса – в 1,6 раза. При этом с использованием нового варианта полевая всхожесть семян оказалась равной 88,0 %, что на 10,7 % выше, по сравнению с базой. Кроме того, применение модернизированной сеялки способствовало сохранению стерни на уровне 46,5 %, против 16,1 % при использовании базового варианта.

Выводы. Использование принципа скользящего резания для разрезающих дисков зерновой сеялки позволяет снизить энергоёмкость прямого посева культур благодаря облегчению условий резания почвы и стеблей растительности разрезающими дисками, а также повышению их заглубляющей способности в необработанную почву. На опорных колёсах сеялки проявляется эффект реактивного подталкивающего усилия от проскальзывающих дисков, который снижает тяговое сопротивление сеялки.

Литература.

1. Conservation agriculture and ecosystem services: an overview / C. Palm, L. Gatere, H. Blanco-Canqui, etc. // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2014. Vol. 187. Pp. 87–105.

2. Büchi L. Long and short term changes in crop yield and soil properties induced by the reduction of soil tillage in a long term experiment in Switzerland / L. Büchi, M.Wendling, C. Amossé, etc. // Soil & Tillage Research. 2017. Vol. 174. Pp. 120–129.

3. Long-term effect of contrasted tillage and crop management on soil carbon dynamics during 41 years / B. Dimassi, B. Mary, J. Labreuche, etc. // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2014. Vol. 188. Pp. 134–146.

4. Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dry land spring wheat yield in Western Siberia / I. Kühling, D. Trautz, G. Broll, etc. // Soil & Tillage Research. 2017. Vol. 170. Pp. 43–52.

5. Как ускорить процесс разложения растительных остатков // WWW. AGROCOUNSEL.RU – информационный сайт о сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: http://www.agrocounsel.ru/kak-uskorit-protsess-razlozheniya-rastitelnyh-ostatkov (дата обращения: 11.11.2019).

6. Гуреев И. И. Повышение заглубляющей способности сошников сеялок прямого посева // Актуальные проблемы инженерно-технического обеспечения АПК: материалы Международной научно-практической конференции, 23-25 января 2013 г., г. Курск. Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2013. С. 8–9.

7. Клёнин Н. И., Сакун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчёт регулировочных параметров и режимов работы. М.: Колос, 1980. 671 с.

8. Гуреев И. И. Влияние изменения параметров ножей фрезы при обработке стерни // Доклады ВАСХНИЛ. 1983. № 5. С. 42–44.

Minimization of Energy Capacity of Adaptive Working Bodies of Seeders at the Direct Seeding of Cereals

I. I. Gureev
Kursk Federal Agrarian Scientific Center, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *In order to minimize the energy intensity of direct sowing, on the cutting disks of the seeder, forming sowing furrows, the principle of sliding cutting of the soil and stalks of plant residues was used. For this purpose, the discs were braked by the support wheels of the seeder through a kinematic connection. The application of this principle, in addition to reducing the energy intensity of sowing, helped to prevent the pulling of the stems to the bottom, which emit toxins during mineralization that adversely affect the germination of seeds. The effectiveness of the innovation was evaluated in experimental studies against a stubble unprocessed background after harvesting winter wheat for green fodder. The soil hardness at the research plot was 1.71 MPa, the moisture content in the 0–5 cm layer was 19.7%, the stubble height was 19.3 cm, its weight was 0.21 kg/m2, the average normal pressure of the cutting disk blade on the soil was 4.6 kN/m. With a furrow depth greater than 3.7 cm, the effect of the reactive pushing force of the sliding cutting discs is manifested on the support wheels of the seeder, due to which the traction resistance of the sowing sections and, accordingly, the energy consumption of the sowing are reduced. With a groove depth of 5 cm, a decrease in traction resistance was 24%. The uniform depth of sowing grooves is achieved by a 34–72% less vertical load on sliding disks, in comparison with disks that are freely rolling. According to the results of comparative tests of experimental seeders when sowing winter wheat in uncultivated stubble after oats harvesting, the machine with slipping cutting discs was characterized by a 1.9 times lower specific traction resistance and 1.6 times less energy consumption for the technological process, compared to a seeder, equipped with freely rolling cutting discs.*

Keywords: *direct seeding; grain drill; cutting disc; sliding cutting; furrow depth.*

Author Details: *I. I. Gureev, D. Sc. (Agr.), head of laboratory (e-mail: gureev06@mail.ru).*

For citation: *Gureev I. I. Minimization of Energy Capacity of Adaptive Working Bodies of Seeders at the Direct Seeding of Cereals. Zemledelije. 2019. No. 8. Pp. 14–17 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10803.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10804
УДК 631.5; 631.6; 911.2

Изменение свойств дерново-подзолистой почвы и урожайности озимой ржи в зависимости от агроландшафтов гумидной зоны

М. В. РУБЛЮК, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник(e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru)
Д. А. ИВАНОВ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, зав. отделом
О. В. КАРАСЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, пос. Эммаусс, 27, Калининский р-н, Тверская обл., 170530, Российская Федерация

На опытном участке, расположенном в Тверской области, в 2015–2018 гг. проведены исследования с целью изучения влияния агромикроландшафтов на водно-физические и биологические свойства дерново-подзолистой почвы, а также урожайность озимой ржи. Почва дерново-подзолистая остаточно-карбонатная глеевата. Опытный участок осушен закрытым дренажем. Ширина каждого поля севооборота 7,2 м, длина – 1200 м. Предшественник – яровой рапс на сидеральный пар. Удобрения под озимую рожь не применяли, кроме подкормки аммиачной селитрой в дозе N_{30} в фазе трубкования. За годы исследования произошло снижение плотности пахотного слоя почвы в пределах южного склона конечно-моренного холма (на 0,03-0,06 г/см^3). Влажность пахотного слоя почвы под озимой рожью максимально снижалось в транзитно-аккумулятивном варианте южного склона (на 4,7 %). Наибольшим накоплением влаги отличался транзитно-аккумулятивный вариант северного склона (4,0 %). Наблюдали тенденцию увеличения влажности от вершины вниз по северному склону. Микробиологические процессы в почве наиболее интенсивно протекали на южном склоне и замедлялись в транзитных микроландшафтах склона северной экспозиции. Максимальное повышение биоактивности почвы (на 18,2 %) отмечено в транзитно-аккумулятивном варианте южного склона. В аналогичном варианте склона северной экспозиции разложения целлюлозы было наименьшим (11,5 %). В среднем урожайность озимой ржи варьировала от 2,14 до 3,16 т/га (V=12,9 %). Самой высокой она была в транзитном агромикроландшафте южного склона, наименьшей – в элювиально-транзитном варианте южного склона (снижение урожайности на 35,4 %). Наблюдали тенденцию повышения урожайности на склонах и ее снижение в элювиальных вариантах. Наиболее близкие к оптимальным условиям для произрастания озимой ржи сложились в транзитном агромикроландшафте склона южной экспозиции, где была получена наибольшая прибавка урожая зерна (17 %), по сравнению со средней величиной по опыту.

Ключевые слова: *мониторинг, агроландшафт, агромикроландшафт, склон, экспозиция, почва, сидеральный пар, плотность, влажность, биологическая активность, урожайность, озимая рожь (Secale cereale L.).*

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

Озимая рожь – важнейшая продовольственная культура Нечерноземья, поскольку она позволяет избегать резкого понижения продуктивности севооборотов при стрессовых ситуациях, усугубляющих повсеместное снижение плодородия почв, уровень которого ранее поддерживали путем реализации программ по известкованию, фосфоритованию, комплексной химизации и мелиорации земель [1]. Лучшим предшественником для озимой ржи остаётся клевер II года пользования. Вместе с этим, в благоприятные по метеоусловиям годы урожайность этой культуры по сидеральному вико-овсяному пару повышается на 1,70 т/га [2].

Плотность почвы – один из важнейших агрофизических показателей, с которым непосредственно связаны водный, воздушный, тепловой режимы почвы и развитие микробиологических процессов. Именно плотность почвы наиболее тесно коррелирует с урожайностью культур [3, 4]. Влияние различных свойств почвы на формирование продуктивности посевов и их количественная оценка как фактора эффективного плодородия представлены в работах многих исследователей [5, 6]. При этом установлено, что различия склоновых земель по увлажнению, почвенному плодородию, микроклимату приводят к формированию разной урожайности [7]. Поэтому изучение влияния факторов ландшафтной среды на продуктивность озимой ржи – важный аспект агроэкологических изысканий, как в фундаментальном, так и в прикладном аспекте.

Цель исследований – изучить влияние агромикроландшафтов на водно-физические и биологические свойства дерново-подзолистой почвы, а также урожайность озимой ржи.

Для проведения исследований в 1997 г. был заложен эксперимент на опытном стационаре «Губино» (Тверская обл.). Наблюдения за растениями и почвой проводили на агроэкологической трансекте – узком поле длиной 1300 м, разделенном на продольные параллельные полосы, каждую из которых засевали определенной культурой севооборота. Трансекта пересекает все основные микроландшафтные позиции конечно-моренного холма: транзитно-аккумулятивные (Т-А) агромикроландшафты (АМЛ) межхолмных депрессий и нижних частей склонов, в которых преобладает аккумуляция влаги и питательных веществ из грунтовых вод и вышележащих позиций; транзитные (Т) местоположения центральных частей склонов, характеризующиеся боковым током влаги; элювиально-транзитные (Э-Т) позиции верхних частей склонов, где, наряду с боковым током влаги, наблюдается вертикальное промывание почвенного профиля и элювиально-аккумулятивные (Э-А) АМЛ плоской вершины, где происходит как вертикальный, нисходящий ток влаги, так и её аккумуляция в микропонижениях.

1. Изменение плотности пахотного слоя почвы под озимой рожью в условиях различных агромикроландшафтов, г/см³

Экспозиция (фактор А)	Микроландшафт (фактор В)	Год (фактор С)			Среднее
		2015	2016	2018	
Южный склон	Т-Аю*	1,27	1,24	1,19	1,23
	Тю	1,20	1,19	1,10	1,16
среднее		1,23	1,21	1,14	1,19
Вершина холма	Э-Тю	1,20	1,22	1,14	1,19
	Э-А	1,28	1,27	1,13	1,23
	Э-Тс	1,30	1,21	1,16	1,22
среднее		1,26	1,23	1,14	1,21
Северный склон	Тс	1,32	1,26	1,20	1,26
	Т-Ас	1,23	1,22	1,25	1,23
среднее		1,27	1,24	1,22	1,24
Среднее по фактору В		1,26	1,23	1,17	1,22
$НСР_{05}$ 0,09; $НСР_А$ 0,03; $НСР_В$ 0,04; $НСР_С$ 0,03					

**здесь и далее: Т-Аю – транзитно-аккумулятивный микроландшафт южного склона;Тю– транзитный микроландшафт южного склона; Э-Тю– элювиально-транзитный микроландшафт южного склона; Э-А– элювиально-аккумулятивный микроландшафт – вершина холма; Э-Тс – элювиально-транзитный микроландшафт северного склона;Тс – транзитный микроландшафт северного склона; Т-Ас – транзитно-аккумулятивный микроландшафт северного склона.*

Почва на трансекте дерново-сильноподзолистая остаточно-карбонатная глееватая. Гранулометрический состав в вариантах южного склона и вершины – супесчаный, северного склона – легкосуглинистый. Почвообразующие породы имеют двучленный характер. На южном склоне средняя глубина морены превышает 1 м, на северном она залегает в 0,5...0,6 м и местами выходит на поверхность.

Опытный участок осушен закрытым дренажем, глубина залегания дрен1 м, междренное расстояние в элювиальных вариантах составляет 40 м, в транзитных – 20 м, в транзитно-аккумулятивных – 20 м,

В пределах трансекты был развернут зернотравяной севооборот со следующим чередованием культур: яровая пшеница – яровой рапс (на сидерат) – озимая рожь – овес + травы – травы 1...3 года пользования. Ширина каждого поля севооборота составляет 7,2 м, длина – 1200 м. В опыте выращивали озимую рожь сорта Дымка. Удобрения под культуру не применяли, кроме подкормки аммиачной селитрой в дозе N_{30} в фазе трубкования. В ходе мониторинга контролировали влажность (3 раза за вегетацию) и плотность(в конце вегетации) пахотного слоя почвы, а также её биологическую активность на точках опробования, регулярно расположенных вдоль трансекты на расстоянии 40 м. Плотность почвы определяли буровым методом, влажность – методом горячей сушки в 4-х кратной повторности, биологическую активность почвы (в слое 0...20 см) – методом аппликаций с экспозицией 1,5 месяца [8].

Результаты исследований обрабатывали методом трехфакторного дисперсионного анализа, где фактор А – экспозиция склона (северная, южная); фактор В – агромикроландшафты в пределах конкретных склонов; фактор С – годы.

Степень влияния ландшафтных факторов на свойства дерново-подзолистой почвы определяли методом Н. А. Плохинского путём деления частной факториальной суммы квадратов на общую сумму[9].

Наиболее близкие к оптимальным метеоусловия для роста и развития растений озимой ржи отмечены в 2015 и 2016 гг., ГТК составил 1,54 и 1,41 соответственно. В 2018 г. наблюдали недостаток влаги (ГТК 1,14). В период отрастания озимой ржи температура воздуха в исследуемые годы (2015, 2016 и 2018 гг.) была равна 5,1; 7,1 и 6,8 °С, что составило соответственно – 0,2; + 1,9 и + 1,5 % от нормы. Осадков выпало 42; 18 и 41 мм (107; 51 и 104 % от нормы). В фазу трубкования озимой ржи (май) температура воздуха в годы исследований составила 12,8; 14,5 и 14,7 °С (+ 1; + 2,7 и + 2,9 % от нормы). Количество осадков в мае 2015, 2016 и 2018 гг. было равно соответственно 93; 29 и 62,4 мм (163; 55 и 133 % от нормы). В период колошения и цветения озимой ржи (июнь) температура воздуха в 2015, 2016 и 2018 гг. составила 16,9; 17,2 и 15,8 °С (+ 0,5; + 0,8 и + 1,7 % от нормы соответственно), количество осадков – 53; 77 и 77 мм (73,6; 104 и 104 % от нормы). В период созревания озимой ржи (июль) температура воздуха в 2015, 2016 и 2018 гг. была на уровне 17; 20 и 19,1°С (+ 0,9; + 2,1 и + 1,2 % от нормы соответственно), количество осадков – 74; 83 и 83 мм (74; 88 и 88 % от нормы). За вегетационный период сумма температур составила 1884,5; 2476,6 и 2609 °С, а сумма осадков – 392; 349 и 313 мм соответственно.

В результате наших исследований установлено, что запашка органической массы сидеральной культуры (рапса) обеспечила оптимальную для развития озимой ржи плотность почвы – 1,1...1,3 г/см³ (табл. 1). Достоверное ее уменьшение, по сравнению со средним значением по опыту, в 2015 г. наблюдали в вариантах южного склона (Тю и Э-Тю – на 0,06 г/см³). В 2016 и 2018 гг. отмечено снижение плотности почвы, по сравнению с 2015 г., что связано с уменьшением количества осадков за вегетацию на 43 и 79 мм соответственно. Однако характер ее пространственной динамики не изменился. В среднем за 2015–2018 гг. наименее плотной была почва в транзитном микроландшафте южного склона (на 0,06 г/см³ меньше, чем в среднем по опыту). В транзитном микроландшафте склона северной экспозиции наблюдали повышение плотности почвы на 0,04 г/см³. Плотность почвы под озимой рожью достоверно различалась по склонам, агромикроландшафтам и по годам. На южном склоне этот показатель был ниже на 0,04 г/см³, чем на северном. На изменение плотности почвы под озимой рожью в пределах

2. Изменение влажности пахотного слоя почвы под озимой рожью в условиях различных агромикроландшафтов, %

Экспозиция (фактор А)	Микроланшафт (фактор В)	Год (фактор С)			Среднее
		2015	2016	2018	
Южный склон	Т-Аю	13,9	15,4	18,2	15,8
	Тю	18,8	20,8	20,8	19,9
среднее		16,4	18,0	19,5	17,8
Вершина холма	Э-Тю	19,2	21,3	20,0	20,2
	Э-А	19,8	19,3	20,2	19,7
	Э-Тс	22,4	19,1	17,8	19,7
среднее		20,5	19,9	19,3	19,8
Северный склон	Тс	23,3	21,5	25,5	23,4
	Т-Ас	22,3	25,0	25,6	24,5
среднее		22,8	23,3	25,6	23,9
Среднее по фактору В		20,0	20,4	21,2	20,5
$НСР_{05}$ 4,2; $НСР_А$ 1,5; $НСР_В$ 1,8; $НСР_С$ 1,5					

3. Изменение биологической активности почвы под озимой рожью в условиях различных агромикроландшафтов, %

Экспозиция (фактор А)	Микроландшафт (фактор В)	Год (фактор С)			Среднее
		2015	2016	2018	
Южный склон	Т-Аю	81,5	91,7	94,2	89,1
	Тю	62,3	55,2	95,9	71,1
среднее		71,9	73,4	95,1	80,1
Вершина холма	Э-Тю	53,6	73,8	85,9	71,1
	Э-А	84,9	72,2	63,6	73,5
	Э-Тс	71,6	98,0	40,3	69,9
среднее		70,0	81,3	63,3	71,5
Северный склон	Тс	85,4	71,9	30,0	62,4
	Т-Ас	63,0	67,0	48,3	59,4
среднее		74,2	69,5	39,2	60,9
Среднее по фактору В		71,7	75,7	65,5	70,9
$НСР_{05}$ 26,5; $НСР_А$ 9,5; $НСР_В$ 15,3; $НСР_С$ 10,0					

агроландшафта оказывали влияние гранулометрический состав и влажность корнеобитаемого слоя почвы. На южном склоне она супесчаная, на северном – легкосуглинистая. Супесчаные почвы имеют более высокую пористость и, соответственно, меньшую плотность. В транзитных вариантах склона северной экспозиции на суглинистых почвах при повышении влажности почвы до 23,4...24,5 % ее плотность возрастала до 1,23...1,26 г/см^3.

Содержание достаточного количества влаги в почве – необходимое условие для нормального развития растений, которое оказывает большое влияние на поступление элементов питания. Своевременное обеспечение культурных растений водой, как правило, зависит от её запасов в почве, которые, в свою очередь, определяются количеством осадков и способностью почвы удерживать влагу [10]. Анализируя влажность пахотного слоя дерново-подзолистой почвы под озимой рожью, стоит подчеркнуть ее динамичность. Так, если в среднем за вегетационный период 2015 г. на северном склоне содержание влаги колебалось от 22,3 до 23,3 %, то на южном величина этого показателя снижалась до 13,9 % (табл. 2).

Более значительными потерями влаги отличалась почва транзитно-аккумулятивного микроландшафта южного склона. Аналогичная динамика влажности почвы сохранялась и в 2018 г. Оценивая режим влажности пахотного слоя почвы под озимой рожью в среднем за 2015–2018 гг. можно отметить, что наибольшее снижение содержания почвенной влаги наблюдали в Т-Аю (на 4,7 %). В транзитных микроландшафтах склона северной экспозиции величина этого показателя возрастала на 2,9...4,0 %. Стоит подчеркнуть, что максимальным в опыте накоплением влаги отличался транзитно-аккумулятивный вариант северного склона (24,5 %). По влажности почвы наблюдали тенденцию ее увеличения от вершины вниз по северному склону. Результаты трехфакторного дисперсионного анализа показали, что влажность почвы достоверно различалась по склонам ($НСР_А$ = 1,5 %), агромикроландшафтам ($НСР_В$ = 1,8 %) и годам исследований ($НСР_С$ = 1,5 %).

Микробиологическая активность почвы под озимой рожью достоверно различалась по агромикроландшафтам ($НСР_А$ = 15,3 %) и годам исследования ($НСР_В$ = 10 %). Если в 2015–2016 гг. разложение льняного полотна составило в среднем по агроландшафту 71,7 и 75,7 % соответственно, то в 2018 г. наблюдали снижение биоактивности почвы до 65,3 % (табл. 3). При этом отмечена тенденция ее увеличения на южном склоне и снижение на северном. В среднем за 2015–2018 гг. биологическая активность почвы составила 70,9 %. Наиболее интенсивно микробиологические процессы протекали в транзитно-аккумулятивном АМЛ южного склона (повышение на 18,2 %). На северном склоне – Тс и Т-Ас – биологическая активность почвы снижалась на 8,5 и 11,5 % соответственно.

4. Влияние условий агромикроландшафтов на урожайность озимой ржи, т/га

Экспозиция (фактор А)	Микроландшафт (фактор В)	Год (фактор С)			Среднее
		2015	2016	2018	
Южный склон	Т-Аю	2,73	2,71	2,95	2,79
	Тю	2,72	2,90	3,86	3,16
среднее		2,72	2,80	3,40	2,97
Вершина холма	Э-Тю	2,54	1,32	2,57	2,14
	Э-А	2,43	2,20	2,66	2,43
	Э-Тс	2,62	2,33	2,62	2,52
среднее		2,53	1,95	2,61	2,36
Северный склон	Тс	2,72	2,56	3,41	2,90
	Т-Ас	2,65	2,88	3,27	2,93
среднее		2,68	2,72	3,34	2,91
Среднее по фактору В		2,63	2,41	3,05	2,70
$НСР_{05}$ 0,67; $НСР_А$ 0,11; $НСР_В$ 0,33; $НСР_С$ 0,23					

Урожайность зерна озимой ржи во многом зависела от почвенно-климатических условий. В 2015 г. она возрастала в транзитных микроландшафтах и снижалась в элювиальных АМЛ (табл. 4).

В среднем по опыту величина этого показателя составила 2,63 т/га. В 2016 г. наблюдали ее снижение в среднем на 0,22 т/га. В 2017 г. произошла повсеместная гибель посевов вследствие выпревания. В 2018 г. урожайность озимой ржи колебалась от 2,57 до 3,86 т/га.

В среднем за 2015–2018 гг. сбор зерна культуры варьировал от 2,14 до 3,16 т/га (V=12,9 %). Самую высокую урожайность отмечали в транзитном АМЛ южного склона, прибавка, по сравнению со средним значением по опыту, составила 0,46 т/га, или 17,0 %. Самая низкая урожайность (2,57 т/га) была сформирована в элювиально-транзитном АМЛ южного склона – ее уменьшение составило 35,4 %. В целом наблюдали тенденцию повышения урожайности озимой ржи на склонах и ее снижение в элювиальных микроландшафтах.

В результате 3-х факторного дисперсионного анализа установлены достоверные различия между сборами зерна по вариантам опыта ($НСР_В$ = 0,33 т/га) и по годам исследований ($НСР_С$ = 0,23 т/га). Сила влияния фактора В (микроландшафт) на урожайность озимой ржи составила 24,3 %, фактора С (годы) – 19,0 %. С помощью корреляционного анализа выявлена незначительная зависимость величины этого показателя от влажности пахотного слоя почвы и реакции почвенного раствора (r =0,22 и 0,27 соответственно) и обратная прямая – от биологической активности и содержания гумуса (r = -0,37 и -0,31 соответственно).

Таким образом, возделывание озимой ржи по сидеральному пару (яровой рапс) с минимальным применением удобрений (N_{30} подкормку) сопровождалось снижением плотности почвы в элювиально-транзитном и транзитном микроландшафтах южного склона на 0,04...0,06 г/см^3 соответственно.

Влажность пахотного слоя почвы сильнее всего возрастала в транзитно-аккумулятивном микроландшафте северного склона (на 4 %), а биологическая активность почвы – на южном склоне и на вершине (до 89,1...73,5 %) , на северном склоне отмечено ее снижение до 62,4 ... 59,4 %. Наиболее высокий уровень биологической активности почвы отмечен в транзитно-аккумулятивном

микроландшафте южного склона (79,5 %).

Урожайность зерна озимой ржи возрастала в транзитных микроландшафтах и снижалась в элювиальных. Наибольшая прибавка, по сравнению со средней величиной этого показателя по опыту, была сформирована в транзитном агромикроландшафте южного склона (17 %).

Литература.

1. Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 6. 2018. С. 17–25.

2. Влияние предшественников озимой ржи на урожайность, показатели почвенного плодородия и экономическую эффективность /Л. И. Козлова, Т. С.Макарова, Ф. А. Попов и др. // Достижение науки АПК. № 6. 2012. С. 42–45.

3. Комарова Н. А. Значение различных паров в изменении плотности светло-серой лесной почвы и урожайности культур севооборота// Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 2. 2018. С. 58–63.

4. Jungk A., Claasen N., Kuchenbuch R. Potassium depletion of soil theroot in relation to soil parameters and root properties // Soil Science and Plant Nutrition.1982. V. 1. Pp. 250–255.

5. Шляхтина Е. А., Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Влияние почвенно-климатических условий на зимостойкость и урожайность озимой ржи // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 111–115.

6. Stankowski S., Maciorowski R., Piech M. Wptywgtebokoscisiewunaplonowanie i komponentyplonuodmianzytamieszancowego i populacyjnego // Biul. Just. hod. iaklim. rosl. 2000. № 214. С. 85–93.

7. Влияние ландшафтных условий на структуру урожая озимой ржи / Д. А. Иванов, Н. Г. Ковалев, О. Н. Анциферова и др. // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук, № 2. 2013. С. 38–40.

8. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / Изд. 2-е. Учеб. пособие для студентов вузов (специальность «Агрохимия и почвоведение»). М.: Высшая школа, 1973. 393 с.

9. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: МГУ, 1970. 367с.

10. Румянцев В. И., Коптеева З. Ф., Сурков Н. Н. Земледелие с основами почвоведения / под ред. В.И. Румянцева. М.: Колос, 1979. 367 с.

