8.2020

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Реклама

СЕМЕНА ВЫСОКИХ РЕПРОДУКЦИЙ

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

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

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

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

ГЕОСКАН 201
АГРОГЕОДЕЗИЯ

- Картографирование с/х полей
- Точное земледелие
- Инспекция перед покупкой земли
- Получение информации о рельефе

GEOSCAN

+7 812 363-33-87
info@geoscan.aero
www.geoscan.aero

8.2020 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

ПЛОДОРОДИЕ FERTILITY

В. А. Лыхман, А. И. Клименко, М. Н. Дубинина, Е. А. Полиенко, О. И. Наими. Влияние на агрегатный состав чернозема обработки посевов баковой смесью гуминового препарата и гербицида 3

V. A. Lykhman, A. I. Klimenko, M. N. Dubinina, E. A. Polienko, O. I. Naimi. The influence of treating crops with the tank mixture of the humic preparation and the herbicide on the aggregate composition of chernozem

Ю. В. Плугатарь, В. П. Коба, М. Л. Новицкий, В. В. Папельбу, Н. А. Пшеничников. Высотная зональность почвенных условий горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма 10

Yu. V. Plugatar, V. P. Koba, M. L. Novitsky, V. V. Papelbu, N. A. Pshenichnikov. Altitudinal zonality of soil conditions in mountain landscapes of the South-Eastern Crimea

А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум, С. В. Есипенко, Т. А. Илларионова, П. Н. Хачмамук. Азот в почвах рисовых полей 15

A. Kh. Sheudzhen, O. A. Gutorova, H. D. Hurum, S. V. Esipenko, T. A. Illarionova, P. N. Khachmamuk. Nitrogen in the soils of rice fields

Ю. В. Плугатарь, В. В. Корженевский, М. Л. Новицкий. Почвенно-биологические основы оценки и повышения плодородия технозёмов и эмбриозёмов на сульфидных отвалах 19

Yu. V. Plugatar, V. V. Korzhenevsky, M. L. Novitsky. Soil and biological basis for assessing and increasing the fertility of technosol and embryozem on sulfide dumps

П. А. Чекмарев, А. П. Коршунов. Агрохимическая характеристика почв Чувашской Республики 24

P. A. Chekmarev, A. P. Korshunov. Agrochemical characteristics of the soils of the Chuvash Republic

Основан в 1939 г.

УЧРЕДИТЕЛИ:
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии

ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ИЗДАТЕЛЬ:
ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:
Л. В. Будажапов, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
А. Н. Власенко, академик РАН и НА Монголии, доктор сельскохозяйственных наук
Н. Г. Власенко, академик РАН, доктор биологических наук
А. А. Завалин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. Л. Иванов, академик РАН, доктор биологических наук
В. А. Иванов, почетный член редколлегии, главный редактор журнала «Земледелие» в 1978-2001 гг.
А. Н. Каштанов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. И. Кирюшин, академик РАН, доктор биологических наук
В. В. Кулинцев, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Лапа, академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Беларусь
М. А. Мазиров, доктор биологических наук
М. Михловски, доктор сельскохозяйственных наук, Чешская Республика
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. А. Романенков, доктор биологических наук
А. С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Казахстан
П. А. Чекмарев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
И. Ф. Храмцов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

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

КОНТАКТЫ:
Тел./факс: +7 916 241 63 43

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

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

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

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

Подписано в печать 12.11.20
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”. 2020.

Журнал «Земледелие» включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов (Перечень ВАК), рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (по агрономии).

Информация об опубликованных статьях поступает в систему Российского индекса научного цитирования.

Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, а также полнотекстовые версии статей находятся в свободном доступе в Интернете на сайте www.jurzemledelie.ru

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО / **FIELD CROPS**

О. И. Горянин, С. В. Обущенко, Б. Ж. Джангабаев, Е. В. Щербинина, Л. В. Пронович. Эффективность применения удобрений в засушливых условиях Поволжья 29

O. I. Goryanin, S. V. Obushchenko, B. Zh. Dzhangabaev, E. V. Shcherbinina, E. V. Pronovich. Efficiency of fertilizer application under arid conditions of the Volga region

СОРТА И СЕМЕНА / **GRADES AND SEEDS**

А. Я. Айдиев, В. Т. Новикова, А. А. Емельянова, Е. В. Логвинова, С. А. Дугина. Новые сорта зерновых культур как результат научной кооперации 36

A. Ya. Aidiev, V. T. Novikova, A. A. Emel’yanova, E. V. Logvinova, S. A. Dugina. New varieties of cereals as a result of scientific cooperation

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ / **PLANT PROTECTION**

Е. А. Полиенко, О. С. Безуглова, А. В. Гринько, В. А. Лыхман, Е. С. Патрикеев. Повышение эффективности инсектицидов в посевах нута при использовании гуминовых веществ 42

E. A. Polienko, O. S. Bezuglova, A.V. Grin’ko, V. A. Lykhman, E. S. Patrikeev. The increase in the efficiency of insecticides in chickpea crops when using humic substances

Уважаемые читатели!

В 2021 г. наш журнал будет, как и прежде, выходить 8 раз в год, в первый и второй месяцы каждого квартала. Наш подписной индекс в каталоге 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: 10.24411/0044-3913-2020-10801
УДК 631.43: 631.87

Влияние на агрегатный состав чернозема обработки посевов баковой смесью гуминового препарата и гербицида

В. А. ЛЫХМАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: lykvladimir@yandex.ru)
А. И. КЛИМЕНКО, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, врио директора
М. Н. ДУБИНИНА, младший научный сотрудник (e-mail: dubinina-marina@rambler.ru)
Е. А. ПОЛИЕНКО, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: samonichewa@gmail.com)
О. И. НАИМИ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: o.naimi@mail.ru)
Федеральный Ростовский аграрный научный центр, ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский р-н, Ростовская обл., 346735, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки воздействия совместного и раздельного применения гербицидов и гуминовых препаратов на содержание и связывающую способность почвенных углеводов, а также на формирование почвенной структуры и ее водопрочность. Полевые опыты закладывали в 2017–2019 гг. в Ростовской области на черноземе обыкновенном карбонатном при возделывании озимой пшеницы и нута. Схема опыта включала варианты с раздельным и совместным (в баковой смеси) внесением гуминового препарата и гербицидов, контроль – без применения каких-либо препаратов. Агрегатный состав почвы определяли методом Саввинова, количество углеводов в почве – фенолсернокислым методом Дюбуа. Обработка озимой пшеницы гербицидами привела к снижению содержания углеводов в почве на 0,15 % при наименьшей существенной разности 0,11 %. При опрыскивании посевов баковой смесью отмечено достоверное увеличение их концентрации на 0,13 %. Совместное применение гербицидов и гуминового препарата способствовало повышению коэффициента структурности почвы при возделывании озимой пшеницы с 4,66 до 5,94 ед., нута – с 3,55 до 6,02 ед., при этом достоверное увеличение на 1,54 ед. зафиксировано только в 2019 г. Содержание водопрочных агрегатов в почве в контроле при смене озимой пшеницы на нут снизилось с 87,4 до 56,6 %. В то же время после обработки культур баковой смесью гербицидов и гуминового препарата на протяжении всего опыта отмечали его увеличение, по сравнению с контрольным вариантом: под озимой пшеницей – на 6,3 %, под нутом – на 7,2 %.