Changes in the Properties of Sod-Podzolic Soil and Winter Rye Yield Depending of the Agrolandscapes of the Humid Zone

M. V. Rublyuk, D. A. Ivanov, O. V. Karaseva

All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, pos. Emmauss, 27, Kalininskii r-n, Tverskaya obl., 170530, Russian Federation

Abstract. *We determined the influence of agromicrolandscapes on water, physical, and biological properties of sod-podzolic soil and winter rye productivity in the test plot of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands in 2015–2018. The soil was sod-podzolic residual carbonate gleyic. The experimental plot was drained by closed drainage. The width of each crop rotation field was 7.2 m, the length was 1200 m. The forecrop was spring rape for green manure. Fertilizers for winter rye were not applied, except for fertilizing with ammonium nitrate at a dose of N30 a.s. into the stem elongation phase. Over the years of the research, the density of the arable layer decreased within the southern slope of the moraine hill (by 0.03–0.06 g/cm3). The moisture content of the arable layer of the soil under winter rye decreased to the most extent in the transit-accumulative regime of the southern slope (by 4.7%). The highest accumulation of moisture was observed in the transit-accumulative variant of the northern slope (4.0%). There was a tendency to increase moisture from the top down the northern slope. Microbiological processes in the soil proceeded most intensively in the southern slope and decrease in the transit microlandscapes of the northern exposure slope. The maximum increase in soil bioactivity (by 18.2%) was observed in the transit-accumulative variant of the southern slope. In a similar variant of the northern exposure slope, the percentage of cellulose decomposition was the least (11.5%). On average, the yield of winter rye varied from 2.14 to 3.16 t/ha (V = 12.9%). The highest yield of grain crops was formed in the transit agromicrolandscape of the southern slope, the least one was in the eluvial-transit variant of the southern slope (the decrease in the yield was 35.4%). We observed a trend of increasing yields on the slopes and its decline in eluvial variants. The most optimal conditions for the growth of winter rye were formed in the transit agromicrolandscape of the slope of the southern exposure, where the largest increase in grain yield (17%) was obtained, compared with the average value from the experiment.*

Keywords: *monitoring; agrolandscape; agromicrolandscape; slope; exposure; soil; green manure fallow; density; humidity; biological activity; yield; winter rye (Secale cereale L.).*

Author Details: *M. V. Rublyuk, Cand. Sc. (Agr.),senior research fellow(e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru); D. A. Ivanov, D. Sc. (Agr.),professor, corresponding member of the RAS, head of division; O. V. Karaseva, Cand. Sc. (Agr.),senior research fellow.*

For citation: *Rublyuk M. V., Ivanov D. A., Karaseva O. V. Changes in the Properties of Sod-Podzolic Soil and Winter Rye Yield Depending of the Agrolandscapes of the Humid Zone // Zemledelije. 2019. No. 8. Pp. 18–21 (in Russ.). DOI:10.24411/0044-3913-2019-10804.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10805
УДК 631.445.1 (470.620)

Динамика порового пространства и агрегатного состава почв Северо-Западного Кавказа при развитии гидро-метаморфизма*

В. П. ВЛАСЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: kubsoil@mail.ru)
А. В. ОСИПОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Е. Д. ФЕДАЩУК, аспирант
Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, Краснодар, 350044, Российская Федерация

Работу проводили с целью исследования деградационных процессов, приводящих к изменениям структуры, состава и свойств, прежде всего агрофизических, почв вследствие гидрометаморфизма. Современное состояние изучаемых физических характеристик почвы (соотношение фаз физического состава, структура порового пространства по размерам и функциям, агрегатный состав по Саввинову, расчетные показатели фактора дисперсности и коэффициента структурности почв, основная гидрофизическая характеристика) определяли в ходе собственных исследований в 2005–2016 гг. При изменении генетической принадлежности почв, обусловленной усилением гидроморфизма и/или сменой вида угодий, происходит увеличение содержания глыбистых агрегатов с 3,8...16,5 % в черноземах на залежи до 25,6...40,7 % на пашне, 31,2...89,2 % в луговато-черноземных уплотненных и 33,3...89,7 % в лугово-черноземных слитых почвах. Водопрочность структуры черноземов выщелоченных высокая по всему профилю – содержание водопрочных агрегатов составляет 76,1...86,1 % и практически не зависит от вида угодья. Гидрометаморфизм вызывает снижение доли водопрочных агрегатов в лугово-черноземных слитых почвах на 7,4... 12,2 %. В динамике пористости гидрометаморфизованных почв (независимо от

типа ландшафта) проявляется тенденция преимущественного снижения количества влагосохраняющих пор по отношению к влагопроводящим. Изменение структуры порового пространства гидрометаморфизованных почв низменно-западинных ландшафтов практически необратимо, заметное снижение доли влагопроводящих пор в мочаковатых черноземах при относительно стабильном содержании влагосохраняющих пор сохраняет возможность их мелиорации.

Ключевые слова: *агрегатный состав, поровое пространство, фазы физического состава, основная гидрофизическая характеристика.*

Для цитирования: *Власенко В. П., Осипов А. В., Федащук Е. Д. Динамика порового пространства и агрегатного состава почв Северо-Западного Кавказа при развитии гидрометаморфизма // Земледелие. 2019. № 8. С. 21–25. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10805.*

Основные элементарные почвообразовательные процессы, определяющие сложное понятие гидрометаморфизм, – слитогенез и глеегенез. Для изучения морфометрических и геометрических признаков почв необходимо рассмотрение агрегатного состава и порового пространства.

Твердая фаза почвы и ее структурное состояние, тесно связаны со структурой порового пространства и распределением пор по размерам. В поровых пространствах происходят практически все физические, химические и биологические процессы, а также накапливаются необходимые для растений запасы влаги и почвенного воздуха. Для характеристики почвенных агрегатов необходимо исследование твердой фазы почвы и второго компонента ее строения – порового пространства. Полная характеристика агрегатного состава дисперсной системы почвы подразделяется на три группы признаков: морфометрические, энергетические и геометрические [1, 2].

К морфометрическим признакам относятся размеры, форма, характер поверхности и количественное соотношение почвенных агрегатов; к энергетическим – характер, природа и динамика структурных связей; к геометрическим – пространственное расположение структурных элементов и их систем разного уровня.

Цель исследования – изучение современного состояния порового пространства почв в процессе их гидрометаморфизма и выявление динамики структурного состояния (содержания агрономически ценных и водопрочных агрегатов, пористости агрегатов и межагрегатной, распределения пор по функциям, соотношения фаз физического состава почв).

Объектами исследований служили почвы Северо-Западного Кавказа (Азово-Кубанская низменность и Кубанская наклонная равнина), в которых вследствие различных ландшафтных условий единый по содержанию процесс гидрометаморфизма приводит к разным последствиям.

За исходные приняты показатели структурного (агрегатного) состояния автоморфных почв и их гидрометаморфизованных (согласно [3]) аналогов, установленные в результате обследования полигонов государственной сети почвенного мониторинга в наиболее типичных районах Азово-Кубанской низменности и Кубанской наклонной равнины (1994–2004 гг.).

Современное состояние изучаемых характеристик (соотношение фаз физического состава, структура порового пространства по размерам и функциям, агрегатный состав по Саввинову, расчетные характеристики фактора дисперсности и коэффициента структурности почв, основная гидрофизическая характеристика) установлено в ходе собственных исследований почв объектов в 2005–2016 гг.

На Азово-Кубанской низменности исследовали черноземы выщелоченные залежи (бывшая пашня учхоза «Кубань», переведенная в залежь с целью консервации земель, 2005 г.); черноземы выщелоченные, лугово-черноземные уплотненные почвы пашни (земли учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ, 2006–2016 гг.); лугово-черноземные слитые почвы (пастбище на территории ЗАО «Нива» Тимашевского района, 2008 г.). На Кубанской наклонной равнине изучали черноземы выщелоченные слабо- и среднемочаковатые пашни и черноземы выщелоченные сильномочаковатые пастбища в совхозе «Попутненский» Отрадненского района (2006 г.).

Различие между наименованиями почв по двум классификационным системам, принятым в России – генетическая «Классификация и диагностика почв СССР, 1977 г.» (РК 1977 г.) [4] и субстантивно-генетическая «Классификация и диагностика почв России, 2004 г.» (РК 2004 г.) [3] – состоит в принципе выбора диагностических признаков. Так, в РК 2004 г. предложен субстантивный подход, позволяющий объединить в единые таксоны почвы с одинаковыми морфогенетическими свойствами независимо от их возможной пространственной разобщенности и эколого-ландшафтной приуроченности (табл. 1). В этом отношении ее использование в наших исследованиях было бы более целесообразным, но в связи с тем, что практически все предыдущие почвенные материалы по району исследования составлены с использованием РК 1977 г., мы для своей работы выбирали номенклатуру и обозначения почвенных горизонтов, принятые этой классификационной системой. Единственное отступление от принципов, заложенных в указанной системы – использование признака «мочаковатые», введеного в РК 1977 по предложению Краснодарского отделения ВОП на родовом уровне.

1. Классификационное положение почв

Наименование почв в различных классификациях				
РК 1977 г		РК 2004 г		
тип	подтип	отдел	тип	подтип
Черноземы	выщелоченные выщелоченные (род – мочаковатые)	аккумулятивно-гумусовые почвы	черноземы	глинисто-илювиальные гидрометаморфизованные
Лугово-черноземные	луговато- и лугово-черноземные уплотненные луговато- и лугово-черноземные слитые	аккумулятивно-гумусовые почвы	черноземы глинисто-илювиальные	гидрометаморфизованные (квазиглеевые) гидрометаморфизованные (квазиглеевые) слитизированные

Лабораторные анализы выполнены по общепринятым методикам в образцах, отобранных из середины генетического горизонта в 3-кратной повторности.

Агрегатный состав почв определяли по Саввинову [5], для распределения пор по размерам использовали основную гидрофизическую характеристику (ОГХ). В связи с высокой трудоемкостью методов ее прямого определения, требующих больших

**Статья опубликована на основании научных результатов, полученных при финансовой поддержке по гранту №19-44-230008 РФФИ и администрации Краснодарского края.*

затрат времени и применимости с высокой точностью в узком интервале давлений влаги (pF) использовали технологию расчета базовых показателей физического состояния почвы, разработанную П. М. Сапожниковым и А. Н. Прохоровым [6], одна из важнейших составляющих которой – расчет ОГХ.

Изучали особенности строения порового пространства гидрометаморфизованных почв, по сравнению с фоновыми черноземами. Общую пористость рассчитывали по методу Качинского [7, 8] на основании данных, полученных при изучении плотности почв.

По результатам агрегатного анализа почв Азово-Кубанской низменности отмечена тенденция снижения содержания агрономически-ценных агрегатов при изменении вида угодий (залежь – пашня), а также изменении генетической принадлежности почв, обусловленной усилением гидроморфизма .

Агрономически ценные агрегаты преобладают в верхних горизонтах черноземов выщелоченных залежи – 93,4 %, с глубиной величина этого показателя снижается до 82,0 %, что связано с уменьшением содержания гумуса. В верхних слоях черноземов пашни на долю агрономически ценных агрегатов приходится 73,3 %, в плужной подошве на глубине 25...30 см их значительно меньше – 43,0 %. В нижележащих слоях количество агрономически ценных агрегатов, как и на залежи, несколько уменьшается в связи с меньшей гумусированностью – 58,3...77,1 %.

Содержание водопрочных агрегатов в черноземах выщелоченных залежи высокое по всему профилю – 84,0...85,8 % и практически не отличается от черноземов пашни 76,1...86,1 % (см. рисунок). При этом в верхней, наиболее интенсивно обрабатываемой части пахотного слоя (5...10 см) черноземов пашни, величина этого показателя ниже, чем в залежи.

Водопрочность структуры почв отрицательных элементов рельефа снижается по мере усиления процессов гидроморфизма и слитизации. По сравнению с черноземами пашни, содержание водопрочных агрегатов в лугово-черноземных слитых почвах меньше на 7,4...22,2 %.

Слабомочаковатые черноземы Кубанской наклонной равнины характеризуются более глыбистой структурой в средней части профиля, с заметным увеличением количества крупно-ореховатых и призматических агрегатов. Более высокое содержание глыбистых агрегатов связано с периодическим переувлажнением, набуханием и растрескиванием почвенной массы при высыхании. Черноземы среднемочаковатые, подвергшиеся более сильному переувлажнению, отличаются глыбистой структурой горизонта В и значительным увеличением плотности в сухое время года. Черноземы сильномочаковатые подвержены длительному и избыточному увлажнению. Горизонт В разбивается вертикальными трещинами на призмовидно-глыбистые отдельности, а в сыром состоянии представляет собой слипшуюся бесструктурную массу. В летне-осенний период года сложение почвенного профиля более уплотненное, по сравнению с черноземами, без признаков переувлажнения. При этом в слабомочаковатых черноземах коэффициент структурности составляет 1,1, а в сильномочаковатых почвах снижается до 0,16.

Оценка результатов агрегатного состояния (особенно мокрого просеивания) представляет определенную сложность в связи с наличием множества критериев, которые авторы методик относят к определяющим. Среди исследуемых почв только для черноземов выщелоченных залежи Азово-Кубанской низменности оценки водопрочности структуры с использованием подходов разных авторов (по Долгову и Бахтину, критерий АФИ, по Качинскому) в принципе совпадают, при этом оценка по Качинскому – избыточно высокая [9].

Водопрочность структуры пахотного слоя черноземов пашни оценивается одинаково, а с глубиной (15...20 и 30...35 см) отмечено существенное расхождение (от удовлетворительной по Долгову и Бахтину до очень хорошей и отличной по критерию АФИ), у луговато-черноземных и лугово-черноземных уплотненных и слитых почв такие различия еще более ощутимы.

Известно [10, 11], что почвенная структура на целине более водостойкая, чем на пашне, из-за различий во внутреннем строении агрегатов. У агрегатов залежи оно характеризуется наличием постоянных водотоков или вертикальных пор, укрепленных сильно развитой корневой системой и органическим веществом. Структурные отдельности пашни меньше пронизаны корнями и имеют нестабильное поровое пространство. Это различие сказывается при жестких условиях просеивания, позволяя защемленному воздуху покидать агрегаты залежи по сформировавшимся водотокам, не разрушая их. Менее прочные поры пашни остаются неразрушенными только при медленном капиллярном насыщении агрегатов. Аналогичные объяснения приводят Дж. П. Квирк с соавт. [12], хотя основанием для этого у них были различные скорости увлажнения агрегатов целины и пашни, а также более выраженная слакируемость (распад в воде при участии защемленного воздуха) последних.

Один из важных показателей, характеризующих состояние двух наиболее динамичных фаз почвы, – пористость (общая, внутриагрегатная, межагрегатная).

В результате исследований установлено, что общая пористость черноземов выщелоченных залежи Азово-Кубанской низменности практически не различается по профилю – 49,6...50,5 % (табл. 2). Она достигает максимума в слое 10...15 см (52,1 %) и уменьшается в нижележащих слоях до 45,0...46,6 %, что может быть связано с воздействием антропогенного фактора, в частности возникновением «плужной подошвы». На отрицательных элементах рельефа, при заметном проявлении процессов слитизации и гидроморфизма, общая пористость заметно ниже (42,0...43,8 %) и также практически не различается по профилю.

Для черноземов Кубанской наклонной равнины характерна более

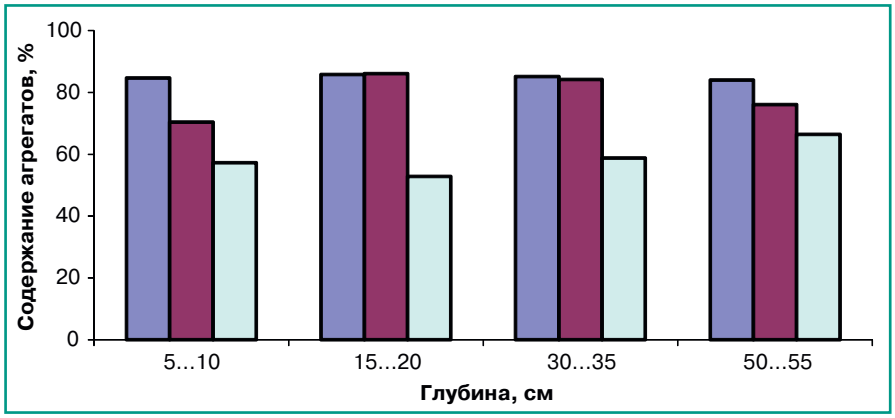


Рисунок *Содержание водопрочных агрегатов в почвах Азово-Кубанской низменности (2016 г.): ■ – черноземы выщелоченные (залежь); ■ – черноземы выщелоченные (пашня); □ – лугово-черноземные слитые.*

2. Дифференциальная пористость почв

Наименование почв	Глубина, см	Плотность почвы, г/см³	Влажность почвы, %	Пористость, %				
				общая	размер агрегатов, мм			межагрегатная
					>10	10...5	5...3	
Азово-Кубанская низменность								
Черноземы выщелоченные (залежь)	10...15	1,31	15,7	49,6	27,5	25,3	25,2	32,5
	30...35	1,39	19,9	49,8	27,5	26,8	25,0	31,4
	55...60	1,33	21,7	50,2	27,9	27,8	27,4	31,0
Черноземы выщелоченные (пашня)	10...15	1,24	13,0	52,1	25,4	24,3	24,2	32,9
	30...35	1,43	14,7	45,0	26,5	24,8	24,1	26,9
	55...60	1,43	13,4	46,6	25,2	23,8	24,9	29,9
Луговато-черноземные уплотненные	10...15	1,50	13,1	42,1	22,7	23,4	21,8	24,4
	30...35	1,45	14,4	42,0	21,5	21,6	22,2	25,4
	55...60	1,51	16,9	43,0	23,5	24,2	25,4	24,8
Лугово-черноземные слитые	10...15	1,45	12,3	43,8	20,4	19,2	18,2	30,4
	30...35	1,47	15,1	42,5	18,5	18,9	18,0	29,5
	55...60	1,52	17,3	42,6	16,5	16,7	17,0	31,1
Кубанская наклонная равнина								
Черноземы выщелоченные слабомочаковатые	10...15	1,27	14,0	50,4	25,1	29,0	23,2	21,7
	30...35	1,30	15,9	49,8	27,5	28,9	23,1	21,4
	55...60	1,43	16,4	46,9	25,2	26,8	24,9	18,0
Черноземы выщелоченные среднемочаковатые	10...15	1,30	15,7	49,0	29,4	31,2	28,6	18,9
	30...35	1,35	16,8	48,7	31,9	32,1	25,1	16,5
	55...60	1,47	17,4	47,6	32,1	30,1	28,2	17,0
Черноземы выщелоченные сильномочаковатые	10...15	1,32	14,0	48,2	28,2	26,4	25,1	16,7
	30...35	1,45	17,9	45,7	27,6	26,7	25,4	19,6
	55...60	1,60	18,7	43,4	27,2	25,4	23,4	18,0

высокая, по сравнению с черноземами Азово-Кубанской низменности, общая пористость, которая, согласно оценочной шкале [13], составляет 43,4...52,1 %. Различия ее по профилю для слабо- и среднемочаковатых черноземов, отнесенных, согласно нашей оценке [14], к почвам с высокой степенью проявления гидрометаморфизма, несущественны, а для сильномочаковатых черноземов с очень высокой степенью проявления гидрометаморфизма – достаточно заметны.

Пористость агрегатов, по мнению разных авторов [15], зависит от размера структурных отдельностей, в наших исследованиях такая закономерность не установлена.

Наиболее важная роль в оптимизации физического состояния почвы принадлежит воздушному режиму, который во многом зависит от пористости аэрации. Использование методики Сапожникова П. М. [6], построенной на применении основной гидрофизической характеристики (ОГХ), позволило установить зависимость между степенью мочаковатости почв Отрадненского района Краснодарского края и соотношением фаз физического состава почвы.

Изменения в твердой фазе связаны с процессом оглеения, приводящим к увеличению ее дисперсности и удельной поверхности, а также, как следствие, плотности упаковки. Пористость аэрации черноземов колеблется от 28,5...33,9 % на залежи до 30,3...39,0 % на пашне, изменений ее с глубиной не установлено. У полугидроморфных аналогов черноземов отмечается заметное снижение пористости аэрации с глубиной, связанное с усилением гидроморфизма и слитизации. На глубине 55...60 см у луговато-черноземных уплотненных почв на поры аэрации приходится 26,1 %, у лугово-черноземных слитых – 25,3 %.

Пористость аэрации верхних горизонтов черноземов мочаковатых несколько выше, чем у луговато- и лугово-черноземных уплотненных и слитых почв, на 2,7...4,3 % [13].

Снижение пористости при развитии гидрометаморфизма сопровождается изменением структуры порового пространства (табл. 3).

По данным В. Г. Онищенко [11] с уплотнением почвы происходит линейный рост давления влаги в поровом пространстве, что свидетельствует о повышении водоудерживающей способности почвы и снижении количества доступной растению влаги. Это утверждение, в совокупности с результатами наших исследований позволяет сделать предположение о том, что основные факторы, ограничивающие плодородие гидрометаморфизованных почв, особенно тяжелого гранулометрического состава, – низкая пористость аэрации и высокое давления влаги в поровом пространстве почв.

Наибольшее содержание влагосохраняющих пор размером <50 мкм отмечено в профиле черноземов залежи (46,6 %), что на 3 % выше, чем у черноземов пашни Различия в содержании влагопроводящих пор менее заметны, но подчинены тем же закономерностям.

3. Структура порового пространства почв

Глубина образца, см	Содержание пор, %	
	влагосохраняющих (<50 мкм)	влагопроводящих (>50 мкм)
Черноземы выщелоченные (залежь)		
10...15	46,6	13,0
30...35	44,2	11,0
55...60	39,0	12,0
Черноземы выщелоченные (пашня)		
10...15	43,0	14,0
30...35	41,1	10,0
55...60	38,9	10,5
Луговато-черноземные уплотненные		
10...15	40,2	11,2
30...35	42,0	10,9
55...60	34,7	9,8
Лугово-черноземные слитые		
10...15	36,2	9,0
30...35	29,6	10,5
55...60	32,1	8,5
Черноземы выщелоченные среднемочаковатые		
10...15	41,0	11,0
30...35	40,1	9,0
55...60	39,5	9,5
Черноземы выщелоченные сильномочаковатые		
10...15	39,1	10,0
30...35	38,7	8,9
55...60	38,1	6,9

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

СЕМЕНА ВЫСОКИХ РЕПРОДУКЦИЙ

сои, подсолнечника, пшеницы, сахарной свеклы, гречихи, фасоли, гороха

- Лучшие показатели продуктивности
- Максимальная устойчивость к заболеваниям
- Адаптированность к климатическим условиям региона

www.betaren.ru

Реклама

Управляй урожаем, начиная с правильного выбора сорта

Зерновые культуры

Семена перспективных высокопродуктивных сортов озимой и яровой пшеницы отечественной селекции

- Продуктивность от 65 ц/га
- Повышенное содержание белка и клейковины
- Высокая устойчивость к заболеваниям и полеганию
- Высокая адаптивность

Соя

Эксклюзивные семена сортов сои зарубежной селекции Евралис Семанс, а также российской и белорусской селекции

- Потенциал урожайности 40 ц/га и более
- Содержание протеина до 45 %
- Высокие адаптивные свойства
- Для разных регионов возделывания

Бобовые культуры

Семена высоких репродукций перспективных сортов гороха и фасоли отечественной селекции

- С урожайностью гороха от 40 ц/га и более
- С урожайностью фасоли от 20 ц/га и более
- С повышенным содержанием белка

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

Сахарная свекла

Высококачественные дражированные семена гибридов сахарной свеклы зарубежной и отечественной селекции

- Урожайность 600-700 ц/га
- Сахаристость 18-22 %
- Высокая устойчивость к засухе и болезням
- Полная предпосевная доработка семян на заводе «Бетагран Рамонь»

В 2020 году встречайте ГИБРИДЫ БУДУЩЕГО!

«СоюзСемСвекла» - новое направление в селекции, основанное на молекулярной генетике и клеточных технологиях.
Гибриды с абсолютными показателями
- Сбор сахара не менее 10 т/га
- Высокая устойчивость к заболеваниям
- Высокая адаптивность к жестким условиям

Подсолнечник

Высококачественные семена гибридов подсолнечника собственной селекции

- Высокий потенциал продуктивности в различных регионах возделывания
- Высокая масличность – 50-52 %
- Выносливость к заразихе рас от А до Е
- Высокая пластичность
- Устойчивость ко многим заболеваниям
- Для использования в различных системах возделывания, включая устойчивые к имидазолинонам гибриды
- Семена проходят полную предпосевную подготовку на заводе «Бетагран Рамонь»

Гречиха

Высококачественные семена гречихи

- Потенциальная урожайность до 30 ц/га
- Высокая устойчивость к полеганию и осыпанию
- Высокие технологические и кулинарные качества

«Щелково Агрохим» ведет семеноводство важнейших культур высокопродуктивных сортов и гибридов отечественной и зарубежной селекции, размножение которых происходит на полях ведущих семеноводческих предприятий России, включая ООО «ОПХ Орловское» и ООО «Дубовицкое» Орловской области, ФГУП им. А.Л. Мазлумова и «Бетагран Рамонь» Воронежской области.

www.betaren.ru

Реклама

Фото:
кристаллы замороженной мякоти
винограда в поляризованном свете

В НОВЫЙ ГОД, ОПЕРЕЖАЯ ВРЕМЯ!

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

15 НОВЫХ ПРЕПАРАТОВ
В НОВОМ ГОДУ!

www.betaren.ru

Реклама

Структура порового пространства полугидроморфных аналогов значительно отличалась. Доля влагопроводящих пор у луговато-черноземных уплотненных почв была меньше, чем у черноземов, на 1,8...2,2 %, у лугово-черноземных слитых – на 3,5...4,0 %, влагосохраняющих – соответственно на 4,3...6,4 % и 8,9...10,4 %.

Черноземы мочаковатые характеризуются меньшей дифференциацией по содержанию влагосохраняющих пор. В зависимости от степени мочаковатости различия по величине этого показателя незначительны (1,1...1,4 %), с глубиной, особенно у сильномочаковатых почв, они становятся более заметными – 1,5...3,1 %.

По данным других исследователей [16], наиболее заметно снижение доли влагосохраняющих пор в общей пористости при развитии гидрометаморфизма в луговато-черноземных и лугово-черноземных уплотненных и слитых почвах низменно-западинных агроландшафтов, что совпадает с нашими выводами. Вернуться к первоначальному состоянию почвы (до развития гидрометаморфизма) с использованием современных агротехнических приемов невозможно. Такое восстановление обусловлено деятельностью почвенных микроорганизмов, накоплением специфических органических веществ в течение длительного периода времени, поэтому произошедшие изменения необратимы. При этом заметное снижение доли влагопроводящих пор в сильномочаковатых черноземах при относительно стабильном содержании влагосохраняющих пор обеспечивает возможность их мелиорации.

Таким образом, водопрочность структуры по всему профилю черноземов выщелоченных высокая – содержание водопрочных агрегатов составляет 76,1...86,1 % и практически не зависит от вида угодья. Гидрометаморфизм вызывает снижение доли водопрочных агрегатов в лугово-черноземных слитых почвах на 7,4...12,2 %.

Отмечено изменение соотношения между фазами физического состояния почвы (твердой, жидкой, газообразной) вследствие гидрометаморфизма в мочаковатых почвах в сторону увеличения доли твердой фазы в сильномочаковатых на 5 % (объемных), по сравнению со слабомочаковатыми. В структуре пористости гидрометаморфизованных почв (независимо от типа ландшафта) проявляется тенденция преимущественного снижения доли влагосохраняющих пор по отношению к влагопроводящим.

Изменение структуры порового пространства гидрометаморфизованных почв низменно-западинных ландшафтов, по нашему мнению, практически необратимо, заметное снижение доли влагопроводящих пор в мочаковатых черноземах при относительно стабильном содержании влагосохраняющих пор сохраняет возможность их мелиорации.

Литература.

1. Воронин А. Д. Структурно-энергетическая концепция гидрофизических свойств почв и ее практическое применение // Почвоведение. 1980. № 2. С. 23–36.
2. Воронин А. Д. Основы физики почв. М.: Изд-во МГУ, 1986. 240 с.
3. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева и др. // Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР//М.:Колос, 1977.233 с.
5. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высш. шк., 1973. 415 с.
6. Сапожников П. М., Прохоров А. Н. Подходы к расчёту показателей мониторинга физического состояния почв // Почвоведение. 1992 № 9. С. 52–64.
7. Качинский Н. А. Физика почвы. М.: Высш. шк., 1965. 323 с.
8. Качинский Н. А. Оценка основных физических свойств почв в агрономических целях и природного их плодородия по механическому составу // Почвоведение. 1958. № 5. С. 58–65.
9. Хитров Н. Б. Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2003. 505с.
10. Атаманюк А. К. К методике определения плотности почвы // Почвоведение. 1970. № 4. С. 120–124.
11. Онищенко В. Г. Количественная оценка физического состояния почв // Почвоведение. 1994. № 6. С. 60–66.
12. Cvirc J. P., Marshall T.J., Holmes I. W. Soil Physics. Cambridge,1979, p. 318.
13. Власенко В. П., Терпелец В. И. Гидроморфная деградация черноземов Западного Предкавказья // Краснодар: КубГАУ, 2008. 204 с.
14. Власенко В. П., Терпелец В. И. Методологические аспекты выбора диагностических критериев гидрометаморфизма в черноземах Западного Предкавказья // Краснодар: Сб. науч. тр. КубГАУ. 2010. Вып. 6 (27). С. 19–24.
15. Ахтырцев Б. П., Адерихин П. Г., Кодер Т. Н. Осолоделые почвы Окско-Донской равнины и их эволюция. 1975. Воронеж: Изд. Воронежского университета. 182 с.
16. Khitrov1 N. B., Vlasenko V. P., Rogovneva L. V. Statistic indices for bowl-and diapir-like morphostructures of vertisols in vorontsovo depression (padi) // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2015. Вып. 77.

Dynamics of Pore Volume and Aggregate Composition of Soils in the North-Western Caucasus at the Development of Hydrometamorphism

V. P. Vlasenko, A. V. Osipov, E. D. Fedashhuk

I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, ul. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044, Russian Federation

Abstract. *The work aimed to study degradation processes leading to changes in soil structure, composition, properties, primarily agrophysical, due to soil hydrometamorphism. The current state of the studied characteristics of the physical condition of the soil (the ratio of phases of physical composition, the structure of the pore volume in size and function, the aggregate composition according to Savvinov, the estimated characteristics of the dispersion factor and soil structure ratio, the main hydrophysical characteristic) was obtained during the studies of the soil in 2005–2016. With a change in soil genetic origin due to increased hydromorphism and/or a change in the type of land use, the content of clumpy aggregates increased from 3.8–16.5% in chernozems in idle lands to 25.6–40.7% in arable land, 31.2–89.2% in the meadow-chernozem compacted soils and 33.3–89.7% in the meadow-chernozem merged soils. The water-resistance of the leached chernozem is high throughout the whole profile, the content of water-resistant aggregates was 76.1–86.1% and was practically independent of the type of land. Hydrometamorphism caused a decrease in the proportion of water-resistant aggregates in meadow chernozemic merged soils by 7.4–12.2%. In the dynamics of porosity of hydrometamorphosed soils (regardless of the type of landscape), there is a tendency to predominantly reduce the number of moisture-retaining pores in relation to moisture-conducting ones. A change in the pore space structure of hydrometamorphosed soils of lowland landscapes is practically irreversible, a noticeable decrease in the proportion of moisture-conducting pores in peaty chernozems with a relatively stable content of moisture-retaining pores makes it possible to reclaim them.*

Keywords: *aggregate composition; pore volume; phases of physical composition; main hydrophysical characteristic.*

Author Details: *V. P. Vlasenko, D. Sc. (Agr.), prof. (e-mail: kubsoil@mail.ru); A. V. Osipov, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof.; E. D. Fedashhuk, post graduate student.*

For citation: *Vlasenko V. P., Osipov A. V., Fedashhuk E. D. Dynamics of Pore Volume and Aggregate Composition of Soils in the North-Western Caucasus at the Development of Hydrometamorphism. Zemledelie. 2019. No. 8. Pp. 21–25 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10805.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10806
УДК 631.417.2:631.559

Связь показателей гумусного состояния чернозема типичного с урожайностью озимой пшеницы

Н. П. МАСЮТЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора (e-mail: vninp@mail.ru)
А. В. КУЗНЕЦОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
М. Н. МАСЮТЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
М. А. ПРИПУТНЕВА, младший научный сотрудник
Курский федеральный аграрный научный центр, ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,
ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования проводили в 2017–2019 гг. на опытном поле в Медвенском районе Курской области с целью оценки связи показателей гумусного состояния чернозема типичного тяжелосуглинистого с урожайностью озимой пшеницы (сорт Синтетик) и выявления их оптимальных параметров методом площадок. Варьирование углерода подвижных фульвокислот в почве на исследуемых площадках было значительным (V = 20,3 %), гумуса незначительным (V = 2,3 %) , остальных показателей – средним (V = 10,8...17,7 %). Наблюдали сильную вариацию урожайности озимой пшеницы (от 1,87 до 7,15 т/га). На основе информационно-логического анализа установлена сильная связь урожайности озимой пшеницы с содержанием в почве углерода подвижных фульвокислот (Кэ = 0,17...0,23), отношением углерода подвижных гуминовых кислот к углероду гумуса (Кэ = 0,17...0,22), содержанием гумуса (Кэ = 0,17...0,20), отношением углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот (Кэ = 0,17...0,21); слабая связь – с содержанием в почве углерода подвижных гуминовых кислот (Кэ = 0,05...0,07), углерода микробной биомассы (Кэ = 0,06...0,07). Прямое влияние на урожайность изучаемой культуры оказывает величина показателя качества подвижных гумусовых веществ (отношение подвижных гуминовых кислот к подвижным фульвокислотам). Отмечена сильная связь урожайности озимой пшеницы с содержанием гумуса и его лабильной части. Для формирования 5,46...7,15 т/га зерна озимой пшеницы Синтетик необходимо, чтобы содержание углерода подвижных гумусовых веществ находилось на уровне 4560...5040 мг/кг и составляло бы 14...16 % от углерода гумуса; содержание углерода подвижных фульвокислот – 1885...2205 мг/кг почвы, отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот – 1,2...1,4 содержание гумуса – 5,22...5,36 %.

Ключевые слова: *чернозем типичный, озимая пшеница, связь, оптимальные параметры, информационно-логический анализ, гумус, углерод, подвижные гумусовые вещества, подвижные гуминовые кислоты, подвижные фульвокислоты, микробная биомасса.*

Для цитирования: *Связь показателей гумусного состояния чернозема типичного с урожайностью озимой пшеницы / Н. П. Масютенко, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко и др. // Земледелие. 2019. № 8. С. 26–29. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10806.*

Гумус и его качественный состав играют важную роль в плодородии черноземов, обеспечении экологической устойчивости почв [1, 2, 3]. Он оказывает как прямое, так и косвенное влияние на урожай сельскохозяйственных культур. Прямое воздействие связано с лабильной (активной) частью почвенного органического вещества. Косвенное – проявляется через влияние на агрохимические, агрофизические, водные и биологические свойства почвы, а также на тепловой, воздушный и другие режимы, которые обеспечивают условия развития и роста сельскохозяйственных растений.

Сегодня в условиях недостаточного поступления в почву органического вещества и снижения содержания гумуса, возникает проблема оптимизации содержания и состава органического вещества почвы и достижения параметров показателей гумусного состояния, способствующих росту урожайности сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что наиболее эффективное влияние гумуса на почву в целом, а также на урожай и качество сельскохозяйственной продукции, достигается при оптимальном его содержании и качестве**.** Поэтому необходимо, с одной стороны, оценка значимости связи показателей гумусного состояния с урожайностью сельскохозяйственных культур, с другой, определение их оптимальных параметров, тесно связанных с урожайностью сельскохозяйственных культур. Ранее уже проводили исследования в этом направлении с использованием предлагаемого в нашей работе подхода [1], однако при более низких уровнях урожайности сельскохозяйственных культур [4, 5, 6].

Цель исследований – оценить связь показателей гумусного состояния чернозема типичного с урожайностью озимой пшеницы и выявить их оптимальные параметры.

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в опыте по биологизации земледелия ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» (Медвенский р-н, Курская обл.) в посевах озимой пшеницы сорта Синтетик. Основной метод определения оптимальных параметров – сопряженное изучение свойств почвы и урожайности сельскохозяйственных культур в полевых опытах, проведенное с использованием метода площадок в сельскохозяйственных посевах [1]. Работу выполняли на 30 делянках (площадках) по 1 м^2 каждая. Уборку осуществляли вручную в фазе полной спелости. Урожайность озимой пшеницы определяли индивидуально для каждой площадки.

Почва исследуемого поля представлена черноземом типичным тяжелосуглинистым на карбонатном лессовидном суглинке. В пахотном слое (0...20 см) содержание аммиачного азота (согласно методу ЦИНАО ГОСТ 26489-85) находилось на уровне 0,23...0,56 мг/100 г почвы, нитратного азота (по Грандваля-Ляжу [7]) – 0,45...1,48 мг/100 г почвы. Реакция почвенного раствора слабокислая (pH водной вытяжки определяли потенциометрически [8], 6,2...6,5 ед.). Содержание обменного кальция и магния (ГОСТ 26487-85) варьировало от 20,0 до 21,6 и от 3,7 до 4,6 мг·экв/ 100 г почвы соответственно. Обеспеченность чернозема типичного подвижным калием (по Чирикову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204-91) была повышенной (9,4...12,8 мг/100 г почвы), подвижным фосфором – изменялась от средней (9,6 мг/100 г почвы) до высокой (16,2 мг/100 г почвы).

В ходе эксперимента на каждой площадке отбирали пробы почвы в виде смешанного образца из 3-х точек (всего 30 образцов). В отобранном почвенном материале определяли: содержание гумуса – методом Тюрина в модификации Б. Н. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д. С. Орлову и Н. М. Гриндель [9]; содержание и состав подвижных гумусовых веществ – в 0,1 н вытяжке NaOH из почвы без декальцирования в модификации Почвенного института им. В. В. Докучаева [10] с предварительным компостированием (ВНИИЗиЗПЭ); содержание углерода микробной биомассы в свежих почвенных образцах – регидратационным методом [11]; влажность почвы – термостат-весовым методом [12].

Метеорологические условия в годы исследований имели отличия. В сентябре 2016 г., когда была посеяна озимая пшеница, среднемесячная температура составляла +12,3 ^{0}С, что на 0,4 ^{0}С меньше нормы, осадков выпало 13 мм, или 20 % от нормы. В октябре среднемесячная температура находилась на уровне +5,4 ^{0}С, что на 1,1^0 С меньше нормы, осадков выпало 71 мм, или 123 % от среднемноголетнего. В осенний период вегетации озимой пшеницы гидротермический коэффициент был низким 0,69 – увлажненность недостаточная. Начальный период вегетации сельскохозяйственной культуры был не очень благоприятным. В зимнее время и в марте 2017 г. среднемесячная температура была в среднем на 0,72 ^{0}С выше нормы, осадков выпало 232 мм, или 105 %. Следовательно, к активной весенней вегетации озимой пшеницы влага в почве была. Среднемесячная температура с апреля по июль была на 0,53 ^{0}С ниже нормы, осадков выпало 229 мм, или 92 % от среднемноголетнего количества, в основном в июне–июле. Гидротермический коэффициент в этот период составил 1,20, увлажненность территории была оптимальной, что способствовало формированию хорошего урожая озимой пшеницы.

В сентябре 2017 г. (период сева и начальные фазы органогенеза) среднемесячная температура составила +12,7 ^{0}С, что на 1,8 ^{0}С выше нормы, осадков выпало мало – 20 мм, или 29 %, гидротермический коэффициент был низким – 0,48, а увлажненность территории слабая. Поэтому начальный период вегетации пшеницы выдался не очень благоприятным. В октябре среднемесячная температура (+6,1 ^{0}С) находилась на 0,4 ^{0}С меньше нормы, а осадков выпало 80 мм, или 139 % от среднемноголетних показателей. В зимнее время и в марте 2018 г. среднемесячная температура превосходили норму на 0,4 ^{0}С, осадки – на 73 % (303 мм). Следовательно, к активной весенней вегетации озимой пшеницы влаги в почве было достаточно. Среднемесячная температура с апреля по июль находилась примерно на 1,7 ^{0}С выше нормы, количество осадков составило 259 мм (174 % от нормы). Гидротермический коэффициент в этот период достигал 1,31, что выше, чем в 2017 г. Увлажненность территории была близкой к оптимальной, что способствовало формированию хорошего урожая озимой пшеницы.

Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики [13, 14] и с использованием информационно-логического анализа [15], который, на основе теории информации в рамках анализируемой системы «почва–растение», позволяет выявить и количественно оценить силу, характер, направленность связей между урожаем сельскохозяйственной культуры и показателями гумусного состояния почвы, а также определить их параметры, специфичные для определенного уровня урожаев [1]. Выявление характера связи показателей гумусного состояния чернозема типичного с урожайностью озимой пшеницы проводили по коэффициенту связи (по Генесу) [16].

Применяемый подход позволяет установить оптимальные параметры, которые соответствуют высоким рангам урожайности сельскохозяйственных культур. Критериями их отбора служат коэффициент эффективности передачи информации (Кэ) и коэффициент связи (по Генесу) [16]. Необходимо учитывать те показатели, у которых Кэ средний и выше среднего, а коэффициенты связи наибольшие.

В работе использовали программные средства Microsoft Office EXCEL, STATISTICA, информационно-логический анализ проводили с помощью компьютерной программы, разработанной в среде EXCEL Г. П. Глазуновым [4].

В пахотном слое чернозема типичного показатели гумусного состояния на исследуемых площадках изменялись следующим образом: содержание гумуса от 5,22 до 5,70 %, углерода подвижных гумусовых веществ (Спгв) – от 4168 до 7158 мг/кг почвы, углерода подвижных гуминовых кислот (Спгк) – от 2283 до 3402 мг/кг почвы, углерода подвижных фульвокислот (Спфк) – от 1885 до 3911 мг/кг почвы, углерода микробной биомассы – от 4168 до 7159 мг/кг почвы; отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижным фульвокислотам (Спгк/Спфк) – от 0,7 до 1,4 %; отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду гумуса (Спгв/Сг) – от 12,9 до 22,6 %.

При этом изменчивость гумуса в почве на исследуемых площадках была незначительная (коэффициент вариации = 2,3 %), Спгв, Спгк, Спгв/Сг, Спгк/Спфк – средняя (коэффициенты вариации – соответственно 13,0 %; 10,8 %; 12,9 %; 17,7 %); углерода подвижных фульвокислот – значительная (коэффициент вариации = 20,3 %).

Урожайность озимой пшеницы изменялась от 1,87 до 7,15 т/га, коэффициент варьирования составлял 29,7 %, то есть изменчивость была значительной.

В процессе информационно-логического анализа данные по каждому показателю гумусного состояния почвы (для примера представлены результаты 2018 г., в котором был выше уровень урожайности) и по сбору зерна озимой пшеницы с единицы площади (n=30) были разделены на три класса (ранга). Наполнение классов по урожайности осуществляли согласно следующей градации – <3,62; 3,62...5,46; >5,46 т/га, по содержанию углерода подвижных гумусовых веществ в пахотном слое чернозема типичного (n=30) – соответственно < 5040; 5040...5720; >5720 мг/кг почвы (табл. 1).

1. Зависимость (канал связи) между урожайностью озимой пшеницы и содержанием в черноземе типичном подвижных гумусовых веществ (Спгв)

Спгв, мг/кг	Эмпирическая вероятность классов урожайности, т/га			Вероятность, Р(В)**	Неопределенность, бит	Информативность, бит
	<3,62	3,62...5,46	>5,46			
< 5040	0,200	0,100	0,700	0,333	1,1568	0,1411
5040...5720	0,300	0,500	0,200	0,333	1,4855	0,0316
>5720	0,500	0,500	0,001	0,334	1,0104	0,1901
Вероятность Р(А)*	0,333	0,367	0,300	1,000		

**вероятность встречаемости каждого ранга урожая озимой пшеницы, ** вероятность встречаемости каждого ранга углерода подвижных гумусовых веществ Н(А)=1,5802 бит Н(В)=1,5850 бит Т=0,363 бит К=0,23, где Н(А) – неопределенность для явления А, бит; Н(В) – неопределенность для параметра В (углерода подвижных гумусовых веществ), бит; Т – количество информации, бит; К – коэффициент эффективности передачи информации.*

С помощью математических расчетов была определена вероятность встречаемости каждого ранга урожайности озимой пшеницы – явление А, и показателей гумусного состояния почв – параметры В (в представленном примере параметром выступает содержание в почве углерода подвижных гумусовых веществ), неопределенность и информативность явления А и параметров В, а также количество информации и коэффициент эффективности передачи информации (см. табл. 1). Коэффициент эффективности передачи информации показывает значимость параметра для выбранного явления и характеризует степень влияния каждого параметра на изучаемое явление.

В рамках анализируемой системы «почва–растение» установлена тесная связь содержания в почве углерода подвижных гумусовых веществ (К = 0,23) с урожайностью озимой пшеницы. Следовательно, этот параметр оказывает значимое влияние на изучаемое явление.

2. Оценка характера связи между урожайностью озимой пшеницы и содержанием в черноземе типичном подвижных гумусовых веществ (Спгв) по коэффициенту связи (по Генесу)

Спгв, мг/кг	Ранг	Урожайность, т/га		
		<3,62	3,62...5,46	>5,46
		1	2	3
<5040	1	0,60	0,27	1,20*
5040...5720	2	0,90	1,36*	0,67
>5720	3	1,50*	1,36*	0,00
Р(А)		0,333	0,367	0,300

**специфические ранги*

В качестве примера также представлены результаты оценки характера связи между урожайностью озимой пшеницы и содержанием в черноземе типичном подвижных гумусовых веществ в 2018 г. (табл. 2).

В результате математических действий определены коэффициенты связи (по Генесу), представляющие отношение условной вероятности к общей вероятности для каждого ранга урожая озимой пшеницы по каждому рангу показателя гумусного состояния почвы. Чем больше величина коэффициента связи между фактором и явлением, тем, следовательно, устойчивее явление. На их основании, по наибольшим значениям выделены специфичные состояния (ранги) урожайности озимой пшеницы для каждого ранга показателей гумусного состояния и определен характер связи.

Между урожаем озимой пшеницы и содержанием в почве подвижных гумусовых веществ установлена зависимость, описываемая логической функцией конъюнкции (см. табл. 2, 3), для которой характерно, что значение функции равно минимальному значению любого аргумента. В нашем случае, наибольшему уровню (рангу урожая озимой пшеницы) соответствует наименьшее значение содержания в почве подвижных гумусовых веществ, а наименьшему – наоборот, следовательно связь обратная. Для наибольшего урожая озимой пшеницы (>5,46 т/га) специфично наименьшее содержание подвижных гумусовых веществ (<5040 мг/кг почвы), это и есть оптимальный параметр.

На основе информационно-логического анализа в рамках анализируемой системы «почва–растение» по данным 2017 и 2018 гг. (см. табл. 3) установлена сильная связь с урожайностью озимой пшеницы углерода подвижных гумусовых веществ (Кэ = 0,16...0,23), содержания в почве углерода подвижных фульвокислот (Кэ = 0,17...0,23), отношения углерода подвижных гуминовых кислот к углероду гумуса (Кэ = 0,17...0,22), содержания гумуса (Кэ = 0,17...0,20), отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот (Кэ = 0,17...0,21); слабая – содержания в почве углерода подвижных гуминовых кислот (Кэ =0,05...0,07), углерода микробной биомассы (Кэ = 0,06...0,07). Сила связи в исследуемые годы оставалась в одной категории, что свидетельствует об её устойчивости.

Зависимость между урожайностью озимой пшеницы и отношением углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот в исследуемые годы выражается логической функцией дизъюнкции (прямая связь); содержанием в почве углерода подвижных фульвокислот, микробной биомассы – в 2017 г. логической функцией нелинейного произведения, в 2018 г. – логической функцией конъюнкции (обратная связь); отношением углерода подвижных гуминовых кислот к углероду гумуса, содержанием в почве гумуса, углерода подвижных гуминовых кислот – логической функцией нелинейного произведения (с тенденцией в направлениях связи к средним рангам урожайности озимой пшеницы). Следовательно, характер направленности связи может изменяться по годам, причем по показателям, отличающимся наибольшим варьированием в пространстве.

Из изучаемых показателей гумусного состояния наибольшее влияние на урожайность озимой пшеницы оказывают те, которые имеют с нею сильную связь – это содержание подвижных гумусовых веществ и подвижных фульвокислот, отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду гумуса (лабильность гумуса), содержание гумуса, отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот (качество лабильного гумуса). Причем связь Спгв и Спфк с урожаем озимой пшеницы (У) обратная, то есть наименьшему рангу Спгв соответствует наибольший ранг У. Возможно, это следствие минерализации подвижных гумусовых веществ в процессе роста озимой пшеницы в основном за счет подвижных фульвокислот, так как, по сравнению с подвижными гуминовыми кислотами, Спфк более трансформируемые. С содержанием подвижных гуминовых кислот связь слабая и не обратная, а нелинейного произведения.

Прямое влияние на урожайность изучаемой культуры оказывает показатель качества подвижных гумусовых веществ (Спгк/Спфк), с его увеличением сбор зерна возрастает. Влияние гумуса и относительного содержания подвижных гумусовых (Спгв/Сг) веществ осложнено нелинейной зависимостью. Обратный характер связи углерода микробной биомассы с урожайностью озимой пшеницы в 2018 г. свидетельствует о том, что наибольшая продуктивность (3 ранг) формируется при невысоких значениях (1 ранг) содержании Смб в почве.

В результате проведенных исследований с использованием информационно-логического анализа для наибольшей урожайности озимой пшеницы (>4,93 т/га в 2017 г.; >5,46 т/га в 2018 г.) установлены специфичные оптимальные параметры показателей гумусного состояния чернозема типичного (табл. 4).

Для формирования 5,46...7,15 т/га зерна озимой пшеницы Синтетик необходимо, чтобы содержание угле-

3. Оценка связи урожайности озимой пшеницы с органическим веществом чернозема типичного

Показатель	Количество информации (Т, бит)		Коэффициент эффективности передачи информации (К)		Оценка связи*	Характер направленности связи**	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017/2018 гг.	2017 г.	2018 г.
Углерод подвижных гумусовых веществ (Спгв)	0,26	0,36	0,16	0,23	С/С	Λ	Λ
Углерод подвижных фульвокислот (Спфк)	0,26	0,35	0,17	0,23	С/С	⊗	Λ
Отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду гумуса (Спгв/Сг)	0,26	0,35	0,17	0,22	С/С	⊗	⊗
Гумус (Г)	0,26	0,31	0,17	0,20	С/С	⊗	⊗
Отношение углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот (Спгк/Спфк)	0,33	0,27	0,21	0,17	С/С	V	V
Углерод подвижных гуминовых кислот (Спгк)	0,08	0,10	0,05	0,07	Ссл/Ссл	⊗	⊗
Углерод микробной биомассы (Смб)	0,11	0,09	0,07	0,06	Сср/Ссл	⊗	Λ

**С – сильная, Ср – средняя, Сл – слабая; **характер связи: V – дизъюнкция (прямая); Λ – конъюнкция (обратная); ⊗ – нелинейного произведения.*

4. Оптимальные параметры показателей органического вещества чернозема типичного для озимой пшеницы в пахотном слое почвы

Показатели гумусного состояния почвы	Оптимальные параметры для урожайности	
	4,93...6,46 т/га	5,46...7,15 т/га
Г, %	5,16...5,30	5,22...5,36
Спгв, мг/кг	4020...4510	4560...5040
Спфк, мг/кг	1828...2050	1885...2205
Спгв/Сг, %	12...14	14...16
Спгк/Спфк	1,0...1,2	1,2...1,4

рода подвижных гумусовых веществ 4560...5040 мг/кг, что составляло бы 14...16 % от углерода гумуса; содержание углерода подвижных фульвокислот – 1885...2205 мг/кг почвы, отношение Спгк/Спфк – 1,2...1,4, гумуса – 5,22...5,36 %.

Следует отметить, что уровень урожайности озимой пшеницы в 2017 г. был несколько ниже, чем в 2018 г. Оптимальные параметры гумусного состояния характеризуются меньшими величинами.

Таким образом, по результатам исследований, проведенных с использованием информационно-логического анализа установлена сильная устойчивая связь урожайности озимой пшеницы сорта Синтетик с характеристиками гумуса и его лабильной части. Повышение качества подвижных гумусовых веществ обеспечивает рост уровня урожайности культуры. Лабильность гумуса оказывает большее влияние на ее величину, чем содержание в почве. Установленные оптимальные параметры показателей гумусного состояния чернозема типичного характеризуют наиболее благоприятные условия для произрастания озимой пшеницы и формирования высокой урожайности на почвах такого типа. Это экологически и агрономически значимые показатели почвенных условий. Полученные результаты необходимы для оптимизации гумусного состояния черноземов с целью повышения урожайности озимой пшеницы, сохранения плодородия и экологической устойчивости почв.

Литература.

1. Масютенко Н. П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства. М.: Россельхозакадемия, 2012. 150 с.

2. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах / В. И. Кирюшин, Н. Ф. Ганжара, И. С. Кауричев и др. М.: Изд-во МСХА им. К.А. Тимирязева, 1993. 99 с.

3. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 223 с.

4. Глазунов Г. П. Активный пул органического вещества чернозема типичного и его связь с урожайностью зерновых культур // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. Курск, 2009. 24 с.

5. Панкова Т. И., Масютенко Н. П., Колтышева Е. В. Возможности моделирования плодородия почв на основе информационно-логического анализа // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 8–16.

6. Панкова Т. И. Оценка связи урожайности и качества зерна ячменя с агрохимическими свойствами чернозема типичного: материалы 51-й международной научной конференции. ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства». Москва: ВНИИА, 2017. С. 68–71.

7. Александрова Л. Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Колос, 1986. 280 с.

8. Практикум по агрохимии / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, О. А. Амельянчик и др. М.: МГУ, 2001. 689 с.

9. Никитин Б. А. Уточнения к методике определения гумуса в почве // Агрохимия. 1983. № 8. С. 101–106.

10. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв / Составитель К. В. Дьяконова. М.: ВАСХНИЛ. Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1984. 96 с.

11. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С. А. Благодатский, Е. В. Благодатская, А. Ю. Горбенко и др. // Почвоведение. 1987. № 4. С. 64–71.

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

13. Дмитриев Д. А. Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ, 1972. 292 с.

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1979. 351 с.

15. Пузаченко Ю. Г., Карпачевский Л. О., Взнуздаев Н. А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере её влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М.: Наука, 1970. С. 103–121.

16. Генес В. С. Некоторые простые методы кибернетической обработки данных диагностических и физиологических исследований. М.: Наука, 1967. 167 с.

Relationship of the Humus State Indicators of Typical Chernozem with Winter Wheat Yield

N. P. Masyutenko, A. V. Kuznetsov, M. N. Masyutenko, M. A. Priputneva
Kursk Federal Agrarian Scientific Center, All-Russian Research Institute of Farming and Soil Protection from Erosion, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *The research was conducted in 2017–2019 in the experimental field of Kursk Federal Agricultural Research Center (Medvenskiy district, Kursk region) in order to assess the relationship between the humus state indicators of typical heavy loamy chernozem and the yield of winter wheat 'Sintetik' and to identify their optimal parameters using a method of plots. The variation of carbon of mobile fulvic acids in the soil on the studied plots was significant (the coefficient of variation V was 20.3%), the variation of humus content was insignificant (V = 2.3%), and the variation of the other indicators was average (V = 10.8–17.7%). There was a strong variation in winter wheat yield (from 1.87 t/ha to 7.15 t/ha). Based on the information-logical analysis, a strong relationship was established between the yield of winter wheat and the content of the carbon of mobile fulvic acids in the soil (Ke = 0.17–0.23), the ratio of carbon of mobile humic acids to humus carbon (Ke = 0.17–0.22) , the content of humus (Ke = 0.17–0.20), the ratio of carbon of mobile humic acids to the carbon of mobile fulvic acids (Ke = 0.17–0.21); the weak connection was established with the content of carbon of mobile humic acids in the soil (Ke = 0.05–0.07), carbon of microbial biomass (Ke = 0.06–0.07). It was revealed that the quality index of mobile humic substances (the ratio of mobile humic acids to mobile fulvic acids) had a direct effect on the productivity of the studied culture. A strong connection between the yield of winter wheat and humus and its labile part was noted. To obtain the yield of 5.46–7.15 t/ha of winter wheat 'Sintetik', the content of the labile part of humus should be at the level: the carbon of mobile humus substances – 4560–5040 mg/kg, which would be 14–16% of humus carbon; the carbon content of mobile fulvic acids – 1885–2205 mg/kg of soil, the ratio of carbon of mobile humic acids to the carbon of mobile fulvic acids – 1.2–1.4, of humus – 5.22–5.36%.*

Keywords: *typical chernozem; winter wheat; connection; optimal parameters; information-logical analysis; humus; carbon; mobile humus substances; mobile humic acids; mobile fulvic acids; microbial biomass.*

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

For citation: *Masyutenko N. P., Kuznetsov A. V., Masyutenko M. N., Priputneva M. A. Relationship of the Humus State Indicators of Typical Chernozem with Winter Wheat Yield // Zemledelije. 2019. № 8. Pp. 26–29 (in Russ.). DOI:10.24411/0044-3913-2019-10806.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10807
УДК 633.31:631.52

Продуктивность сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения и качество произведенного из них корма

А. В. АЛАБУШЕВ, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, директор
С. А. ИГНАТЬЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: mnogoletnie.travy@mail.ru)
Т. В. ГРЯЗЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, агроном
Н. Г. ИГНАТЬЕВА, техник-исследователь
А. А. РЕГИДИН, младший научный сотрудник
Аграрный научный центр «Донской», пос. Научный городок, 3, Зерноград, 347740, Российская Федерация

Цель исследований – анализ кормовой и семенной продуктивности созданных в разное время сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения для подбора генотипов, реализующих свой потенциал в условиях недостаточного увлажнения в полевом травосеянии. Работу выполняли в 2013–2017 гг. в Ростовской области на черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом. Во все годы исследований наблюдали острый недобор осадков второй половины вегетации на фоне высоких среднесуточных температур воздуха. Гидротермический коэффициент в 2013 и 2014 гг. составил 0,7, в 2016 и 2017 гг. – 0,8, в 2015 г. – 0,9. Объектом исследования служили сорта люцерны – Ростовская 90 (St.), Люция, Селянка, Голубка и эспарцета – Зерноградский 2 (St.), Велес, Сударь, Шурави. Посев осуществляли весной беспокровно, рядовым способом. Сорта изучали по трем закладкам – в 2013, 2014 и 2015 гг. Стандарт люцерны Ростовская 90 в сумме за 2 укоса сформировал урожайность зеленой массы 47,4 т/га, сухого вещества – 11,5 т/га, семян – 0,22 т/га, сорта Люция, Селянка и Голубка превзошли стандарт по урожайности зеленой массы на 8,6…18,0 %, сухого вещества – на 10,1…16,0 %, сбор семян – на 13,6…27,3 %. Сорт Голубка обеспечивал сбор с 1 га 9,680 тыс. корм. ед, 2630 кг сырого и 2312 кг переваримого протеина. В среднем за 3 цикла у сортов эспарцета Велес, Сударь и Шурави урожайность зеленой массы находилась на уровне 31,4, 31,9 и 32,5 т/га, что на 8,2, 10,5 и 12,5 % больше стандарта. Сбор сухой массы у этих сортов был также выше, чем у стандарта, соответственно на 5,7, 14,3 и 18,6 %. Новый сорт эспарцета Шурави по сбору питательных веществ с 1 га значительно превзошел не только стандарт, но и сорта Велес и Сударь.

Ключевые слова: *люцерна (Medicago sativa L. nothosubsp. varia (Martyn)), эспарцет (Onobrychis Mill.), сорт, урожайность, зеленая масса, сухое вещество, семена, протеин.*

Для цитирования: *Продуктивность сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения и качество произведенного из них корма / А. В. Алабушев, С. А. Игнатьев, Т. В. Грязева и др. // Земледелие. 2019. № 8. С. 30–32. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10807.*

Одно из важнейших условий успешности и устойчивости земледелия в стране – состояние и развитость травосеяния. Расширение посевных площадей бобовых многолетних трав – главная задача травосеяния вообще и полевого в особенности во всех регионах. Это позволит уменьшить затраты на производство кормов, а повышение их качества – сократить использование зерна в животноводстве в целом по стране на 6…7 млн т [1, 2].

В полевом кормопроизводстве выращивают культуры, которые на 50…80 % удовлетворяют потребность животноводства в грубых кормах. Это в основном многолетние бобовые травы, как экономически более выгодные культуры, использование которых и позволяет решить проблему кормового белка [3, 4]. Многолетние бобовые травы – главный компонент поливидовых [5, 6, 7] и бинарных посевов [8], продукция которых, в первую очередь, должна обеспечивать животных полноценными кормами. Кроме того, их возделывание способствует сохранению и повышению содержания гумуса.

В засушливых зонах юга России многолетние травы считают отличными предшественниками под озимую пшеницу, которые обеспечивают наибольшую прибавку сбора зерна пшеницы хорошего качества [9, 10].

Чем выше доля чистого пара в структуре севооборота, тем сильнее снижается эффективность производства зерна на удобренном фоне. Без чистого пара, но с полем эспарцетового пара, рентабельность на удобренном фоне не снижалась. Кроме того, в севообороте, где многолетние травы занимают около 50 % площади, отмечен бездефицитный баланс гумуса [3].

Расширение посевов многолетних трав в полевых севооборотах – один из путей интенсификации растениеводства не только благодаря увеличению объема внесения удобрений, но и обогащение почвы дешевыми элементами питания, а также свежим органическим веществом. Например, заделка эспарцета в качестве сидерата дает возможность заменить часть минеральных удобрений, так как с 1 т его сухого вещества в почву поступает 29…32 кг/га азота, 6…7 кг/га фосфора и 16…18 кг/га калия [11]. При этом в современных условиях под зерновые культуры вносят только 45 кг/га NPK, в том числе 25…30 кг/га азота [12].

Повышение эффективности земледелия, растениеводства и кормопроизводства зависит от создания продуктивных и адаптированных к складывающимся погодным условиям сортов и их распространения [13, 14].

Цель исследований – анализ кормовой и семенной продуктивности созданных в разные годы сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения для подбора генотипов, реализующих свой потенциал в условиях недостаточного увлажнения в полевом травосеянии.

Работу выполняли в 2013–2017 гг. в «АНЦ «Донской» в рамках конкурсного сортоиспытания. Объектом исследования были следующие сорта – люцерна Ростовская 90 (допущена к использованию в 1999 г.), Люция (2010 г.), Селянка (2013 .), Голубка (2019 г.); эспарцет – Зерноградский 2 (1998 г.), Велес (2010 г.), Сударь (2015 г.), Шурави (2019 г.).

Почва опытного поля представлена черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной (pH – 7,0…7,1). Сумма поглощенных оснований – 33…39 мг-экв/100 г почвы с преобладанием кальция. В слое 0…25 см содержание общего азота – 0,23…0,26 %, подвиж-

1. Урожайность зеленой и сухой массы (в сумме за 2 укоса), а также семян сортов люцерны, т/га

Сорт	Посев 2013 г.		Посев 2014 г.		Посев 2015 г.		Среднее за 3 цикла
	2014 г.	2015 г.	2015 г.	2016 г.	2016 г.	2017 г.	
Сбор зеленой массы							
Ростовская 90 (St.)	46,7	45,4	46,1	46,0	47,2	53,2	47,4
Люция	49,5	48,8	50,6	50,1	52,7	57,1	51,5
Селянка	56,5	56,2	51,4	49,8	57,0	58,9	55,0
Голубка	52,2	54,7	51,8	51,5	60,3	63,6	55,7
$НСР_{05}$	2,73	2,37	2,61	2,46	3,81	3,02	
Сбор сухого вещества							
Ростовская 90 (St.)	11,3	11,4	11,6	11,3	11,1	12,4	11,5
Люция	12,5	12,3	12,4	12,7	12,9	13,5	12,7
Селянка	13,4	13,9	12,4	12,3	13,6	13,9	13,2
Голубка	12,6	13,4	12,6	12,7	14,1	14,8	13,4
$НСР_{05}$	0,67	0,70	0,65	0,67	0,93	0,95	
Урожайность семян							
Ростовская 90 (St.)	0,20	0,24	0,23	0,20	0,22	0,20	0,22
Люция	0,24	0,25	0,24	0,25	0,25	0,26	0,25
Селянка	0,24	0,28	0,24	0,25	0,25	0,27	0,26
Голубка	0,26	0,25	0,25	0,29	0,28	0,32	0,28
$НСР_{05}$	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	

ного фосфора (по Мачигину) – 15...20 мг/кг почвы, обменного калия (по Масловой) – 324...336 мг/кг почвы.

Посев осуществляли весной беспокровно, рядовым способом. Сорта изучали в трех закладках (циклах) – в 2013, 2014 и 2015 гг. Стандартами служили сорт люцерны Ростовская 90 и эспарцета Зерноградский 2. Норма высева люцерны 7,5 млн. всхожих семян/га (15 кг/га), эспарцета – 5 млн всхожих семян/га (100 кг/га). Площадь делянок 25 м^2, повторность четырехкратная.

В период активной вегетации в 2013, 2014 и 2016 гг. недобор осадков составил 28,6; 29,1 и 9,7 % соответственно. В 2015 и 2017 гг. осадков выпало на 17,0 и 7,6 % больше среднемноголетнего (268,2 мм). По сезонам осадки распределялись крайне неравномерно. Их большая часть выпадала в конце весны – начале лета и носила ливневый характер. Для всех лет исследований характерен острый недобор осадков во второй половине вегетации на фоне высоких среднесуточных температур воздуха (на 1,5...2,3 °С больше среднемноголетней нормы). В этих условиях гидротермический коэффициент (по Селянинову) в 2013 и 2014 гг. составил 0,7, в 2016 и 2017 гг. – 0,8, в 2015 г. – 0,9.

Урожайность зеленой массы, сухого вещества и семян учитывали согласно «Методическим указаниям по селекции многолетних трав» (Москва, 1985), качество и питательность кормовой массы определяли по «Методическим указаниям по оценке качества и питательности кормов» (Москва, 2002).

Статистическую обработку данных проводили с использованием компьютерных программ Excel и Statistica 10.0 методом дисперсионного анализа.

В среднем за годы исследований сбор зеленой массы стандарта люцерны Ростовская 90 в сумме за 2 укоса находился на уровне 47,4 т/га, сухого вещества – 11,5 т/га (табл. 1). Сорт люцерны Люция превзошел стандарт на 8,6 и 10,4 % соответственно, Селянка – на 16,0 и 14,8 %, новый сорт Голубка – на 17,5 и 16,5 %.

2. Выход питательных веществ (в сумме за 2 укоса) с 1 га у разных сортов люцерны (средне за 2014–2017 гг.)

Сорт	Сбор с 1 га			Содержание в 1 кг СВ обменной энергии, МДж	Обеспеченность 1 корм. ед. переваримым протеином, г
	тыс. корм. ед.	сырого протеина, кг	переваримого протеина, кг		
Ростовская 90 (St.).	8,429	2102	1992	9,8	236
Люция	8,991	2443	2149	10,1	239
Селянка	9,480	2550	2195	10,3	231
Голубка	9,680	2630	2312	10,2	238
$НСР_{05}$	0,484	118	127		

Изучаемые сорта люцерны по годам формировали стабильный урожай семян. В среднем у стандарта их сбор составил 0,22 т/га. У нового сорта Голубка величина этого показателя была наибольшей – на 27,3 % выше стандарта.

Продуктивность 1 га стандарта люцерны составила 8,429 тыс. корм. ед., 2102 кг сырого и 1992 кг переваримого протеина. В 1 кг сухого вещества содержалось 9,8 МДж обменной энергии, в одной кормовой единице – 236 г переваримого протеина. По концентрации обменной энергии сухое вещество этого сорта удовлетворяет зоотехническим нормам, а по содержанию переваримого протеина в два раза их превышает (табл. 2).

Сорта Люция и Селянка превосходили стандарт по сбору кормовых единиц на 6,7 % и 12,5 %, переваримого протеина – на 7,9 % и 10,2 % соответственно. Новый сорт Голубка обеспечил сбор с 1 га 9,680 тыс. корм. ед., 2630 кг сырого и 2312 кг переваримого протеина, что больше, чем у стандарта, на 14,8; 25,1 и 16,1 % соответственно.

Эспарцет, по сравнению с люцерной, обладает такими преимуществами, как скороспелость, засухоустойчивость, нетребовательность к почвенному плодородию, стабильность урожайности семян и зеленой массы, крупность семян и отсутствие необходимости при их выращивании применять инсектициды, простота очистки семян, возможность использования посевов на корм и в качестве зеленого удобрения под озимую пшеницу. Сбор зеленой массы стандарта Зерноградский 2 за годы исследования варьировал с 24,4 т/га до 32,2 т/га, сухого вещества – с 5,76 т/га до 7,90 т/га, и в среднем за 3 цикла составлял 29,0 т/га и 7,0 т/га соответственно (табл. 3). В среднем за 3 цикла у сорта Велес урожайность зеленой массы была больше, чем у стандарта, на 8,2 %, у

3. Урожайность зеленой массы, сухого вещества и семян у разных сортов эспарцета

Сорт	Посев 2013 г.		Посев 2014 г.		Посев 2015 г.		Среднее за 3 цикла
	2014 г.	2015 г.	2015 г.	2016 г.	2016 г.	2017 г.	
Сбор зеленой массы							
Зерноградский 2 (St.)	26,3	24,4	31,1	29,7	32,2	30,4	29,0
Велес	30,5	27,8	31,8	32,6	33,1	32,5	31,4
Сударь	28,4	26,4	34,9	33,9	34,7	33,2	31,9
Шурави	30,0	28,9	34,7	32,4	35,4	33,5	32,5
$НСР_{05}$	2,1	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	
Сбор сухого вещества							
Зерноградский 2 (St.)	6,39	5,76	7,46	7,22	7,90	7,60	7,06
Велес	6,50	6,70	7,56	7,28	8,10	8,20	7,39
Сударь	7,10	6,60	8,68	8,32	8,40	8,60	7,95
Шурави	7,80	7,50	9,02	8,42	8,70	8,50	8,32
$НСР_{05}$	0,34	0,27	0,39	0,36	0,41	0,38	
Урожайность семян							
Зерноградский 2 (St.)	0,60	0,66	0,61	0,50	0,62	0,65	0,62
Велес	0,72	0,74	0,73	0,72	0,78	0,79	0,75
Сударь	0,72	0,75	0,72	0,81	0,81	0,82	0,77
Шурави	0,77	0,76	0,72	0,92	0,88	0,85	0,82
$НСР_{05}$	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	

4. Выход с 1 га питательных веществ у разных сортов эспарцета (среднее за 2014–2017 гг., среднее за 3 цикла)

Сорт	Сбор с 1 га			Содержание в 1 кг СВ обменной энергии. МДж	Обеспеченность 1 корм. ед. переваримым протеином, г
	тыс. корм. ед.	сырого протеина, кг/га	переваримого протеина, кг/га		
Зерноградский 2 (St.)	4,516	1191	1008	9,6	223
Велес	5,281	1283	1012	9,6	203
Сударь	5,362	1350	1133	9,8	211
Шурави	6,002	1480	1293	9,9	215
$НСР_{05}$	0,342	73	75		

сорта Сударь – на 10,5 %. Сбор сухого вещества этих сортов был также выше, чем у стандарта, на 5,7 % и 14,3 % соответственно, семян – на 20,9 % и 24,2 % соответственно.

Самым продуктивным, в сравнении со стандартом и сортами эспарцета Велес и Сударь, был новый сорт Шурави. По урожайности зеленой массы он превосходил Зерноградский 2 на 12,1 %, сухого вещества – на 18,6 %, семян – на 32,2 %.

По сбору питательных веществ с 1 га сорта эспарцета существенно уступали люцерне, которая в богарных условиях Ростовской области обеспечивает, как минимум, 2 укоса, тогда как эспарцет – только один (табл. 4).

Наименьший сбор с 1 га кормовых единиц (4,516 тыс.), сырого (1191 кг) и переваримого протеина (1008 кг) зафиксирован у стандарта Зерноградский 2. У сортов Велес и Сударь величины этих показателей были больше стандарта на 16,9 % и 18,7 %; 7,7 % и 13,4 %; 10,4 % и 12,4 % соответственно.

Новый сорт эспарцета Шурави значительно превосходил по сбору питательных веществ с 1 га не только стандарт (по кормовым единицам – на 33 %, по сырому протеину – на 24,2 %, по переваримому протеину – на 28,3 %), но и сорта Велес и Сударь.

По содержанию обменной энергии в 1 кг сухого вещества все сорта эспарцета удовлетворяли зоотехническим требованиям, а по обеспеченности 1 кормовой единицы переваримым протеином превосходили их почти в 2 раза.

Таким образом, все изучаемые сорта люцерны и эспарцета селекции «АНЦ «Донской» перспективны для возделывания в условиях недостаточного увлажнения. Наибольшая продуктивность и высокий сбор питательных веществ отмечен у нового сорта люцерны Голубка, который превышал стандарт по урожайности зеленой массы на 17,5 %, сухого вещества – на 16,5 %, семян – на 27,3 %, по сбору кормовых единиц – на 14,8 %, сырого и переваримого протеина – на 12,5 % и 11,6 % соответственно. Из изучаемых сортов эспарцета лучшим оказался новый сорт Шурави, превзошедший стандарт по урожайности зеленой массы на 12,1 %, сухого вещества – на 18,6 %, семян – на 32,2 %, по сбору кормовых единиц – на 33 %, сырого и переваримого протеина – на 24,2 % и 28,3 % соответственно.

Литература.

1. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: Изд-во «Агрорус», 2004. 1109 с.
2. Косолапов В. М., Трофимов И. А. Значение кормопроизводства в сельском хозяйстве // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2. С. 59–63.
3. Система земледелия нового поколения Ставропольского края / В. В. Кулинцев, Е. И. Годунова, Л. И. Желнакова и др. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2013. 520 с.
4. Ершов С. Ю., Васин В. Г, Васин А. В. Пути решения проблем в кормопроизводстве Самарской области // Кормопроизводство. 2017. № 9. С. 3–6.
5. Кашеваров Н. И., Сапрыкин В. С., Данилов В. П. Многокомпонентные сенажные смеси в решении проблемы дефицита кормового растительного белка // Кормопроизводство. 2013. № 1. С. 3–6.
6. Беляк В. Б., Тимошкин О. А., Болханова В. И. Оптимизация структуры кормовых культур в лесостепной и сухостепной зоне Поволжья // Кормопроизводство. 2015. № 8. С. 16–22.
7. Кашеваров Н. И. Проблемные вопросы сельского хозяйства и кормопроизводства. Новосибирск: Изд-во Сибирского института кормов РАСХН, 2016. 105 с.
8. Зеленский Н. А. Проблема сохранения плодородия почв и пути ее решения в Южном Федеральном округе // АгроСнабФорум. 2012. № 2. С. 66–67.
9. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. издание / под общ. науч. ред. В. Ф. Федоренко, А. А. Завалина. Н. З. Милащенко. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 396 с.
10. Технологические риски снижения урожая зерновых культур при страховой защите с государственной поддержкой / под ред. Н. З. Милащенко, В.В. Щербакова. М.: ООО Группа Компаний Агрия, 2016. 348 с.
11. Продуктивность и использование современных сортов эспарцета / С. А. Игнатьев, И. М. Чесноков, Т. В. Грязева и др. // Земледелие. 2013. № 8. С. 36–37.
12. Сычев В. Г., Милащенко Н. З. Шафран С. А. Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна в России // Плодородие. 2018. № 1. С. 18–19.
13. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. 2018. № 3. С. 3–8.
14. Косолапов В. М., Пилипко С. В., Костенко С. И. Новые сорта кормовых культур – залог успешного развития кормопроизводства // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 4. С. 35–37.

Productivity of Sainfoin and Alfalfa Varieties of Haymaking Purpose and Quality of Feed from Them

A. V. Alabushev, S. A. Ignat'ev, T. V. Gryazeva, N. G. Ignat'eva, A. A. Regidin
Agrarian Scientific Center "Donskoj", pos. Nauchnyi gorodok, 3, Zernograd, 347740, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the study was to analyze feed and seed productivity of sainfoin and alfalfa varieties of haymaking purpose to select the varieties which realize their potential under insufficient moisture conditions. The work was carried out in 2013–2017 in Rostov region in ordinary carbonate heavy loamy chernozem. The hydrothermal coefficient in 2013 and 2014 amounted to 0.7, in 2016 and 2017 – to 0.8, in 2015 – to 0.9. The objects of the study were alfalfa varieties 'Rostov 90' (the standard), 'Lutsiya', 'Selyanka', 'Golubka' and sainfoin varieties 'Zernogradsky 2' (the standard), 'Veles', 'Sudar', and 'Shuravi'. Seeds were sown in the spring, without cover, in a row way. It was three establishments of the test: in 2013, 2014, and 2015. Per two cuts the standard alfalfa variety 'Rostovskaya 90' produced 47.4 t/ha green mass, 11.5 t/ha dry matter, 0.22 t/ha seeds; varieties 'Lutsiya', 'Selyanka' and 'Golubka' exceeded the standard for green mass productivity by 8.6–18.0%, dry matter – by 10.1–16.0%, seed harvest – by 13.6–27.3%. Golubka variety produced 9,680 thousand of fodder units, 2630 kg of raw protein and 2312 kg of digestible protein per one hectare. On average over 3 cycles sainfoin varieties 'Veles', 'Sudar', and 'Shuravi' produced 31.4, 31.9, and 32.5 t/ha green mass which was higher on 8.2, 10.5, and 12.5% than the yield of the standard variety. The productivity of dry matter of these varieties was higher than that of the standard variety on 5.7, 14.3, and 18.6% respectively. New sainfoin variety 'Shuravi' significantly surpassed both the standard variety and varieties 'Veles' and 'Sudar' in yields of nutrients per one hectare.*

Keywords: *alfalfa (Medicago sativa L. nothosubsp. varia (Martyn)); sainfoin (Onobrychis Mill.); variety; productivity; green mass; dry matter; seeds; protein.*

Author Details: *A.V. Alabushev, D. Sc. (Agr.), member of the RAS, director; S. A. Ignat'ev, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: mnogoletnie.travy@mail.ru); T. V. Gryazeva, Cand. Sc. (Agr.), agronomist; N. G. Ignat'eva, research technician; A.A. Regidin, junior research fellow.*

For citation: *Alabushev A. V., Ignat'ev S. A., Gryazeva T. V., Ignat'eva N. G., Regidin A. A. Productivity of Sainfoin and Alfalfa Varieties of Haymaking Purpose and Quality of Feed from Them. Zemledelije. 2019. No. 8. Pp. 30–32 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10807.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10808
УДК 635.21:631.531.02:33

Регуляция физиологического старения культуры картофеля

А. И. УСКОВ[1], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: korenevo2000@mail.ru)
Д. В. КРАВЧЕНКО[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Л. Б. УСКОВА[1], кандидат экономических наук, старший научный сотрудник
П. А. ГАЛУШКА[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
А. А.ЗАМЯТНИН[2], доктор биологических наук, зам. директора
М. В.СКУЛАЧЕВ[3], кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация
[2]Научно-исследовательский институт молекулярной медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М.Сеченова, ул. Трубецкая, 8, Москва, 119991, Российская Федерация
[3]ООО «Научно-исследовательский институт митоинженерии МГУ», ул. Ленинские горы, 1, строение 75-а, Москва, 119234, Российская Федерация

В 2008–2018 гг. в Московской области проведены исследования с целью изучения эффективности применения новых специфических антиоксидантов (ионов Скулачева) для противодействия процессам накопления активных форм кислорода (АФК) в клетках и физиологического старения картофеля при полевом репродуцировании. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная. Материалом для исследования были сорта картофеля с различной продолжительностью культивирования в производстве: Жуковский ранний (1993 г.) и Крепыш (2005 г.). Для предпосадочной обработки клубней (25 нМ) и опрыскивания посадок в фазе бутонизации – начала цветения (2,5 нМ) использовали препараты из группы ионов Скулачева – SkQ1 (10-(6/-пластохинонил)децилтрифенилфосфоний) и SkQ3 (10-(6/-метилпластохинонил) децилтрифенилфосфоний), проявившие наибольшую эффективность на стадии предварительных испытаний. Применение ионов Скулачева (SkQ1) противодействует накоплению АФК в клетках, что подтверждает соответствующее снижение активности пероксидазы в ростках клубней и листьях растений в 1,3...1,5 раза (на 0,7...1,9 отн. ед./г сырой массы). Регулярное применение ионов Скулачева в качестве геропротекторов сдерживает развитие процессов физиологического старения и способствует сохранению высокого физиологического статуса материала. Это проявляется в продлении периода вегетации у большего в 1,3...2,5 раза количества растений (на дату 13.08.2018 г., в зависимости от сорта, в контроле вегетировало 29...61 % растений, а при обработках – 73...82 %). Использование препарата SkQ1 в течение 11 лет в наложении обеспечило в 2018 г. достоверную прибавку урожайности (более 2σ), в сравнение с контрольным вариантом: Жуковский ранний – 44,9 % (с 12,7 до 18,4 т/га), Крепыш – 88,8 % (с 12,5 до 23,6 т/га).

Ключевые слова: *физиологическое старение культуры картофеля, активные формы кислорода (АФК), активность пероксидазы, ионы Скулачева*

Для цитирования: *Регуляция физиологического старения культуры картофеля / А. И. Усков, Д. В. Кравченко, Л. Б. Ускова и др. // Земледелие. 2019. № 8. С. 33–37. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10808.*

Главная биологическая особенность культуры картофеля – вегетативный способ размножения, при котором происходит репродуцирование клонов индивидуальных генотипов, образованных в результате скрещивания родительских форм. При этом в полевых условиях клоновый материал подвергается воздействию различных фитопатогенов (вирусов, вироидов, бактерий фитоплазм), вызывающих «вырождение» культурных генотипов: снижение их продуктивности и ухудшение товарного качества продукции.

Теория «вирусного» вырождения культуры картофеля лежит в основе современных систем воспроизводства исходного материала, предусматривающих освобождение от патогенов и ускоренное размножение «безвирусного» семенного картофеля [1, 2]. Накоплен обширный фактический материал, показывающий эффективность такого подхода [3, 4, 5]. Разработаны технологии воспроизводства и размножения исходных растений, основанные на использовании комплекса полевых и лабораторных методов оздоровления [6, 7, 8].

При вегетативном размножении помимо «вырождения» вследствие поражения фитопатогенами, особое значение имеет физиологический статус культуры, обеспечивающий энергию роста и продуктивность растений картофеля [9]. Хорошо известно, что освобождение от патогенов без учета физиологического потенциала снижает эффективность мероприятий по воспроизводству оздоровленного исходного материала для семеноводства картофеля [10, 11].

Для культуры картофеля физиологический статус семенных клубней, обеспечивающий энергию роста почек и продуктивные возможности растений, определяется их возрастом [12]. Физиологическое старение клубней развивается поступательно с увеличением хронологического возраста и детерминируется взаимодействием с внешними факторами [13].

В литературе нет единой признанной общей теории механизма старения организмов. Вместе с тем существует множество частных теорий, отображающих отельные стороны этого процесса, которые отчасти противоречат одна другой, а отчасти – дополняют [14].

Одна из наиболее разработанных теорий старения – свободнорадикальная теория Дэнама Хармана [15], в соответствии с которой старение организмов сопровождается нарушением в клеточных структурах баланса активных форм кислорода (АФК) в сторону усиления окислительной функции, что приводит к деградации биополимерных макромолекул [16]. Основное место генерации супероксида (первичной формы АФК) – дыхательная цепь внутренней мембраны митохондрий [17]. Можно предположить, что защита клеток от митохондриальных АФК посредством антиоксидантов будет способствовать замедлению процесса их старения. Этот аспект широко освещен в литературе: от заявления Б.Эймса и его коллег [18, 19], что лекарство от старения уже найдено, до выводов Р. Хоуэса о полной бесплодности такого подхода [20].

Имеющиеся литературные данные об использовании в этом направлении антиоксидантов связаны, главным образом, с формированием системной устойчивости растений к фитопатогенам. Так, в работе Н. А. Рожновой и Г. А. Геращенкова [21] показана элиситорная способность антиоксиданта убихинона 50 (коэнзима Q_{10}), который в крайне низких концентрациях (10^{-7}...10^{-9} М) инициировал развитие системной антифитовирусной устойчивости у растений семейства пасленовых.

Для эффективного противодействия окислительным стрессам необходима локализация антиоксидантов в митохондриях, защищенных несколькими слоями трудно проницаемых липидных мембран. В 2003–2004 гг. в России была освоена технология доставки высокоэффективных антиоксидантов в митохондрии клетки для регулирования баланса АФК [22]. В рамках проекта были синтезированы специфические регуляторы внутриклеточного баланса АФК – митохондриально-ориентированные антиоксиданты, названные «ионами Скулачева» (SkQ), которые представляют собой соединения проникающего липофильного катиона трифенилалкилфосфония и производных пластохинона хлоропластов [23].

Исследования показали, что ионы Скулачева обладают крайне высокой проникающей способностью. Градиент концентрации SkQ между внеклеточной средой и внутренним слоем митохондриальной мембраны составляет 2×10^8. Это означает, что при концентрации ионов Скулачева в среде равной 8×10^{-12}М во внутреннем полумембранном слое митохондрий их концентрация будет равна $8\times10^{-12} \times 2\times10^8 = 1{,}6\times10^{-3}$М [22].

Наибольшей антиоксидантной активностью отличаются катионы SkQ1 и SkQR1. Важная особенность ионов Скулачева, объясняющая высокую эффективность в наноконцентрациях, – способность к многократному действию, поскольку молекулы SkQ легко восстанавливаются комплексами I и II дыхательной цепи [24].

В связи с тем, что при физиологическом старении культуры картофеля под действием биотических и абиотических стрессов на определенном этапе развития процесса происходит нарушение внутриклеточного баланса активных форм кислорода, использование ионов Скулачева, как внутримитохондриальных антиоксидантов, может органично вписаться в систему семеноводства картофеля.

Цель исследований – изучить эффективность применения препаратов ионов Скулачева для регуляции физиологического старения культуры при полевом репродуцировании картофеля.

Полевые эксперименты проводили в 2008–2018 гг. на опытном поле ВНИИКХ (Московская обл.) на дерново-подзолистой супесчаной по механическому составу почве со следующей агрохимической характеристикой: pH_{KCl} – 4,8...5,1; гумус (по Тюрину в модификации ЦИНАО) – 1,8...1,9 %; P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 265..330 и 128...135 мг/кг почвы соответственно.

Материалом исследования были сорта картофеля с различной продолжительностью культивирования в производстве после регистрации в Госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации: Жуковский ранний (1993 г.) и Крепыш (2005 г.).

В опытах использовали препараты из группы ионов Скулачева – SkQ1 (10-(6′-пластохинонил)децилтрифенилфосфоний) и SkQ3 (10-(6′-метилпластохинонил)децилтрифенилфосфоний), проявившие наибольшую эффективность для культуры картофеля на стадии предварительных испытаний.

С целью выявления оптимальных концентраций и способов применения препаратов на начальном этапе проводили предпосадочную обработку клубней и опрыскивание посадок во время вегетации (фаза бутонизации – начала цветения) водными растворами ионов Скулачева в концентрациях 0,25 нМ, 2,5 нМ, 25 нМ и 250 нМ. Повторность опыта – четырехкратная, по 25 клубней в повторности.

После определения оптимальных концентраций и способов применения, дальнейшее полевое репродуцирование культуры проводили при ежегодном наложении двух вариантов: без обработок ионами Скулачева (контроль); SkQ1 – предпосадочная обработка клубней (25 нМ) + опрыскивание растений в период бутонизации – начало цветения (2,5 нМ). В 2018 г. в полевом опыте высаживали клубни после 10 лет такого репродуцирования.

Для косвенной оценки процессов физиологического старения культуры картофеля, связанного с накоплением АФК и изменением окислительно-восстановительного потенциала в клетках, использовали показатели ферментативной активности пероксидазы на различных этапах онтогенеза.

Активность пероксидазы определяли микрометодом [25] в нашей модификации. В качестве экстрагирующего буфера использовали 0,02М фосфатно-солевой буфер (pH 7,4), содержащий 0,4 % обезжиренного молока. Анализ проводили в планшетах для иммуноферментного анализа в объеме 100 мкл. В качестве окрашивающего субстрата использовали раствор тетраметилбензидина (ТМБ). Развитие окраски оценивали через 15 мин при длине волны 620 нм. Активность фермента выражали в относительных единицах поглощения на 1 г сырой массы материала [26].

Полевые исследования и математическую обработку результатов опыта проводили в соответствии с методиками исследований по культуре картофеля [27] и с использованием дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [28].

Исследования, проведенные перед посадкой, показали, что в ростках клубней картофеля контрольного варианта активность пероксидазы, характеризующая накопление АФК, была стабильно выше, по сравнению с материалом, культивируемым при регулярном применении препарата SkQ1. При этом для ростков клубней сорта Жуковский ранний перекрывали области колебаний ошибок средних величин и носили математически достоверный характер (табл. 1).

Предпосадочная обработка клубней ионами Скулачева (SkQ1) приводила к заметному снижению активности пероксидазы в ростках. Характерно, что в значительно большей степени и математически достоверно активность фермента снижалась при обработке клубней контрольного варианта: для сорта Жуковский ранний – в 3,1 раза, для сорта Крепыш – в 1,6 раза (см. табл. 1).

Уменьшение активности пероксидазы в ростках при обработке материала, репродуцируемого с ежегодным применением ионов Скулачева, было выражено в меньшей степени: для

1. Изменение активности пероксидазы в ростках клубней картофеля, отн. ед./г сырой массы, 2018 г.

Вариант	16.04.	14.05.	16.05. (1 сутки после обработки) SkQ1
		Жуковский ранний	
Без обработки (контроль)	2,4±0,6	5,9±0,8	1,9±0,2
SkQ1	0,6±0,2	4,0±0,8	1,8±0,6
		Крепыш	
Без обработки (контроль)	0,6±0,2	2,7±0,6	1,7±0,3
SkQ1	0,5±0,1	2,0±0,6	2,0±0,7

2. Изменение активности пероксидазы в листьях картофеля в процессе вегетации, отн. ед./г сырой массы, 2018 г.

Вариант	Всходы (16.06.)	Бутонизация (26.06.)	Начало цветения (28.06.,1 день после обработки SkQ1)	Цветение (05.07. 1 неделя после обработки SkQ1)	Конец цветения (12.07., 2 недели после обработки SkQ1)	Отмирание ботвы (09.08. 6 недель после обработки SkQ1)
Жуковский ранний						
Без обработки (контроль)	28,3±5,1	21,1±6,2	18,8±4,8	10,9±2,7	19,3±5,5	6,7±0,9
SkQ1	26,0±0,4	16,7±5,8	19,4±3,3	11,1±3,1	13,5±7,2	5,4±0,9
Крепыш						
Без обработки (контроль)	35,8±7,0	21,2±4,1	11,5±2,6	17,2±4,3	16,1±5,0	5,1±1,2
SkQ1	34,4±5,8	23,4±3,5	9,9±4,6	10,6±2,4	15,4±4,8	4,7±1,0

сорта Жуковский ранний (в 1,9 раза) (см. табл. 1).

Во время вегетации растений картофеля опрыскивание посадок в фазе бутонизации – начала цветения препаратом SkQ1 также приводило к достоверному снижению активности пероксидазы в листьях (табл. 2). Минимальные ее величины наблюдали через 1 день после обработки для сорта Крепыш (9,9…11,5 отн. ед./г сырой массы) и через 1 неделю для сорта Жуковский ранний (10,9…11,1 отн. ед./г сырой массы).

В конце вегетационного периода 2018 г. в варианте без обработок ионами Скулачева наблюдали выраженное более раннее начало отмирания вегетативной массы изучаемых сортов. Так, на дату 13.08.2018 г. в контроле отмечали отмирание более 50 % ботвы у 75,5 % растений сорта Жуковский ранний и 39,4 % сорта Крепыш, против соответственно 27,3 % и 18,0 % растений в варианте с обработками препаратом SkQ1 (табл. 3).

В наших исследованиях применение ионов Скулачева (SkQ1) в течение 11 лет в наложении обеспечило в 2018 г. достоверную прибавку урожая (более 2σ), в сравнение с контрольным вариантом (табл. 4): Жуковский ранний – 44,9 % (с 12,7 до 18,4 т/га), Крепыш – 88,8 % (с 12,5 до 23,6 т/га).

У сорта Жуковский ранний она формировалась благодаря увеличению в 2,4 раза доли крупной фракции клубней (≥60 мм) при равенстве общего количества клубней в расчете на куст. У сорта Крепыш рост урожайности происходил благодаря увеличению общего количества клубней (на 1,7 шт./куст) и доли крупной фракции (в 3,5 раза).

Образование в клетках таких активных форм кислорода, как перекись водорода, супероксидный анион-радикал ($O_2^{\cdot-}$), гидроксильный радикал ($OH^{\cdot}$) и синглетный кислород ($1O_2$), происходит в процессе аэробного метаболизма клетки [29].

Окислительный сигнальный каскад запускается в растениях также в ответ на все основные виды стрессоров (чрезмерную или недостаточную освещенность, экстремальную температуру, засуху, засоление, тяжелые металлы, гербициды и др.). В том случае, если антиоксидантная система не способна эффективно устранять АФК, в клетке развивается окислительный стресс [30]. Будучи высоко реакционноспособными, АФК могут реагировать со всеми макромолекулами (липидами, нуклеиновыми кислотами, белками, полисахаридами), вызывая их повреждения. Изменения в структуре нуклеиновых кислот, не удаленные репарацией, могут реализоваться в виде генных или хромосомных мутаций. Для защиты от повреждающего действия АФК клетки растений используют различные антиоксидантные системы. К ним относятся неферментативные антиоксиданты, такие как аскорбат, глутатион, токоферол, различные фенольные соединения, а также антиоксидантные ферменты, среди которых основные – каталаза, супероксиддисмутаза и аскорбатпероксидаза [31].

Результаты наших исследований свидетельствуют, что в ростках клубней картофеля изучаемых сортов, возделываемых без использования ионов Скулачева, активность пероксидазы стабильно выше, чем материала, культивируемого с регулярным применением препарата SkQ1, что совпадает с данными, полученными ранее [34]. При этом для ростков клубней сорта Жуковский ранний зафиксированные превышения активности фермента (1,9 ед.) перекрывали область ошибок средних величин

3. Результаты фенологических наблюдений, 2018 г.

Вариант	Высажено клубней, шт.	Всходы, шт.	Бутонизация, шт.	Цветение, шт.	Ягодообразование, шт.	Отмирание ботвы на 13.08. (≥ 50 %), шт.
Жуковский ранний						
Без обработки (контроль)	100	97	93	52	7	71
SkQ1	100	99	98	75	8	27
Крепыш						
Без обработки (контроль)	100	99	96	84	43	39
SkQ1	100	100	100	88	37	18

4. Величина и структура урожая клубней картофеля при длительном применении в наложении (11 лет) ионов Скулачева, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Продуктивность, г/куст	Количество клубней, шт./куст			
			≥60 мм	30…60 мм	≤30 мм	всего
Жуковский ранний						
Без обработки (контроль)	12,7±0,9	396±27	0,8	4,3	5,1	10,2
SkQ1	18,4±2,8	560±84	1,9	5,4	2,9	10,2
Крепыш						
Без обработки (контроль)	12,5±2,3	381±69	1,0	4,5	3,6	9,1
SkQ1	23,6±4,0	707±120	3,5	4,7	2,6	10,8

(1,6 ед.) и носили математически достоверный характер (см. табл. 2).

Рост активности пероксидазы характерен для процессов накопления пероксидных радикалов, обладающих высокой окислительной способностью и входящих в группу активных форм кислорода. Увеличение концентрации АФК выступает фактором физиологического старения клеток [15, 16]. Результаты нашего опыта свидетельствуют о более высокой степени физиологического старения материала, репродуцируемого без использования ионов. Регулярное применение ионов Скулачева, противодействует накоплению АФК в клетках, и в этом случае они выполняют функцию геропротекторов.

Изменения пероксидазной активности в листьях растений картофеля связаны с физиологической реакцией клеток на внешние воздействия в процессе вегетации (температура, влажность, обработка ядохимикатами).

В наших исследованиях на всех этапах вегетации (всходы, бутонизация, цветение и отмирания ботвы) активность пероксидазы в листьях растений изучаемых сортов, культивируемых с регулярным использованием препарата SkQ1, была в большинстве случаев ниже, чем в контрольном варианте (см. табл. 2).

Применение ионов Скулачева во время вегетации растений противодействует нарушениям нормального внутриклеточного баланса АФК, вызываемым неблагоприятными внешними воздействиями биотического и абиотического характера. В этом случае они выполняют функцию регуляторов окислительно-восстановительных процессов в листьях растений картофеля.

Систематическое применение ионов Скулачева стимулирует рост и развитие ботвы картофеля во время вегетации. Ранее мы установили, что высота репродуцируемых с использованием препарата SkQ1 растений статистически достоверно больше, чем в контроле, в 1,5...1,6 раза, площадь листовой поверхности – в 1,7...2,1 раза [33]. Физиологическое состояние таких растений позволяло им образовывать больше бутонов и цветков, а также завязывать ягод [34].

Регулярное применение ионов Скулачева продлевало период накопления урожая у раннего сорта картофеля Метеор и интенсифицировало процесс накопления урожая у сорта Лорх, обладающего продолжительным вегетационным периодом [35]. В конечном итоге лучшее развитие ботвы и пролонгация вегетационного периода при использовании ионов Скулачева приводило к увеличению урожая клубней [36].

В наших исследованиях после 11 лет репродуцирования наблюдали полуторно-двукратное увеличение урожая (см. табл. 4).

Применение ионов Скулачева для регуляции процессов физиологического старения культуры оказывает стабилизирующее действие на рост, развитие и продуктивность картофеля при выращивании в полевых условиях. Обладая антиоксидантными свойствами, ионы Скулачева принимают участие в процессах регуляции баланса активных форм кислорода, противодействуя их накоплению, связанному с неблагоприятными внешними воздействиями и физиологическим старением материала, в клетках что подтверждается снижением активности пероксидазы в 1,3...1,5 раза (на 0,7...1,9 отн. ед./г сырой массы) в ростках клубней и листьях растений картофеля.

Регулярное применение ионов Скулачева в качестве геропротекторов препятствует проявлению признаков физиологического старения культуры картофеля, связанных с более ранними сроками отмирания вегетативной массы. Использование геропротекторов способствует сохранению высокого физиологического статуса материала, проявляющегося в продлении периода вегетации у большего в 1,3...2,5 раза количества растений.

Применение геропротекторов в течение 11 лет в наложении обеспечило в 2018 г. достоверную прибавку урожайности (более 2σ), в сравнение с контрольным вариантом: Жуковский ранний – 44,9 % (с 12,7 до 18,4 т/га), Крепыш – 88,8 % (с 12,5 до 23,6 т/га), то есть фактически наблюдали полуторно-двукратное увеличение урожая.

Литература.

1. Struik P. C., Wiersema S. G. Seed potato technology. Wageningen: WageningenPers, 1999. 382 p.

2. Полухин Н. И. Вирусная теория вырождения картофеля, ее состоятельность и перспективы практического использования // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 4. С. 29–32.

3. Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном семеноводстве картофеля (рекомендации) / Е. А. Симаков, А. И. Усков, Ю. А. Варицев и др. М.: ГУП «Агропрогресс», 2000. 80 с.

4. Семеноводство картофеля в России: состояние, проблемы и перспективные направления / Б. В.Анисимов, А. И. Усков, С. М. Юрлова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 7. С. 15–19.

5. Potato breeding and seed production system development in Russia / E. A. Simakov, B. V. Anisimov, I. M. Yashina, etc. // Potato Research. 2008. Vol. 51. № 3–4. Pp. 313–326.

6. Potato production and breeding in China / S. H. Jansky, L. P. Jin, K. Y. Xie, etc. // Potato Research. 2009. Vol. 52. № 1. Pp. 57–65.

7. Усков А. И. Воспроизводство оздоровленного исходного материала для семеноводства картофеля: получение исходных растений // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 9. С. 20–22.

8. Технологический регламент производства оригинального, элитного и репродукционного семенного картофеля / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, С. М. Юрлова и др. М.: Россельхозакадемия, ВНИИКХ, 2010. 30 с.

9. Bus C. B., Wustman R. Seed Tubers. Special Issue: The Canon of Potato Science // Potato Research. 2007. Vol. 50. № 3/4. Pp.319–322.

10. Усков А. И. Воспроизводство оздоровленного исходного материала для семеноводства картофеля: обоснование стратегии // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 6. С. 30–33.

11. Трускинов Э. В. Толерантность к вирусным болезням картофеля как способ устойчивости растений к вирусам. В кн.: Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (иммунитет, селекция, интродукция). Научные труды. М.: Россельхозакадемия, 2011. Т. IV. Ч. 1. С. 138–145.

12. Van der Zaag D. E., Van Loon C. D. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. Literaturereview and integration of some experimental results // Potato Research. 1987. Vol. 3 № 3. Pp. 451–472.

13. Struik P. C. Physiological age of seed tubers. Special Issue: The Canon of potato Science // Potato Research. 2007. Vol. 50. № 3/4. Pp. 375–377.

14. Анисимов В. Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения. СПб: Наука, 2003. 468 с.

15. Harman D. Aging: Minimizing free radical damage. // J. Anti-Aging Medicine. 1999. Vol. 2. Pp. 15–36.

16. Кольтовер В. К. Свободнорадикальная теория старения: современное состояние и перспективы // Успехи геронтологии. 1998. Вып. 2. С. 37–42.

17. Skulachev V. P. Mitochondrial physiology and pathology; concepts of programmed death of organelles, cells and organisms. // Mol Aspects Med. 1999. Vol. 20. № 3. Pp. 139–184.

18. N-t-Butyl Hydroxylamine is an Antioxidant that Reverses Age-related Changes in Mitochondria In Vivo and In Vitro / H. Atamna, C. Robinson, R. Ingersoll, etc. // FASEB J. 2001. Vol. 15. Pp. 2196–2204.

19. Feeding acetyl-L-carnitine and lipoic acid to old rats significantly improves metabolic function while decreasing oxidative stress / Hagen T. M., Liu J., L. Lykkesfeldt, etc. // Proc. Natl. Acad. Sci. 2002. Vol. 99. Pp. 1870–1875.

20. Howes R. M. The Free Radical Fantasy: A Panoply of Paradoxes // Annals of the New York Academy of Sciences. 2006. Vol. 1067. Pp. 22–26.

21. Рожнова Н. А., Геращенков Г. А. Элиситорное действие убихинона 50 на формирование антивирусной устойчивости у растений семейства SolanaceaeJuss

// Доклады Академии Наук. 2002. Т. 382. № 4. С. 547–549.

22. Скулачев В. П. Попытка биохимиков атаковать проблему старения: «Мегапроект» по проникающим ионам. Первые итоги и перспективы // Биохимия. 2007. Т. 72. Вып. 12. С. 1572–1586.

23. Mitochondria-Targeted Plastoquinone Derivatives as Tools to Interrupt Execution of the Aging Program. Cationic Plastoquinone Derivatives: Synthesis and in vitro Studies. / Y. N. Antonenko, A. V. Avetisyan, L. E. Bakeeva, etc. // Biochemistry (Moscow). 2008. Vol.73. № 12. Pp. 1273–1287.

24. Скулачев В. П. Старение как атавистическая программа, которую можно попытаться отменить // Вестник РАН. 2005. Т. 75. № 9. С. 831–843.

25. Активация хитоолигосахаридами окисления ортофенилендиамина проростками пшеницы в присутствии щавелевой кислоты / Р. М. Хайруллин, Л. Г. Яруллина., Н Б. Трошина и др. // Биохимия. 2001. Т. 66. № 3. С. 354–358.

26. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие / Г. В. Сибгатуллина, Л. Р. Хаертдинова, Е. А. Гумерова и др. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2011. 61 с.

27. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету / А. С. Воловик, Л. Н. Трофимец, А. Б. Долягин и др. М.: ВНИИКХ, Россельхозакадемия. 1995. 106 с.

28. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

29. Скулачев В. П. Снижение внутриклеточной концентрации O2 как особая функция дыхательных систем клетки // Биохимия. 1994. Т. 59. Вып. 12. С. 1910–1912.

30. Физиология растений / Н. Д. Алехина, Ю. М. Балнокин, В. Ф. Гавриленко и др.; под ред. И. П. Ермакова. М.: «Академия», 2005. 635 с.

31. Ипатова В. И. Адаптация водных растений к стрессовым факторам среды. М.: «Графикон-принт», 2005. 224 с.

32. Регуляция процессов физиологического старения при длительном репродуцировании картофеля / А. И. Усков, Л. Б. Ускова, Д. В. Кравченко и др. // Земледелие. 2018. № 5. С. 40–44.

33. Влияние новых наногеропротекторов на рост и развитие растений картофеля / А. И. Усков, Л. Б. Ускова, Е. Н. Закабунина и др. // Вестник РГАЗУ. 2015. Вып. 19 (24). С. 14–20.

34. Использование новых наногеропротекторов на картофеле: методические рекомендации / А. И. Усков, Д. В. Кравченко, П. А. Галушка и др. Чебоксары: КУП ЧР «Агро-Инновации», 2016. 19 с.

35. Результаты исследований по использованию новых геропротекторов в семеноводстве картофеля / А. И. Усков, Д. В. Кравченко, П. А. Галушка и др. // Картофелеводство: сб. науч. тр. / под ред. С. А. Турко и др. Самохваловичи: РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», 2016. Т. 24. С. 396–408.

36. Влияние новых нано-геропротекторов на продуктивность картофеля при репродуцировании / А. И. Усков, Л. Б. Ускова, Н. Г. Пахомова и др. // Владимирский земледелец. 2016. №2 (76). С. 30–32.

Regulation of Physiological Aging of Potato Culture

A I. Uskov[1], D. V. Kravchenko[1], L. B. Uskova[1], P. A. Galushka[1], A. A. Zamyatnin[2], M. V. Skulachev[3]

[1]A. G. Lorkh All-Russian Research Institute of Potato Farming, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

[2]Institute for Molecular Medicine of Sechenov University, ul. Trubeckaja, 8, Moscow, 119991, Russian Federation

[3]OOO "Research Institute of Mitoengineering of MSU", ul. Leninskie Gory, 1, stroenie 75-a, Moscow, 119234, Russian Federation

Abstract. *In 2008–2018 in the Moscow region, we studied the effectiveness of new specific antioxidants (Skulachev's ions) to counteract the processes of accumulation of reactive oxygen species (ROS) in cells and physiological ageing of potato during field reproduction. The soil of the experimental plot was sod-podzolic sandy loam. The research material was potato varieties with different cultivation durations in production: Zhukovskii Rannii (1993) and Krepysh (2005). For preplant treatment of tubers (25 nM) and spraying of plantings in the phase of budding and the beginning of flowering (2.5 nM), we used preparations from the group of Skulachev's ions: SkQ1 (10-(6/-plastoquinonyl) decyltriphenylphosphonium) and SkQ3 (10-(6/-methylplastoquinonyl) decyltriphenylphosphonium), which are most effective at the preliminary testing stage. The use of Skulachev's ions (SkQ1) counteracts the accumulation of ROS in the cells, which confirms the corresponding decrease in peroxidase activity in tuber sprouts and plant leaves 1.3–1.5 times (by 0.7–1.9 RU/g wet weight) The regular use of Skulachev's ions as geroprotectors inhibits the development of physiological ageing processes and helps to maintain a high physiological status of the material. This is manifested in the intensification of growth and development of potato plants (increase in height by 10–12 cm, or 1.5–1.6 times, leaf area – by 0.15–0.21 m2, or 1.7–2.1 times), as well as extending the growing season for a larger number of plants (as on 13.08.2018, depending on the variety, 29–61% of plants vegetated in the control, and 73–82% of plants vegetated after the treatment). The use of SkQ1 for 11 years allowed obtaining a reliable increase in the yield (more than 2 sigma) in 2018, in comparison with the control variant: Zhukovskii Rannii – 44.9% (from 12.7 t/ha to 18.4 t/ha), Krepysh – 88.8% (from 12.5 t/ha to 23.6 t/ha).*

Keywords: *physiological aging of potato culture; reactive oxygen species (ROS); peroxidase activity; Skulachev's ions.*

Author Details: *A. I. Uskov, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: korenevo2000@mail.ru); D. V. Kravchenko, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; L. B. Uskova, Cand. Sc. (Econ.), senior research fellow; P. A. Galushka, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; A. A. Zamyatnin, D. Sc. (Biol.), professor, deputy director; M. V. Skulachev, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow.*

For citation: *Uskov A. I., Kravchenko D. V., Uskova L. B., Galushka P. A., Zamyatnin A. A., Skulachev M. V. Regulation of Physiological Aging of Potato Culture // Zemledelije. 2019. No. 8. Pp. 33–37 (in Russ.). DOI:10.24411/0044-3913-2019-10808.*

Уважаемые читатели!

В 2020 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: 10.24411/0044-3913-2019-10809
УДК 633.161:631.52

Влияние нуклеотидного полиморфизма гена *sdw1/denso* на изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков озимого ячменя

А. В. АЛАБУШЕВ[1], академик РАН, директор
А. А. ДОНЦОВА[1], кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: doncova601@mail.ru)
Е. Г. ФИЛИППОВ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом
Д. П. ДОНЦОВ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
И. Н. ПЕРЧУК[2], кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
С. Б. АРХИМАНДРИТОВА[2], аспирант, младший научный сотрудник
[1]Аграрный научный центр «Донской», пос. Научный городок, 3, Зерноград, 347740, Российская Федерация
[2]Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, ул. Большая Морская, 42-44, Санкт-Петербург, 190000, Российская Федерация

Цель работы – сопоставление аллельного полиморфизма гена sdw1/denso с результатами фенотипической оценки хозяйственно-ценных признаков озимого ячменя для определения перспективы применения системы функциональных маркеров (геноспецифичных) для селекции высокопродуктивных сортов ячменя. Полевые наблюдения выполняли в Ростовской области в 2016–2018 гг. Молекулярный скрининг образцов проводили в Санкт-Петербурге. Объектом исследований служили 96 сортов ячменя различного эколого-географического происхождения отечественной и зарубежной селекции контрастные по морфобиологическим признакам. Геномную ДНК выделяли из листьев ячменя по стандартной методике с использованием CTAB-буфера (цетилтриметиламмонийбромид). Полимеразную цепную реакцию проводили в амплификаторе GeneAmp PCR system 9700; визуализацию продуктов амплификации – с помощью электрофореза в 1,3 %-ном агарозном геле с добавлением 1 %-ного раствора бромистого этидия в 0,5× (разведение концентрата 1:10) TBE-буфере (трис борат ЭДТА). Для определения аллелей в локусе sdw1/denso использовали CAPS-маркер HaeIII, выявляющий SNP во втором интроне гена. Последовательность аллель-специфичных праймеров – Hv20ox2F_1: GCTGATTAACTGGGACACATA Hv20ox2R_1: GGTGCTAATGTCGCTATGTC. Использовали маркер молекулярного веса – ДНК 100bp DNA Ladder (диапазон фрагментов 100...1000 п.н., шаг 100 п.н.). В полевых условиях оценивали устойчивость к полеганию, массу 1000 зерен, содержание белка в зерне. Из 15 сортов с идентифицированным доминантным аллелем, 13 сортов европейского происхождения формировали крупное хорошо выполненное зерно с массой 1000 зерен 41,3...55,4 г. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа аллели sdw1/denso, как и происхождение сортов, влияют на этот важный показатель урожайности (p<0,001), однако оба фактора не связаны между собой (p=0,698). Доминантный (мутантный) аллель гена sdw1/denso, выявляемый с помощью использованного CAPS-маркера, может быть рекомендован для отбора более продуктивных генотипов.

Ключевые слова: *озимый ячмень (Hordeum vulgare L.), устойчивость к полеганию, нуклеотидный полиморфизм, ген, крупнозерность.*

Для цитирования: *Влияние нуклеотидного полиморфизма гена sdw1/denso на изменчивость основных хозяйственно-ценных признаков озимого ячменя / А. В. Алабушев, А. А. Донцова, Е. Г. Филиппов и др. // Земледелие. 2019. № 8. С. 38–42. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10809.*

Увеличение производства зерна и повышение его качественных показателей – основные задачи сельхозтоваропроизводителей. Ячмень – универсальная культура, как по ареалу распространения, так и по разностороннему использованию [1]. Зерно этой культуры, особенно выращиваемое в южных и юго-восточных засушливых районах, характеризуется непревзойденными кормовыми достоинствами. В 1 кг ячменя содержатся 100 г переваримого белка и 1,28 кормовой единицы. Это больше, чем в зерне овса и ржи. В ячмене имеется полный набор незаменимых аминокислот, поэтому использование его зерна как компонента комбикормов способствует увеличению продуктивности сельскохозяйственных животных [2].

Озимый ячмень – одна из наиболее урожайных зерновых культур. Занимая около 5 % общей площади посевов этой культуры в России, он ежегодно обеспечивает более 10 % валового сбора зерна. Однако потенциал ячменя не реализуется в полной мере из-за недостаточной прочности соломины, в результате в благоприятные для роста и развития годы растения часто полегают, затрудняется механизированная уборка, что приводит к значительному недобору урожая [3]. Поэтому особое значение приобретают устойчивые к полеганию сорта [4].

Решение проблемы устойчивости к полеганию селекционными методами связывают, прежде всего, с высотой растений. В условиях Ростовской области, когда ливневые дожди сменяются острой засухой, этот вопрос приобретает особое значение [5].

Полегание снижает не только урожай и качество зерна, но и косвенно влияет на качество солода, так как у ячменя, собранного с полегших растений меньше масса 1000 зерен и хуже качественные показатели [6].

Явление полегания растений изучают более двух столетий. В начале устойчивость к нему связывали с высотой стебля. И первые успехи были достигнуты при снижении величины этого показателя. Так, в Национальном центре зерна им. П. П. Лукьяненко перевод селекционных программ на эректоидный морфотип позволил снизить высоту растений озимого ячменя на 20...30 см, что привело к прогрессу в устойчивости к полеганию и, как следствие, к значительному росту урожайности [7].

Последние достижения в геномике зерновых культур позволили провести анализ архитектоники геномов злаков, что способствовало накоплению знаний о тех генах, которые связаны с основными агрономическими признаками. В создании современных сортов большое значение имеет использование в селекционном процессе гена полукарликовости *sdw1/denso* [8].

«Полукарликовые» сорта ячменя с мутациями в гене Semidwarf 1 (*sdw1/denso*), сегодня широко распространены в западных штатах США, Канаде, Австралии, а также среди пивоваренных сортов Европы [9]. Сорта, обладающие геном *sdw1 / denso*, входят в родословную большинства современных сортов [10, 11].

Ген *sdw1/denso* обладает плейотропным эффектом, то есть влияет на многие признаки, в том числе на общую адаптивность, зерновую продуктивность и качество зерна [9]. Поэтому среди анализируемых агробиологических признаков, зави-

1. Хозяйственно-ценные признаки сортов и селекционных линий ячменя, используемых в работе (среднее за 2016–2018 гг.)

Образец	Оригинатор	Урожай-ность, т/га	Масса 1000 зерен, г	Содер-жание белка, %	Устойчивость к полеганию, балл	Продолжительность периода всходы–колошение, дни	*sdw/ denso*
Гранд	Россия	6,5	39,1	12,4	5	224	R
Горизонт	Россия	5,2	38,3	12,6	4	223	R
Ростовский 908	Россия	5,5	40,4	12,5	4	219	R
Донской 11	Россия	5,5	39,7	12,2	5	225	R
Ростовский 55	Россия	6,4	40,6	12	5	223	R
Полет	Россия	6,3	39,4	11,7	5	225	R
Жигули	Россия	6,5	37,1	12,4	5	224	R
Ларец	Россия	5,8	36,5	11,8	5	224	R
Параллелум 1920	Россия	5,7	40	11,9	4	222	R
Параллелум 1921	Россия	5,6	38,7	11,5	4	222	R
Параллелум 1922	Россия	6,1	40,5	11,5	4	221	R
Параллелум 1923	Россия	6,8	39,6	11,4	5	219	R
Параллелум 1924	Россия	6,6	40,5	11,3	5	221	R
Паллидум 1926	Россия	6,2	39,5	11,8	4	220	R
Михайло	Россия	6,3	39,5	11,8	5	221	R
Факир	Россия	6,8	43,6	12	5	222	NA
Премьер	Россия	5,6	52,5	13	5	220	NA
Вавилон	Россия	5,7	41,6	12,4	5	221	R
Скороход	Россия	5,9	41,8	12,6	5	216	R
Бастион	Россия	5,4	37,9	12,5	4	222	R
Кордон	Россия	6,3	40	12,7	5	220	R
Секрет	Россия	6,5	41,6	12,8	5	216	R
Козырь	Россия	5,9	39,7	12,4	5	219	R
Радикал	Россия	5,3	36,4	12,4	4	219	R
Аванс	Россия	6,1	37,9	12,5	5	220	R
Кубанец	Россия	6,5	40,5	13	5	219	R
Платон	Россия	7,3	43,1	12,4	5	220	R
Хуторок	Россия	7,3	41,4	11,9	5	221	R
Романс	Россия	7,7	39,4	11,6	5	218	R
Самсон	Россия	6,9	43,5	12	5	223	R
Гордей	Россия	7,6	41	12,4	5	219	R
Кондрат	Россия	7,1	41,2	12,4	5	221	R
Добрыня 3	Россия	6,4	39,5	12,5	5	221	R
Лазарь	Россия	7,1	40,8	11,7	5	221	R
Рубеж	Россия	8	45,2	12,5	5	220	R
Абориген	Россия	6,6	40,7	11,7	4	220	R
Трудівник	Россия	6,6	42,5	11,8	4	219	R
Селена Стар	Россия	6	39,5	12,2	4	220	R
Метелица	Россия	5,9	39,9	11,7	4	220	DR
Синельниковский 56	Россия	5,1	31,8	13,2	4	225	R
Безостый	Россия	5,1	35,1	13,4	5	224	R
Золак	Чехия	5	42,1	12,5	4	220	R
Окал	Чехия	6,6	43,4	12,5	5	224	R
Esterel	Франция	6,1	42,4	11,8	5	220	DR
Azurel	Франция	6,5	42,7	11,6	4	220	DR
Capten	Франция	6,5	43,5	11,9	5	220	DR
Броинскайли	Франция	6,3	55,4	12,7	5	223	D
Nectaria	Франция	5,6	54,6	12,9	5	220	DR
Vanessa	Франция	5,9	51,9	12,5	4	223	D
6577CH	Франция	4,7	47,9	13	5	221	DR
18513EH11	Франция	4,7	52,8	13,1	5	221	DR
Docile	Франция	5,7	42,3	12,7	5	221	DR
Caprice	Франция	4,9	39,7	12,4	4	220	R
Марисса	Франция	7,4	46,7	12	5	222	R
HVW 1427	Германия	6,2	39,7	12,3	4	219	R
Cotanici	Германия	5,5	40,6	12,5	4	220	R
Trasco	Германия	5,9	41,3	12,3	4	222	DR
Cita	Германия	6	41,7	11,6	5	221	R
Rocca	Германия	6,3	44,8	11,1	4	220	DR
Уши	Германия	6	43,1	11,5	4	221	R
Tokyo	Германия	6,5	43,9	11,6	5	221	DR
Blanka	Германия	6,2	42,4	12,2	5	220	R
Nixe	Германия	6,3	42,7	12,2	5	220	R
Punch	Германия	5	47,9	13,3	5	221	R
Tiffany	Германия	6,4	45	12,4	5	222	DR
Arkona	Германия	6,4	44,9	12,6	5	223	R
Cornelia	Германия	6,3	43,3	12,4	5	222	R
Циндарелла	Германия	6,5	44,8	12,1	5	222	R
Willis	США	5,5	33,5	12	4	223	R
Callao	США	5,7	38,6	13,1	5	217	R
Параллелум 1904	Россия	6,6	35,4	11,8	5	225	R
Параллелум 1883	Россия	6,8	39,8	11,7	4	220	DR
Параллелум 1767	Россия	7,2	41,9	11,3	5	221	R
Параллелум 1911	Россия	7,1	39,7	11,9	5	220	R
Параллелум 1912	Россия	6,9	39,4	11,9	4	218	R
Параллелум 1914	Россия	6,7	40,5	11,8	5	224	R

Окончание табл. 1

Образец	Оригинатор	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Устойчивость к полеганию, балл	Продолжительность периода всходы–колошение, дни	*sdw/denso*
Паллидум 1916	Россия	7,2	45,9	11,6	4	221	R
Параллелум 1917	Россия	7,1	40,4	11,7	5	216	R
Параллелум 1930	Россия	7,1	38,6	11,8	5	220	R
Виват	Россия	7	40,3	12,5	5	223	R
Рандеву	Россия	5,4	56,7	12,8	5	219	DR
Параллелум 1949	Россия	6,2	38,2	11,9	5	219	R
Нутанс 1896	Россия	6,2	55,2	12,5	5	219	NA
Нутанс 1895	Россия	5,9	52,8	12,1	5	220	NA
Параллелум 1906	Россия	6,7	40,2	11,7	5	224	R
Параллелум 1893	Россия	6,4	36,5	12,2	5	225	R
Ерема	Россия	6,6	37,5	11,8	4	219	
Тигр	Россия	6	42,1	11,6	4	217	R
Параллелум 1950	Россия	6,3	40	11,9	4	218	R
Паллидум 1925	Россия	6,6	41	11,6	4	217	R
Тимофей	Россия	6,8	39,5	11,7	5	223	R
Безостый 1954	Россия	5	39,6	11,6	4	219	R
Безостый 1955	Россия	5,4	40,2	12,3	5	219	R
Ларец	Россия	6,3	36,7	13,1	5	225	DR
Полет	Россия	6,4	40	12,2	5	223	R
Жигули	Россия	6,1	36	12,3	3	223	DR
Среднее		6,2	41,7	12,2			
Стандартное отклонение		0,7	4,6	0,5			
V, %		11,0	11,1	4,1			

2. Состав реакционной смеси ПЦР с праймерами для аллелей гена *sdw1/denso*

Состав реакционной смеси:	Объем компонента	Начальная концентрация	Конечная концентрация
ДНК	2 мкл	~ 60 нг/мкл	~ 6 нг/мкл
10× буфер для Taq полимеразы, pH 8,6, 25mM Mg^{2+}	2 мкл	10x	1x
dNTPs (10мМ)	1 мкл	10 ммоль	500 мкмоль
Праймер Hv20ox2F_1	0,5 мкл	10 мкмоль	0,25 мкмоль
Праймер Hv20ox2R_1:	0,5 мкл	10 мкмоль	0,25 мкмоль
Taq полимераза	0,5 мкл	5 ед/мкл	0,125 ед/мкл
H_2O	14 мкл		
Общий объем	20 мкл		

симость которых от аллельного разнообразия гена *sdw1/denso* требуется установить, должны присутствовать не только степень полегания, но и другие хозяйственно-ценные признаки (параметры урожайности, сроки колошения).

Цель работы – сопоставление аллельного полиморфизма гена *sdw1/denso* с результатами фенотипической оценки экономически важных признаков озимого ячменя в полевых условиях для определения перспективы применения системы функциональных (геноспецифичных) маркеров для селекции высокопродуктивных сортов ячменя.

Полевые наблюдения и оценку качественных показателей зерна выполняли в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2016–2018 гг. Молекулярный скрининг изучаемых образцов проводили совместно с ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский научно-исследовательский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова». В качестве объекта исследований использовали 96 со-

3. Тестируемый функциональный геноспецифичный молекулярный маркер, разработанный для гена *sdw1/denso*, определяющий изменчивость хозяйственно-ценных признаков ячменя

Тестируемый аллель гена	Последовательность аллель-специфичных праймеров	Тестируемый SNP	Температура отжига праймеров (t°)	Ожидаемая длина ДНК-фрагмента, п.н.	Литературный источник
Denso	Hv20ox2F_1: GCTGATTAACTGGGACACATA Hv20ox2R_1: GGTGCTAATGTCGCTATGTC	G/A (A)	60	194	[13]
denso	Hv20ox2F_1: GCTGATTAACTGGGACACATA Hv20ox2R_1: GGTGCTAATGTCGCTATGTC	G/A (G)	60	194 / *Hae III* = 107+87*	[13]

** – 194 п.н. – размер бэнда, который амплифицируется у всех образцов после постановки ПЦР. У сортов с рецессивным аллелем рестриктаза Hae III разрезает бэнд на 2 фрагмента размерами 107 и 87 п.н.*

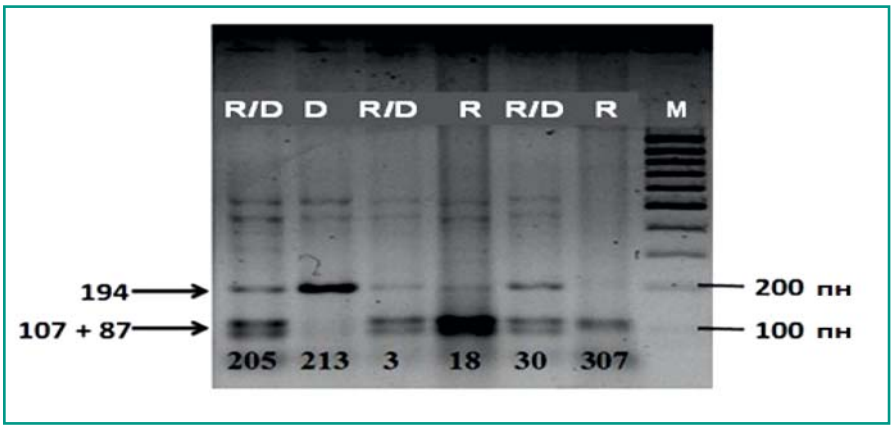


***Рис. 1.** Выявление доминантного (194 п.н.) и рецессивного (107 + 87 п.н.) аллелей гена sdw1/denso с помощью CAPS-маркера у сортов озимого ячменя: 205 – Esterel, 213 – Vanessa, 3 – 6577CH, 18 – HVW1427, 30 – Trasco, 307 – Рубеж; D – доминантный аллель, R – рецессивный аллель, R/D – гетерозигота, M – маркер молекулярного веса.*

4. Влияние доминантного (D) и рецессивного аллеля (R) гена «полукарликовости» *sdw1/denso* на изменчивость агробиологических признаков озимых сортов ячменя по результатам U-критерия Манна-Уитни

Признак	Уровень значимости (p)
Урожайность	0,0650
Масса 1000 зерен	<0,001
Содержание белка	0,1795
Устойчивость к полеганию	0,5744
Период всходы-колошение	0,8348

ртов ячменя различного эколого-географического происхождения отечественной и зарубежной селекции, контрастных по морфобиологическим признакам.

Коллекционные образцы анализировали по основным хозяйственно-ценным признакам, представляющим наибольший интерес для практической селекции: урожайность, масса 1000 зерен, содержание белка в зерне, устойчивость к полеганию и продолжительность периода «всходы–колошение». Массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89 (2009), содержание белка в зерне – по ГОСТ 10846-91 (2009). Оценку устойчивости к полеганию проводили согласно Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum* L. (1983) по 5-балльной шкале: 1 – очень низкая, 2 – низкая, 3 – средняя, 4 – высокая, 5 – очень высокая. Продолжительность периода «всходы–колошение» рассчитывали как сумму дней от фазы «полные всходы» до фазы «полное колошение», включая зимний период (табл. 1).

Для молекулярно-генетического скрининга изучаемых образцов семена озимого ячменя обеззараживали 2 мин в 5 %-ном растворе $KMnO_4$, затем тщательно промывали дистиллированной водой и проращивали на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри в течение 4...5 дней при 25 °С. Геномную ДНК выделяли из листьев ячменя по стандартной методике с использованием CTAB-буфера [12]. Качество и количество выделенной ДНК проверяли на спектрофотометре Shimadzu UV mini-1240. ПЦР (табл. 2) проводили в амплификаторе GeneAmp PCR system 9700.

Продукт ПЦР, полученный с праймерами для гена *sdw1/denso* (табл. 3), обрабатывали эндонуклеазой рестрикции *HaeIII*. Рестрикционную смесь инкубировали при 37 °С в течение 3 ч, затем визуализировали путем электрофореза в 1,3 %-ном агарозном геле с добавлением 1 %-ного раствора бромистого этидия в 0,5×TBE буфере (90 вольт на 14,5 см). Использовали маркер молекулярного веса – ДНК 100bp DNA Ladder (диапазон фрагментов 100...1000 п.н., шаг 100 п.н.).

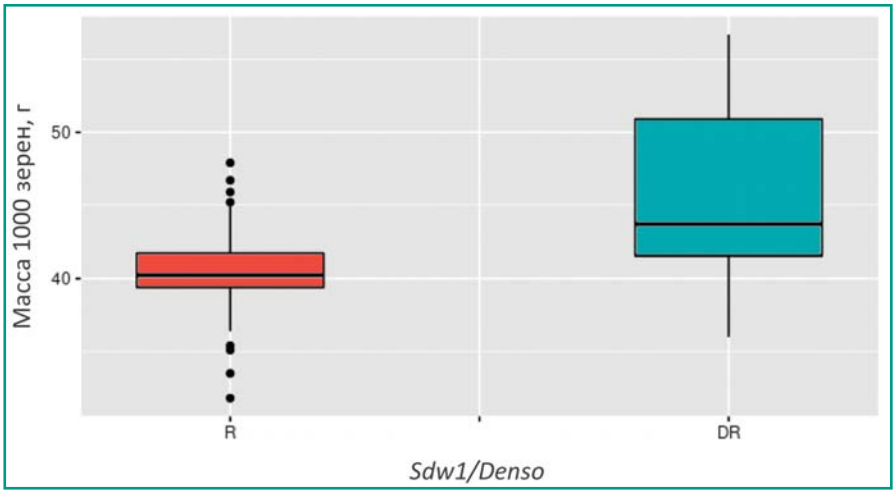


Рис. 2. *Сравнение средних показателей по массе 1000 зерен (г) у озимых сортов ячменя в зависимости от присутствия доминантного (D) и рецессивного (R) аллеля гена sdw1/denso.*

5. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по выявлению ассоциации влияния аллелей гена *sdw1/denso* и происхождения сорта на массу 1000 зерен у сортов озимого срока посева

Фактор	Уровень значимости (p)
Аллельное состояние *sdw1/denso*	<0,001
Происхождение сорта	<0,001
Остальные факторы	<0,001
Взаимодействие факторов (аллельное состояние×происхождение)	0,6980

Среди изученных сортов ячменя 70 % были выведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской», 15 % составляли сорта европейской селекции и 2 % – селекции США. Для того чтобы убедиться в отсутствии связи между происхождением сорта и ассоциацией аллелей *sdw1/denso* с массой 1000 зерен был проведен двухфакторный дисперсионный анализ.

Эффективность аллель-специфичных маркеров для экспресс-диагностики параметров вегетационного периода, содержания белка в зерне, показателей продуктивности оценивали статистически методом корреляционного анализа с использование программного обеспечения Statistica 6, сравнивая количественные показатели изучаемого признака у сортов-носителей альтернативных аллелей тестируемого гена. Статистическую оценку достоверности различий по показателям полевой оценки между сортами-носителями альтернативных аллелей генов осуществляли с использованием непараметрического критерия U Манна-Уитни на 5 %-ном уровне значимости.

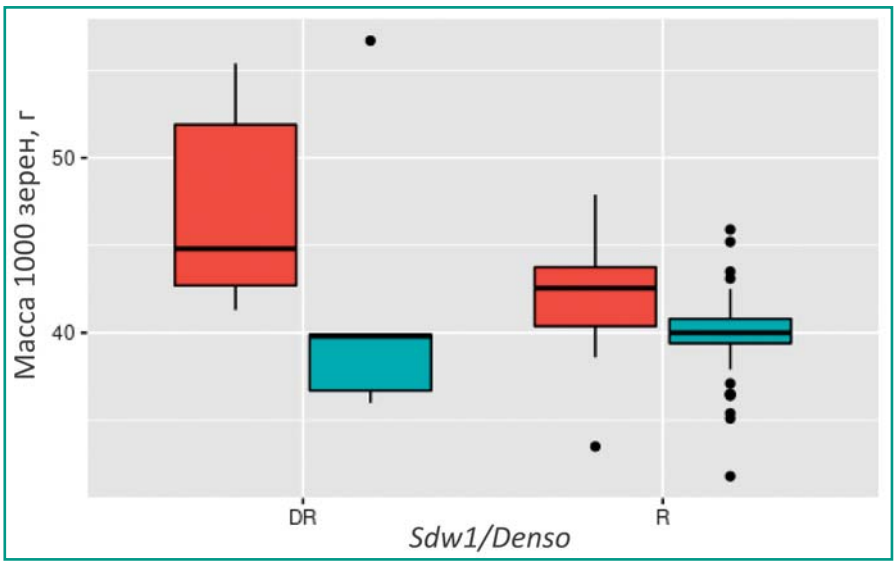


Рис. 3. *Сравнение средних показателей массы 1000 зерен (г) у озимых сортов ячменя в зависимости от присутствия доминантного (D) и рецессивного (R) аллеля гена sdw1/denso и происхождения сорта: — иностранные сорта; — отечественные сорта.*

Для выявления аллелей в локусе *sdw1/denso* использовали CAPS-маркер *HaeIII*, выявляющий SNP во втором интроне гена. По предварительным данным, делеция в первом экзоне гена – функциональна, однако для маркирования используют тесно сцепленный с ним SNP G/A во втором интроне гена. Результаты молекулярного скрининга сортов по SNP во втором интроне *sdw1/denso* представлены на рисунке 1.

Испытание маркера позволило провести успешную амплификацию для 91 сорта, 76 сортов имели широко распространенный рецессивный аллель (как у сорта Morex) и 15 сортов несли доминантную мутацию (сходную с сортом Barke). «Полукарликовые» сорта с мутациями в гене Semidwarf 1 (*sdw1/denso*) часто встречаются среди яровых пивоваренных сортов Европы [9]. В нашем исследовании из 15 сортов с идентифицированным доминантным аллелем, 13 сортов имеют европейское происхождение и способны формировать крупное, хорошо выполненное зерно с высокой массой 1000 зерен (от 41,3 до 55,4 г). В результате определения ассоциации между полиморфизмом гена *sdw1/denso* и изменчивостью хозяйственно-ценных признаков установлено, что аллели *sdw1/denso* достоверно влияют на такой важный элемент урожайности как масса 1000 зерен ($p<0,001$) (табл. 4, рис. 2).

Происхождение сортов также влияет на величину этого показателя ($p<0,001$). Однако между собой изучаемые факторы (табл. 5, рис. 3) не связаны ($p=0,698$).

Таким образом, доминантный (мутантный) аллель гена *sdw1/denso*, выявляемый с помощью использованного CAPS-маркера, может быть рекомендован для отбора более продуктивных и крупнозерных генотипов.

Литература.

1. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П. Новый пивоваренный сорт озимого ячменя Рандеву // Зерновое хозяйство России. 2012. № 2 (20). С. 62–65.

2. Урожайность и качество сортов озимого ячменя в восточной зоне Ростовской области / А. В. Алабушев, А. С. Попов, А. А. Лысенко и др. // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 21–24.

3. Шевцов В. М., Серкин Н. В. Учение Н.И. Вавилова в селекции ячменя на Кубани // Тез. докл. II Вавиловской международн. конф.: «Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы» С.-Пб: Изд-во ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 2007. С. 645–646.

4. Ковтун В. И. Селекция высокоадаптивных сортов озимой мягкой пшеницы и нетрадиционные элементы технологии их возделывания в засушливых условиях юга России. Ростов н/Д: Российская академия с.-х. наук, Всероссийский. научно-исследовательский институт сорго и зерновых культур, 2002. 320 с.

5. Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Краткая история распространения культуры и селекция озимого ячменя на Дону. История института – история времени. Москва: Типография Россельхозакадемии, 2010. С. 59–74.

6. Day A. D., Dickson A. D. Effect of artificial lodging on grain andmalt quality of fall-sown irrigated barley // Crop Sci. 1958. No. 50. Pp. 338–340.

7. Шевцов В. М. Селекция ячменя на Северном Кавказе: автореф. дисс. ... д. с.-х. наук. Немчиновка. 1982, 32 с.

8. Effects of the semi-dwarfing sdw1/denso gene in barley / A. Kuczynska, M. Surma, T. Adamski et al. // J. Appl. Genetics. 2013. No. 54. Pp. 381–390.

9. GA-20 oxidase as a candidate for the semidwarf gene sdw1/denso in barley / Q. Jia, J. Zhang, Sh. Westcott et al. // Funct. Integr.Genomics. 2009. No. 9. Pp. 255–262.

10. Genetic improvement of agronomic and qualitative traits of spring barley / H. Grausgruber, H. Bointner, R. Tumpold et al. // Plant Breed. 2002. No. 121. Pp. 411–416.

11. Dahleen L. S., Van der Wal L. J., Franckowiak J. D. Characterization and molecular mapping of genes determining semidwarfism in barley / J Hered. // 2005. No. 96. Pp. 654–662.

12. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics / M. A. Saghai-Maroof, K. M. Soliman, R. A. Jorgensen et al. // Proc. Natl Acad. Sci. 1984. No. 81. Pp. 8014–8018.

13. GA-20 oxidase as a candidate for the semi-dwarf gene sdw1/denso in barley / Q. Jia, J. Zhang, S. Westcott et al. // Funct Integr Genomics. 2009. No. 9. Pp. 255–62.

Effect of Nucleotide Polymorphism of *sdw1/denso* Gene on the Variability of the Main Economically Valuable Traits of Winter Barley

A. V. Alabushev[1], A. A. Dontsova[1], E. G. Filippov[1], D. P. Dontsov[1], I. N. Perchuk[2], S. B. Arkhimandritova[2]

[1]Agrarian Scientific Center "Donskoj", pos. Nauchnyi gorodok, 3, Zernograd, 347740, Russian Federation

[2]Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), ul. Bol'shaya Morskaya, 42-44, Sankt-Peterburg, 190000, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the work was to compare the allelic polymorphism of sdw1/denso gene with the results of a phenotypic assessment of economically valuable traits of winter barley to determine the prospects of using a system of functional markers for marker-assisted breeding of highly productive barley varieties. Field observations were performed in the Rostov region in 2016–2018. Molecular screening of the samples was carried out in Saint-Petersburg. The objects of the study were 96 varieties of barley of various ecological and geographical origin of domestic and foreign breeding, contrasting in morphological and biological characteristics. Genomic DNA was isolated from barley leaves according to a standard procedure using a STAB buffer (cetyltrimethylammonium bromide). The polymerase chain reaction was carried out in a GeneAmp PCR system 9700 thermocycler; visualization of amplification products was carried out by electrophoresis in a 1.3% agarose gel with the addition of a 1% solution of ethidium bromide in 0.5 × (dilution of the concentrate 1:10) TBE-buffer (Tris borate EDTA). To detect alleles at sdw1/denso locus, HaeIII CAPS marker was used, detecting SNP in the second intron of the gene. The sequence of allele-specific primers was Hv20ox2F_1: GCTGATTAACTGGGACACATA; Hv20ox2R_1: GGTGCTAATGTCGCTATGTC. We used a molecular weight marker – 100bp DNA Ladder (fragment range of 100–1000 bp, the step of 100 bp). Under the field conditions, the resistance to lodging, the weight of 1000 grains, and the protein content in the grain were evaluated. Among 15 varieties with an identified dominant allele, 13 varieties of European origin formed a large filled grain with a weight of 1000 grains of 41.3–55.4 g. The results of a two-factor analysis of variance to identify the association of the influence of sdw1/denso gene alleles and the origin of the variety on the weight of 1000 grains showed that the sdw1/denso alleles, as well as the origin of the varieties, affected this important yield indicator, however, both factors are not related to each other (p = 0.698). Thus, the dominant (mutant) allele of sdw1/denso gene, detected using the used CAPS marker, can be recommended for the selection of more productive genotypes.*

Keywords: *winter barley (Hordeum vulgare L.); lodging resistance; nucleotide polymorphism; gene; grain size (coarseness).*

Author Details: *A. V. Alabushev, member of the RAS, director; A. A. Dontsova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: doncova601@mail.ru); E. G. Filippov, Cand. Sc. (Agr.), head of division; D. P. Dontsov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; I. N. Perchuk, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; S. B. Arkhimandritova, post graduate student, junior research fellow.*

For citation: *Alabushev A. V., Dontsova A. A., Filippov E. G., Dontsov D. P., Perchuk I. N., Arkhimandritova S. B. Effect of Nucleotide Polymorphism of sdw1/denso Gene on the Variability of the Main Economically Valuable Traits of Winter Barley. Zemledelie. 2019. No. 8. Pp. 38–42 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10809.*

ПРЕМИАЛЬНЫЕ ГИБРИДЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА

ЕС САВАНА
РАННИЙ

классический гибрид, новый лидер по урожайности в засушливых условиях

ЕС ГЕНЕРАЛИС СЛ
СРЕДНЕСПЕЛЫЙ Clearfield®
Производственная Система для Подсолнечника

отличная урожайность и высокое содержание масла

ЕС ЯНИС
СРЕДНЕРАННИЙ Clearfield® Plus
Производственная Система для Подсолнечника

высокопродуктивный гибрид устойчивый к заразихе, полеганию и стрессу

ЕС АРГЕНТИК
СРЕДНЕСПЕЛЫЙ ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСПРЕСС™

высокоолеиновый гибрид для технологии Экспресс™ с отличной устойчивостью к заразихе

OR MASTER by Euralis

www.euralis.ru

EURALIS
Создаем семена и доверие

DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10810
УДК 633.11 «324»:632.6/.7

Эффективность биологической защиты озимой пшеницы от вредителей

Н. Н. ГЛАЗУНОВА[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: gnn2312@gmail.com)
Ю. А. БЕЗГИНА[1], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: juliya.bezgina@mail.ru)
Л. В. МАЗНИЦЫНА[1], кандидат биологических наук, доцент (e-mail: yubov_m@inbox.ru)
Е. В. ХАРЧЕНКО[2], дилер (e-mail: bionovatic26stav@mail.ru)
[1]Ставропольский государственный аграрный университет, пер. Зоотехнический, 12, Ставрополь, 355017, Российская Федерация
[2]ООО «Бионоватик», ул. Восстания, 100, корп. 45, технополис «Химград», Казань, 20095, Российская Федерация

Цель исследований – разработка системы биологической защиты озимой пшеницы в весенне-летний период вегетации от вредителей. Работу выполняли в 2018–2019 гг. в Ставропольском крае. Материалом для исследования служил сорт Юка, предшественник – озимая пшеница. Схема опыта включала следующие варианты: без обработки (контроль); биоинсектицид Биослип БВ (жизнеспособные споры штамма Beauveria bassiana не менее 1×10^8 спор/мл) – 3,0 л/га; Биослип БТ (жизнеспособные споры и термостабильный кристаллический эндотоксин штаммов B. thuringiensis не менее 1×10^{11} КОЕ (кристаллов токсина)/г) – 3,0 л/га; совместное применение препаратов Биослип БВ и Биослип БТ – по 1,5 л/га. В качестве эталона использовали смесь химических инсектицидов Алт-Альф, КЭ (альфациперметрин, 100 г/л) – 0,1 л/га и Актара, ВДГ (тиаметоксам, 250 г/кг) – 0,05 кг/га. Биоинсектициды применяли трехкратно – в фазы колошения, цветения и молочной спелости зерна, химическими препаратами обрабатывали один раз – в фазе цветения. Учет заселенности посевов озимой пшеницы фитофагами и их численности проводили перед обработкой и после применения препаратов. Биоинсектицид Биослип БВ лучше всего подавлял злаковых тлей: средняя биологическая эффективность составила 78,3 %, через 7 дней после третьей обработки она достигала 87 %. По отношению к вредной черепашке и пшеничному трипсу средняя биологическая эффективность препарата составила 60,3…68,7 %. Эффект от применения биоинсектицида Биослип БТ против пьявицы красногрудой был сопоставимым с использованием химического препарата: средняя биологическая эффективность составила 84,2 %. В отношении других видов фитофагов она варьировала от 27,2 до 44,2 %. Эффективность применения баковой смеси биоинсектицидов с половинными нормами расхода находилась в пределах 23,3…40,7 %.

Ключевые слова: *озимая пшеница (Triticum aestivum L.), инсектициды, биоинсектициды, красногрудая пьявица (Oulema melanopus L.), вредная черепашка (Eurygaster integriceps Put.), пшеничный трипс (Haplothrips tritici Kurd.), хлебный пилильщик (Cephus pygmaeus L.).*

Для цитирования: *Эффективность биологической защиты озимой пшеницы от вредителей / Н. Н. Глазунова, Ю. А. Безгина, Л. В. Мазницына и др. // Земледелие. 2019. № 8. С. 44–47. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10810.*

Для повышения продуктивности культурных растений в процесс производства интенсивно вовлекают разнообразные ресурсы, чем оказывают все возрастающее воздействие на окружающую среду [1, 2, 3]. В связи с этим экологизация стала наиболее динамично развивающимся направлением аграрной науки XXI века и нашла свое отражение в концепциях адаптивно-ландшафтного и органического земледелия, биологизированных системах защиты растений [4].

В условиях Центрального Предкавказья продолжительность прохождения озимой пшеницей периода с начала VIII этапа органогенеза (фаза колошения) до начала XII этапа (фаза восковой спелости зерна) в разные годы составляет 28…35 дней. Доминантные виды фитофагов, причиняющие основной вред посевам, массово появляются в агробиоценозах культуры на VIII этапе органогенеза (фаза колошения) [5]. Начиная с этого времени и по XI этап органогенеза включительно (фаза молочной спелости) фитофаги питаются, спариваются и откладывают яйца, а также появляются и развиваются их новые поколения. Именно в этот период вредители наносят ощутимый экономический вред посевам озимой пшеницы, и культура нуждается в защите от их комплекса [6].

На сегодняшний день мероприятия по защите агроценозов озимой пшеницы базируются на использовании химических препаратов, которые применяют в течение всей вегетации культуры [7]. Однако растет понимание значимости биологизации защиты растений, использования в первую очередь безопасных методов и средств борьбы с вредными организмами, производства продукции сельского хозяйства, не загрязненной токсикантами различного происхождения [8, 9].

Цель исследований – разработка системы биологической защиты от вредителей озимой пшеницы в весенне-летний период вегетации.

Исследования проводили в 2018–2019 гг. в Ставропольском крае. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый на лёссовидном суглинке, содержание подвижного фосфора и калия (по Мачигину в модификации ЦИНАО) в пахотном слое составляло 17…20 мг/кг и 220…230 мг/кг соответственно, серы – 3…5 мг/кг, гумуса – 3,8…3,9 % (по Тюрину в модификации ЦИНАО), кислотность –5,9…6,1 ед. pH (ГОСТ 26423-85).

Территория опытного хозяйства находится в зоне умеренного увлажнения (ГТК=1,1…1,3). В годы проведения исследований метеоусловия отличались от среднемноголетних и были неблагоприятными для озимых культур. В ноябре температура снижалась до -8,7 °С, в среднем отклонение от нормы составило -1,4 °С, пшеница уходила в зиму в удовлетворительном состоянии. Весна характеризовалась сильными ветрами на фоне недостатка влаги (сумма осадков составляла 44…68 % от нормы). Резкое повышение температур в июне (до 34,9 °С) с низкой влажностью воздуха (менее 50 %) вызвали стрессовое состояние растений озимой пшеницы и способствовали резкому созреванию, что отразилось на выполненности зерна и привело к снижению урожайности культуры.

Материалом для исследования служил сорт Юка, предшественник – озимая пшеница.

Схема опыта включала следующие варианты: без обработки – контроль; биоинсектицид Биослип БВ (жизнеспособные споры штамма *Beauveria*

1. Изменение численности вредителей в агробиоценозе озимой пшеницы при применении биоинсектицидов в фазе колошения (среднее за 2018–2019 гг.)

Объект наблюдения	До обработки	После обработки	
		на 3 сутки	на 7 сутки
Биослип БВ			
Вредная черепашка*	0,50±0,05	0,21±0,01	0,15±0,01
Злаковые тли**	3,00±0,20	1,10±0,10	0,80±0,10
Пшеничный трипс**	10,00±0,80	5,50±0,40	4,20±0,30
Хлебный пилильщик***	5,00±0,50	3,70±0,30	3,40±0,30
Пьявица красногрудая**	1,20±0,10	0,70±0,01	0,80±0,01
Биослип БТ			
Вредная черепашка	0,50±0,05	0,29±0,01	0,25±0,01
Злаковые тли	3,00±0,20	2,10±0,10	2,00±0,10
Пшеничный трипс	10,00±0,80	5,40±0,40	6,00±0,40
Хлебный пилильщик	5,00±0,50	3,80±0,30	3,50±0,30
Пьявица красногрудая	1,20±0,10	0,30±0,01	0,20±0,01
Биослип БВ + Биослип БТ			
Вредная черепашка	0,50±0,05	0,24±0,01	0,23±0,01
Злаковые тли	3,00±0,20	1,70±0,10	1,60±0,10
Пшеничный трипс	10,00±0,80	4,50±0,40	4,00±0,30
Хлебный пилильщик	5,00±0,50	3,80±0,30	3,50±0,30
Пьявица красногрудая	1,20±0,10	0,60±0,01	0,50±0,01
Контроль			
Вредная черепашка	0,50±0,05	0,50±0,05	0,70±0,05
Злаковые тли	3,00±0,20	4,20±0,40	5,60±0,50
Пшеничный трипс	10,00±0,80	10,00±0,80	10,00±0,80
Хлебный пилильщик	5,00±0,50	6,40±0,50	7,20±0,50
Пьявица красногрудая	1,20±0,10	1,40±0,10	1,60±0,20
$НСР_{05}$ вредная черепашка		0,03	0,02
$НСР_{05}$ злаковые тли		0,40	0,20
$НСР_{05}$ пшеничный трипс		0,10	0,20
$НСР_{05}$ хлебный пилильщик		0,10	0,20
$НСР_{05}$ пьявица красногрудая		0,30	0,30

** экз/м², ** экз./колос (растение); *** экз./10 взмахов сачка.*

bassiana ОРВ-09 не менее 1×10^8 спор/мл) – 3,0 л/га; Биослип БТ (жизнеспособные споры и термостабильный кристаллический эндотоксин штаммов *B. thuringiensis* не менее 1×10^{11} КОЕ (кристаллов токсина)/г) – 3,0 л/га; совместное применение препаратов Биослип БВ и Биослип ВТ – по 1,5 л/га. В качестве эталона использовали смесь химических инсектицидов Алт-Альф, КЭ (альфа-циперметрин, 100 г/л) – 0,1 л/га и Актара, ВДГ (тиаметоксам, 250 г/кг) – 0,05 кг/га. Биоинсектициды применяли трехкратно в фазы колошения, цветения и молочной спелости зерна, химические препараты – один раз в фазе цветения согласно схеме опыта.

Площадь делянки – 1 га, повторность – трехкратная. Наблюдения за численностью вредной черепашки и других хлебных клопов осуществляли согласно методикам И. Я. Поляков и др. (Ленинград, 1984). Учет злаковой тли и ее энтомофагов в агроценозах проводили по общепринятой методике В. В. Косова с соавт. (Москва, 1958). Для учета пшеничного и полосатого трипсов в колосе использовали методику А. И. Дерова [10]. Оценку количества заселенных хлебных пилильщиком стеблей и зараженных коллирией личинок этого вредителя выполняли по методикам Л. М. Завертяевой [11] и Е. В. Ченикаловой [12].

Учет численности насекомых осуществляли перед обработкой, а также на 3 и 7 день после опрыскивания посевов изучаемыми препаратами. Статистическую обработку результатов исследований (мнимая повторность) проводили по Б. А. Доспехову [16].

В среднем за годы исследований в фазе начала колошения до всех обработок численность имаго вредной черепашки составляла 0,5 экз./м²; злаковых тлей – 3 экз./раст.; пшеничного трипса – 10 экз./растение; хлебных пилильщиков – 5 экз./100 взмахов сачка; пьявицы красногрудой – 1,2 экз./раст. (табл. 1). Экономический порог вредоносности (ЭПВ) превышала только численность пьявицы красногрудой (1 экз./раст).

Через 3 суток после проведения в соответствующих вариантах обработок защитными препаратами численность вредной черепашки и пшеничного трипса в контроле оставалась на прежнем уровне, злаковых тлей увеличилась на 1,2 экз./раст., хлебных пилильщиков – на 1,4 экз./10 взмахов сачка, пьявицы красногрудой – на 0,2 экз./раст. В варианте с Биослип БВ наибольшая биологическая эффективность отмечена в отношении злаковых тлей и вредной черепашки – 64 и 58 % соответственно, самая низкая – против хлебных пилильщиков (26 %). При использовании биоинсектицида Биослип БТ величина этого показателя была самой высокой в отношении пьявицы красногрудой – 75 %, наименьшей – против злаковых тлей и хлебных пилильщиков (30 и 25 % соответственно). В варианте с баковой смесью изучаемых препаратов

2. Изменение численности вредителей в агробиоценозе озимой пшеницы при применении биоинсектицидов и инсектицидов в фазе цветения (среднее за 2018–2019 гг.)

Объект наблюдения	До обработки	После обработки	
		на 3 сутки	на 7 сутки
Биослип БВ (3 л/га)			
Вредная черепашка*	0,15±0,01	0,34±0,01	0,38±0,01
Злаковые тли**	0,80±0,10	2,10±0,10	1,70±0,10
Пшеничный трипс**	4,20±0,30	4,40±0,30	5,30±0,30
Хлебный пилильщик***	3,40±0,30	3,20±0,20	1,30±0,10
Пьявица красногрудая**	0,80±0,01	1,10±0,10	0,40±0,01
Биослип БТ (3 л/га)			
Вредная черепашка	0,25±0,01	0,55±0,02	0,77±0,03
Злаковые тли	2,00±0,10	6,20±0,40	8,10±0,50
Пшеничный трипс	6,00±0,40	7,20±0,50	9,00±0,60
Хлебный пилильщик	3,50±0,30	4,10±0,30	1,80±0,10
Пьявица красногрудая	0,20±0,01	0,40±0,01	0,10±0,01
Биослип БВ + Биослип БТ (1,5 + 1,5 л/га)			
Вредная черепашка	0,23±0,01	0,44±0,01	0,56± 0,01
Злаковые тли	1,60±0,10	4,80±0,30	5,6±0,02
Пшеничный трипс	4,00±0,30	5,7±0,02	6,8±0,04
Хлебный пилильщик	3,50±0,30	3,80±0,30	1,60±0,10
Пьявица красногрудая	0,50±0,01	0,80±0,01	0,30±0,01
Алт-Альф, КЭ + Актара, ВДГ (0,1 л/га + 0,05 кг/га)			
Вредная черепашка	0,70±0,05	0,01±0,01	0,01±0,01
Злаковые тли	5,60± 0,5	0,40±0,01	0,20±0,01
Пшеничный трипс	10,00±0,80	0,30±0,01	0,20±0,01
Хлебный пилильщик	7,20±0,50	0,40±0,01	0,1±0,01
Пьявица красногрудая	1,60±0,20	0,1±0,01	0,0±0,00
Контроль			
Вредная черепашка	0,70±0,05	0,90±0,07	1,40±0,10
Злаковые тли	5,60± 0,5	8,20±0,70	11,20±1,00
Пшеничный трипс	10,00±0,8	11,00±1,00	15,00±1,20
Хлебный пилильщик	7,20±0,50	5,40±0,50	2,50±0,30
Пьявица красногрудая	1,60±0,20	1,90±0,20	0,70±0,10
$НСР_{05}$ вредная черепашка		0,10	0,18
$НСР_{05}$ злаковые тли		0,60	1,50
$НСР_{05}$ пшеничный трипс		1,30	1,50
$НСР_{05}$ хлебные пилильщики		0,60	0,20
$НСР_{05}$ пьявица красногрудая		0,40	0,20

** экз/м², ** экз./колос (растение); *** экз./10 взмахов сачка.*

3. Изменение численности вредителей в агробиоценозе озимой пшеницы при применении биоинсектицидов и инсектицидов в фазе молочной спелости зерна (среднее за 2018–2019 гг.)

Объект наблюдения	До обработки	После обработки	
		на 3 сутки	на 7 сутки
Биослип БВ (3 л/га)			
Вредная черепашка*	0,38±0,01	0,54±0,01	0,65±0,01
Злаковые тли**	1,70±0,10	2,10±0,10	2,50±0,10
Пшеничный трипс**	5,30±0,30	6,70±0,50	7,80±0,50
Хлебный пилильщик***	1,30±0,10	1,10±0,10	0,30±0,01
Пьявица краснограудая**	0,40±0,01	0,30±0,01	0,20±0,01
Биослип БТ (3 л/га)			
Вредная черепашка	0,77±0,03	1,10±0,10	1,57±0,10
Злаковые тли	8,10±0,50	10,20±1,00	13,12±1,00
Пшеничный трипс	9,00±0,60	11,40±1,00	14,25±1,00
Хлебный пилильщик	1,80±0,10	1,50±0,10	0,77±0,01
Пьявица краснограудая	0,10±0,01	0,10±0,01	0,02±0,001
Биослип БВ + Биослип БТ (1,5 + 1,5 л/га)			
Вредная черепашка	0,56±0,01	0,80±0,04	1,22±0,10
Злаковые тли	5,6±0,02	7,10±0,50	8,30±0,50
Пшеничный трипс	6,8±0,04	8,60±0,50	10,00±1,00
Хлебный пилильщик	1,60±0,10	1,40±0,10	0,70±0,03
Пьявица краснограудая	0,30±0,01	0,20±0,01	0,1±0,01
Алт-Альф, КЭ + Актара, ВДГ (0,1 л/га + 0,05 кг/га, 10 и 14 день после обработки)			
Вредная черепашка	0,1±0,01	0,00±0,01	0,0±0,00
Злаковые тли	0,20±0,01	0,20±0,01	0,20±0,01
Пшеничный трипс	0,20±0,01	0,20±0,01	0,20±0,01
Хлебный пилильщик	0,1±0,01	0,10±0,01	0,0±0,01
Пьявица краснограудая	0,0±0,01	0,00±0,00	0,0±0,00
Контроль			
Вредная черепашка	1,40±0,10	2,00±0,20	2,70±0,20
Злаковые тли	11,20±1,00	14,10±2,00	19,30±2,00
Пшеничный трипс	15,00±1,20	19,00±2,00	25,00±3,00
Хлебный пилильщик	2,50±0,30	2,10±0,50	1,10±0,40
Пьявица краснограудая	0,70±0,01	0,50±0,01	0,20±0,01
$НСР_{05}$ вредная черепашка		0,20	0,35
$НСР_{05}$ злаковые тли		3,80	2,30
$НСР_{05}$ пшеничный трипс		2,10	2,20
$НСР_{05}$ хлебные пилильщики		0,10	0,10
$НСР_{05}$ пьявица краснограудая		0,10	0,10

** экз/м², ** экз./колос (растение); *** экз./10 взмахов сачка.*

биологическая эффективность против вредной черепашки, пшеничного трипса злаковых тлей и пьявицы краснограудой варьировала в пределах 45…55 %, численность хлебных пилильщиков снизилась всего на 25 %.

Через 7 дней после обработки численность фитофагов в контроле возросла еще больше. Одновременно биологическая эффективность в среднем за период исследований увеличилась во всех вариантах на 5…10 %, с сохранением тенденций, выявленных на 3-й день после применения препаратов.

На численность насекомых в контроле перед цветением оказали влияние биологические особенности развития фитофагов. Через неделю после обработки количество экземпляров вредной черепашки в этом варианте увеличилось в 2 раза, злаковых тлей – также вдвое и достигло ЭПВ (5…10 экз./ растение), пшеничного трипса – на 50 %. Одновременно в связи с окончанием лёта хлебных пилильщиков их численность сократилась почти в 3 раза, а окукливание личинок пьявицы краснограудой привело к снижению их популяции более чем в 2 раза (табл. 2).

После второй обработки отмечено повышение биологической эффективности Биослип БВ в отношении злаковых тлей и вредной черепашки, а также пшеничного трипса. Через 7 дней после применения она составила в среднем 85, 73 и 65 % соответственно. Наименьшая величина этого показателя отмечена против пьявицы краснограудой – на 3-й день 42 %, на 7-й – 39 %. В отношении хлебных пилильщиков эффективность препарата также была незначительной – 40…50 %.

Повторная обработка препаратом Биослип БТ продемонстрировала его высокую биологическую эффективность в отношении пьявицы краснограудой. Она достигла 87 % и была выше, чем против вредной черепашки на 42%; против пшеничного трипса – на 47 %, против злаковых тлей и пилильщиков – на 59…60 %.

Эффективность баковой смеси биоинсектицидов в отношении вредной черепашки, пшеничного трипса злаковых тлей и пьявицы краснограудой варьировала в пределах 50…62 %, наименьшей она была, как и при первой обработке, против хлебных пилильщиков – 30…35 %.

Наилучшие результаты обеспечило использование баковой смеси химических инсектицидов Алт-Альф, КЭ + Актара, ВДГ. Биологическая эффективность в этом варианте на 3-й и 7-й день после обработки составила в среднем 93…99 %.

К фазе молочной спелости численность вредной черепашки, злаковых тлей и пшеничного трипса в контроле продолжала увеличиваться. Количество имаго хлебных пилильщиков уменьшилось из-за их естественной гибели после откладки яиц, а пьявицы краснограудой – в связи с окукливанием личинок (табл. 3).

Трехкратное применение препарата Биослип БВ способствовало повышению биологической эффективности в отношении злаковых тлей до 87 %, вредной черепашки – до 76 %, пшеничного трипса – до 69 %. Против личинок хлебного пилильщика она увеличилась с 50 до 73 %. Наименьшая величина этого показателя отмечена в отношении пьявицы краснограудой – 25…39 %. Эффективность Биослип БТ в отношении пьявицы краснограудой после третьей обработки достигла 90 %, что

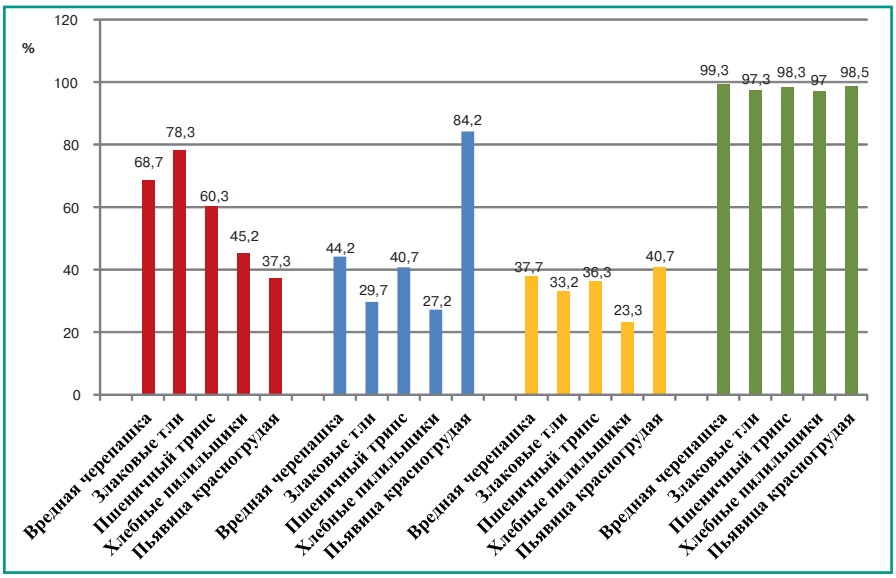


Рисунок. *Средняя биологическая эффективность биоинсектицидов и инсектицидов против вредителей в агробиоценозе озимой пшеницы (среднее за 2018–2019 гг.): — Биостип БВ; — Биослип БТ; — Биослип БВ + Биослип БТ; — АлтАльф + Актара.*

сопоставимо с уровнем химических препаратов. При этом снижение численности других фитофагов колебалось в пределах 27…45 %.

Биологическая эффективность трехкратного использования баковой смеси биопрепаратов против вредной черепашки, пшеничного трипса злаковых тлей и пьявицы красногрудой составила 50…62 %, против хлебных пилильщиков – 35…40 %. Учёты на 10 и 14 день после обработки баковой смесью химическими инсектицидами показали, что их биологическая эффективность против фитофагов находится на уровне 97…100 %.

В среднем Биослип БВ лучше всего подавлял злаковых тлей. Его биологическая эффективность составила 78,3 % (см. рисунок). По отношению к вредной черепашке и пшеничному трипсу она находилась на уровне 60,3…68,7 %.

Биологическая эффективность биоинсектицида Биослип БТ против пьявицы красногрудой сопоставима с химическими препаратами – в среднем 84,2 %. При этом следует отметить его слабое воздействие (27,2…44,2 %) на фитофагов других видов.

Применение баковой смеси биоинсектицидов с половинными нормами расхода оказалось не целесообразным. Ее эффективность находилась в пределах 23,3…40,7 %, чего не достаточно для подавления популяции фитофагов в посевах озимой пшеницы и ограничения их вредоносности.

Таким образом, результаты исследований подтвердили возможность индивидуального подхода к защите озимой пшеницы от разных видов фитофагов. Численность вредителей в период вегетации культуры изменялась и зависела от внешних условий среды и биологических особенностей насекомых. На основе результатов исследований в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы в систему защиты целесообразно включать биологические инсектициды для обработки в фазе колошения, цветения и молочной спелости зерна. В условиях Центрального Предкавказья при защите от имаго пьявицы красногрудой можно рекомендовать использование биоинсектицида Биослип БТ с нормой расхода 3 л/га, биологическая эффективность (в среднем 84,2 %) которого сопоставима со средствами химической защиты.

При нарастании численности комплекса фитофагов культуры целесообразно проводить вторую обработку с интервалом 7…10 дней баковой смесью биоинсектицидов Биослип БТ и Биослип БВ с нормами расхода 3 + 3 л/га, а также третью обработку биоинсектицидом Биослип БВ с нормой расхода 3 л/га, средняя биологическая эффективность которого против злаковых тлей составила 78,3 %.

Литература.

1. Стратегии региональной экономико-экологической безопасности / Ю. А. Безгина, Ю. А. Лобейко, О. Ю. Колосова и др. // Вестник АПК Ставрополья. 2016. № 3 (23). С. 240–243.

2. Previous Crop – As An Element Of Organic Farming In The Cultivation Of Winter Wheat In The Central Pre Caucasus / O. I. Vlasova, V. M. Pederieva, I. A. Volters et al. // Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences. 2018. Vol. 9. Is. 6. Pp. 1272–1276.

3. Influence Of Biological Preparations And Their Metabolites On The Number And Seasonal Dynamics Of Micromycetes In The Ordinary Chernozems Of The Central Ciscaucasia / V. S. Tshovrebov, V. I. Faizova, D. V. Kalugin et al. // Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences. 2018. Vol. 9. Is. 6. P. 1841.

4. Система защиты озимой пшеницы от вредителей и болезней на Юге России: Методические рекомендации / Н. Н. Глазунова, А. П. Шутко, Ю. А. Безгина и др. / под ред. Н. Н. Глазуновой. Ставрополь : СЕКВОЙЯ, 2018. 97 с.

5. Глазунова Н. Н. Совершенствование прогноза численности вредителей и оптимизация зональной системы защиты озимой пшеницы в Центральном Предкавказье : автореф. дис. .... док. с.-х. наук. Санкт-Петербург-Пушкин, 2019. 40 с.

6. Protection The Winter Wheat From Pests In The South Of Russia / N. N. Glazunova, Yu. A. Bezgina, L. V. Maznitsyna et al. // Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences. 2018. Vol. 9. Is. 4. Pp. 578–582.

7. Effect of density soil on productivity of winter wheat in terms of area with moderate moisturize / E. B. Drepa, A. S. Golub, Ju. A. Bezgina et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. No. 6. Pp. 805–808.

8. Стамо П. Д., Коваленков В. Г., Кузнецова О. В. Опыт применения биометода на Ставрополье // Защита и карантин растений. 2015. № 3. С. 7–10.

9. Коваленков В. Г., Кузнецова О. В. Опыт научного обоснования и практического применения биологического метода на Ставрополье / материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации». Краснодар: ИП Дедкова С.А. (типография «Гранат»), 2018. С. 491–496.

10. Деров А. И. Методика выявления численности пшеничного трипса и тли на посевах пшеницы // Тез. докл. на VII Всесоюз. совещ. по иммунитету с.-х. растений к болезням и вредителям. Рига, 1986. С. 47–48.

11. Завертяева Л. М. Устойчивость озимой пшеницы к хлебным пилильщикам // Тр. Ставроп. НИИСХ. 1975. Вып. 21. С. 44–53.

12. Ченикалова Е. В. Влияние сортовых особенностей зерновых культур на обыкновенного стеблевого пилильщика и его паразита коллирию : автореф. дис. .... канд. биол. наук. Л., 1982. 23 с.

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

Efficiency of Biological Protection of Winter Wheat against Pests

N. N. Glazunova[1], Yu. A. Bezgina[1], L. V. Maznitsyna[1], E. V. Kharchenko[2]

[1]Stavropol State Agrarian University, per. Zootekhnicheskii, 12, Stavropol', 355017, Russian Federation

[2]OOO Bionovatic, ul. Vosstaniya, 100, korp. 45, tekhnopolis «Khimgrad», Kazan', 20095, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the research was to develop a system of biological protection of winter wheat from pests in the spring-summer period of vegetation. The work was carried out in 2018–2019 in the Stavropol Krai. The material for the study was Yuka variety, the forecrop was winter wheat. The experimental design included the following options: without treatment (the control); Biosleep BW bioinsecticide (viable spores of Beauveria bassiana strain of at least 10E8 spores/mL), 3.0 L/ha; Biosleep BT (viable spores and thermostable crystalline endotoxin of B. thuringiensis strains of at least 10E11 CFU (toxin crystals)/g), 3.0 L/ha; the combined use of Biosleep BW and Biosleep BT, 1.5 L/ha each. As a standard, a mixture of AltAlf, EC (alpha-cypermethrin, 100 g/L), 0.1 L/ha and Actara, WDG (thiamethoxam, 250 g/kg), 0.05 kg/ha was used. Bioinsecticides were used three times: in the earing, flowering and milk ripeness phases, chemical preparations were used once, in the flowering phase. The population of phytophages in winter wheat crops was counted before treatment and after application of the preparations. Biosleep BW bioinsecticide suppressed grain aphids best of all: the average biological efficiency was 78.3%, in 7 days after the third treatment it increased to 87%. In relation to Eurygaster integriceps and Haplothrips tritici, the average biological effectiveness of the drug was 60.3–68.7%. The effect of Biosleep BT against cereal leaf beetle was comparable with the use of the chemical preparation: the average biological efficiency was 84.2%. In relation to other phytophage species, it ranged from 27.2 to 44.2%. The efficiency of using a tank mixture of bioinsecticides with half consumption rates was in the range of 23.3–40.7%.*

Keywords: *winter wheat (Triticum aestivum L.); insecticides; bioinsecticides; cereal leaf beetle (Oulema melanopus L.), Eurygaster integriceps; Haplothrips tritici; corn sawfly (Cephus pygmaeus L.).*

Author Details: *N. N. Glazunova, D. Sc. (Agr.), prof. (e-mail: gnn2312@gmail.com); Yu. A. Bezgina, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: juliya.bezgina@mail.ru); L. V. Maznitsyna, Cand. Sc. (Biol.), assoc. prof. (e-mail: yubov_m@inbox.ru); E. V. Kharchenko, dealer (e-mail: bionovatic26stav@mail.ru).*

For citation: *Glazunova N. N., Bezgina Yu. A., Maznitsyna L. V., Kharchenko E. V. Efficiency of Biological Protection of Winter Wheat against Pests. Zemledelije. 2019. No. 8. Pp. 44–47 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10810.*

ФОРС® ЗЕА: надежная защита от жука щелкуна и проволочника

В связи с изменением климата и переходом на минимальные технологии обработки почвы резко возросла нагрузка почвенных вредителей. Одним из главных вредоносных объектов является личика жука щелкуна — проволочник. Он способен уничтожить от 10 до 50 % всходов, что приводит к снижению густоты стояния растений, а это понижает урожайность и повышает затраты.

В динамике численности щелкунов наблюдается тенденция к нарастанию. Погодные условия 2019 года были благоприятны для развития личинок и реализации биотического потенциала имаго щелкунов, в связи с чем в следующем, 2020 году следует ожидать высокой численности жука щелкуна и вредоносности проволочника.

Компания «Сингента» предоставляет надежное решение данной проблемы в виде заводской обработки семян технических культур.

Для гибридов подсолнечника доступна новая инсектицидная обработка семян — КРУЙЗЕР®-технология, которая обеспечивает надежный контроль почвенных и наземных вредителей и максимальную всхожесть семян.

Для гибридов кукурузы предназначен ФОРС® ЗЕА, двухкомпонентный инсектицидный препарат для обработки семян кукурузы.

Первый, КРУЙЗЕР®, защищает всходы системно, но его минус в том, что для контроля вредителей они должны физически повредить растения и получить летальную дозу действующего вещества через ротовой аппарат. Поэтому в **ФОРС® ЗЕА** и добавлен второй механизм защиты, представляющий собой газовую фазу: после посева и при наступлении оптимальной влажности почвы вокруг семени образуется защитная газовая сфера, которая препятствует физическому контакту вредителя в почве. Данный эффект сохраняется в течение 45 дней с момента посева.

В 2019 году «Сингента» провела 73 производственных испытаний ФОРС® ЗЕА в различных регионах Российской Федерации. Во всех опытах использовались семена кукурузы в обработке ФОРС® ЗЕА. В фазу 1–3 листьев и перед уборкой учитывалась густота стояния растений, во время уборки — урожайность (биологическая и хозяйственная). Средняя прибавка к густоте по 73 опытам составила 2,7 тыс. шт. на га, максимальная — 4 т/га при высоком фоне почвенного вредителя (более 10 экз. на 1 кв. м), минимальная — 2,5 ц/га. При стоимости обработки ФОРС® ЗЕА 900 руб. на одну посевную единицу затраты окупаются, фактический остаток — это дополнительная прибыль с каждого гектара.

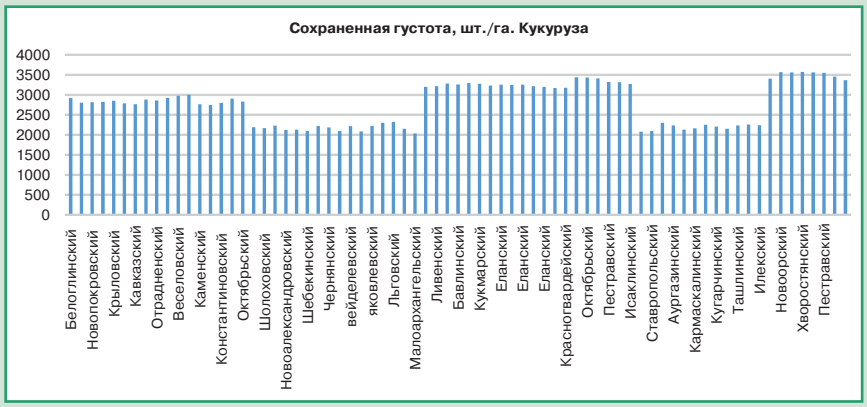


Рисунок 1. Прибавка к густоте стояния растений кукурузы на 1 га

ФОРС® ЗЕА — высокотехнологичный продукт. Его формуляция — капсулы, разработанные таким образом, что препарат начинает действовать только при наличии влаги. В сухом состоянии на семенах препарат не теряет своих защитных свойств даже при хранении в течение двух лет.

Также немаловажным фактором в технологии защиты семян является качество обработки посевного материала. Зачастую сельхозпроизводители используют неподходящую технику для обработки семян, в результате дозировка препарата может не соответствовать запланированной, семена травмируются, что напрямую влияет на полевую всхожесть.

Ряд хозяйств подвергают семена, обработанные фунгицидным препаратом на заводе, повторной обработке инсектицидным компонентом. В результате эффективность продукта снижается, а затраты не окупаются. Также при повторной обработке семена травмируются, что негативно сказывается на полевой всхожести.

Эксперты «Сингенты» придерживаются мнения, что семена должны быть обработаны в заводских условиях с использованием специальных машин и технологий, которые позволяют качественно нанести продукт.

«Сингента» предлагает сельхозпроизводителям семена кукурузы, обработанные фунгицидными и инсектицидными препаратами (**МАКСИМ® КВАТРО + ФОРС® ЗЕА**). Данное решение позволяет снизить риск некачественной обработки семян и за счет этого повысить эффективность препаратов и урожайность культуры, а также снизить себестоимость конечной продукции.

НОВИНКА

Импульс

НОВЫЙ ПОЧВЕННЫЙ ГЕРБИЦИД ДЛЯ БОРЬБЫ С ОДНОЛЕТНИМИ ДВУДОЛЬНЫМИ И НЕКОТОРЫМИ ЗЛАКОВЫМИ СОРНЯКАМИ В ПОСЕВАХ НУТА, СОИ И ПОДСОЛНЕЧНИКА

480 г/л флумиоксазина

- Уникальный гербицид для контроля сорняков в посевах нута.
- Высокая дисперсность и стабильность в рабочем растворе.
- Оригинальное сочетание действующего вещества и препаративной формы.
- Обеспечивает высокою эффективность при малых нормах расхода.
- Имеет достаточное почвенное действие для зашиты культуры от сорняков в период вегетации.

Терапевт Про

КОМПЛЕКСНЫЙ СИСТЕМНЫЙ ФУНГИЦИД ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО И ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ, СВЕКЛЫ, ПОДСОЛНЕЧНИКА

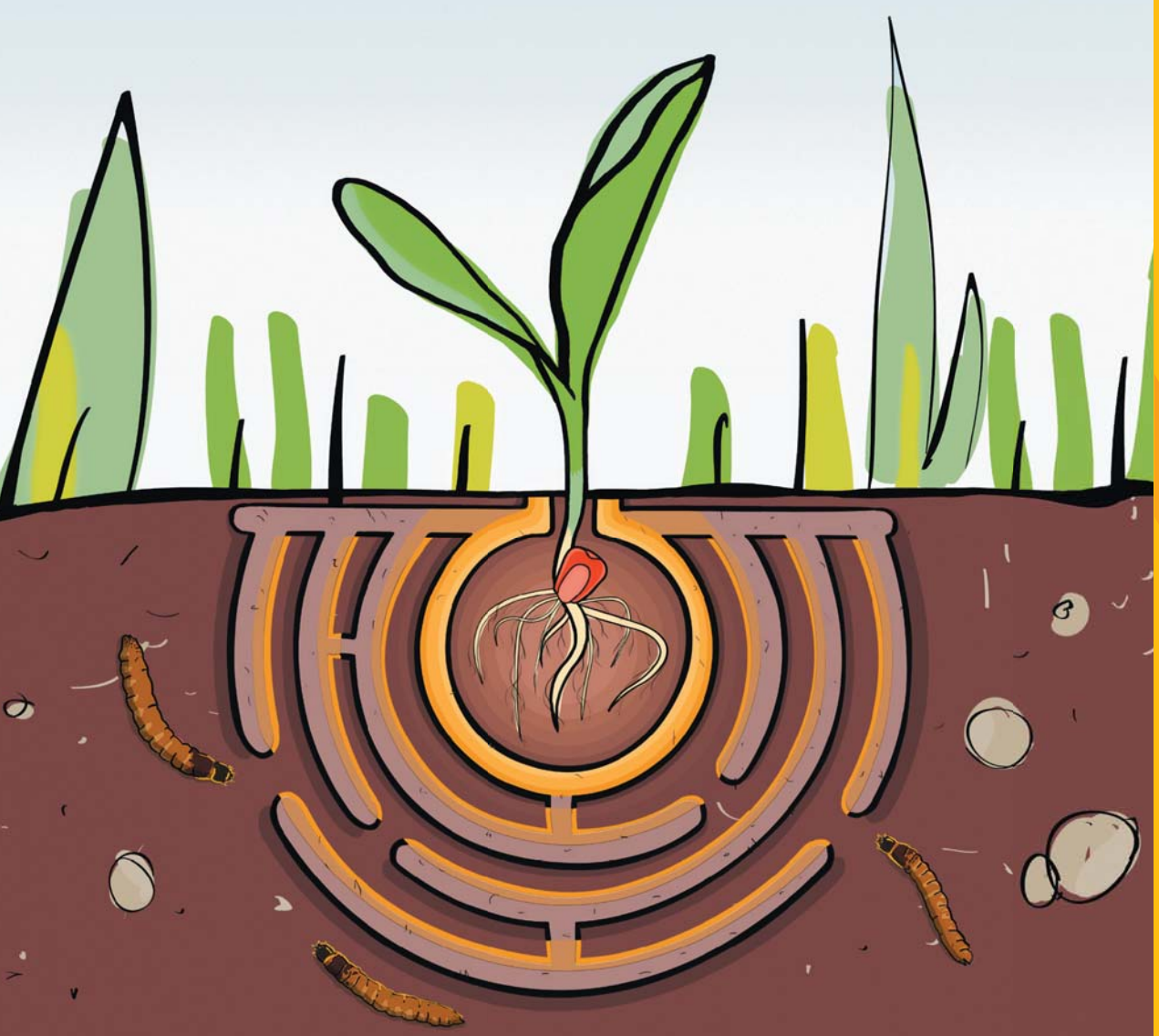
125 г/л крезоксим-метила
+ 125 г/л эпоксиконазола
+ 80 г/л дифеноконазола

- Широкий спектр контролируемых возбудителей болезней зерновых культур и сахарной свеклы.
- Обеспечивает гарантированно высокую и надежную фунгицидную защиту благодаря содержанию трех компонентов из двух разных химических классов.
- Обладает профилактическим, лечебным и иммуностимулирующим действием с выраженным «Стоп-эффектом».
- Идеально подходит для профилактических обработок.

CROP PROTECTION
Zemlyakoff

НЕПРЕОДОЛИМАЯ ПРЕГРАДА ДЛЯ ПРОВОЛОЧНИКА

Инсектицидный протравитель семян кукурузы с защитной газовой фазой



Заказывайте семена кукурузы в обработке ФОРС® ЗЕА

Форс® Зеа

syngenta®

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

ЗАГРУЗИТЕ В App Store

ЗАГРУЗИТЕ В Google Play

Мобильное приложение «Сингента Россия»

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2019. № 8.1 - 48. Индекс 70329.