Ключевые слова: *чернозем обыкновенный, гуминовый препарат, водопрочность, агрономически ценные агрегаты, коэффициент структурности, критерий АФИ, углеводы.*

Для цитирования: *Влияние на агрегатный состав чернозема обработки посевов баковой смесью гуминового препарата и гербицида / В. А. Лыхман, А. И. Клименко, М. Н. Дубинина и др. // Земледелие. 2020. № 8. С. 3–7. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10801*

Ведение интенсивного сельского хозяйства требует высокого уровня использования агрохимических ресурсов, в том числе удобрений и пестицидов. Значительные масштабы выноса элементов питания из почвы с урожаем в целом можно компенсировать дополнительным внесением как минеральных, так и органических удобрений, в то время как качественно улучшить агрофизические свойства почв при использовании механической обработки весьма затруднительно. Согласно исследованиям, частая механическая обработка вызывает образование «плужной подошвы» – переуплотненного слоя почвы, который, в свою очередь, нарушает водно-воздушный режим. В то же время есть данные, свидетельствующие о том, что системы минимальной обработки почвы не обеспечивают накопления достаточного запаса влаги, а в силу активного применения пестицидов полностью исключают эффект так называемого «биологического рыхления» [1, 2]. Согласно данным, полученным Н. Н. Федоровой [3], при интенсивном земледелии разложение органического вещества в почве осуществляется путем создания нового пула микроорганизмов и ферментов, и поэтому максимальное образование водопрочных агрегатов в этих почвах происходит спустя несколько месяцев после обработок.

Установлено, что вещества, относящиеся к классу углеводов, в силу своих адгезивных свойств, прямо и косвенно влияют на формирование макроагрегатной структуры [4]. Этот вопрос был подробно рассмотрен Л. А. Володиной [5], однако на сегодняшний день подробной информации об эффективном влиянии на структурно-агрегатный состав почвы искусственного внесения полисахаридов явно недостаточно. Кроме того, в ряде публикаций приводятся данные, подтверждающие прямую корреляцию между количеством агрономически ценных почвенных агрегатов и содержанием в них углеводов [6], причем разрушение цементирующих органических веществ при использовании химических средств защиты отрицательно сказывается на водопрочности почвенных отдельностей [7].

В ряде научных трудов упоминается коагулирующее свойство микробных выделений, обусловленное наличием в них веществ из класса полисахаридов [8, 9]. Необходимо отметить, что структурообразующая способность соединений микробиологической природы более выражена, чем веществ, продуцируемых растениями [10]. Исключение составляют бобовые растения, так как в их корнях содержится пектиновых веществ больше, чем в корнях злаковых, что обусловлено наличием клубеньковых бактерий. В связи с этим формирование и развитие корневой системы бобовых культур оказывает более эффективное воздействие на агрофизические качества почвы и ее агрегатный состав [11]. В водопрочных агрегатах почв с низким содержанием общего углерода (до 1%) обнаружены преимущественно полисахариды, то есть именно они в первую очередь участвуют в структурообразовании [12]. Структурообразующая роль углеводов показана и для черноземов Ростовской области. Согласно исследованиям, цементирующие свойства полисахаридов связаны с факторами различной природы, например, линейная структура молекул – такая пространственная ориентация молекул, при которой создаются условия для проявления сил Ван-дер-Ваальса; большое количество ОН-групп, способных к образованию водородных связей; наличие кислых групп -СООН, которые могут осущест-

влять ионные взаимодействия через 2-х и 3-х валентные катионы [13].

Цель исследования – изучение влияния совместного и раздельного применения гербицидов и гуминовых препаратов на содержание и связывающую способность почвенных углеводов, и в конечном итоге – на формирование почвенной структуры и ее водопрочность.

Место проведения полевых опытов – Аксайский район Ростовской области, ФГБНУ ФРАНЦ, поле № 73. Этот регион относится к приазовской сельскохозяйственной зоне. Климат приазовской зоны – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Относительная влажность воздуха имеет ярко выраженный годовой ход. Наименьшие ее значения отмечаются в июле – 50…60 %, минимальные в отдельные дни могут быть 25…30 % и ниже, что уже свидетельствует о засухе. Приход ФАР за вегетацию 3,5…4,0 млрд. ккал/га.

Почва – чернозем обыкновенный карбонатный (североприазовский), по классификации почв России (2004) – чернозем миграционно-сегрегационный. Отличительная характеристика почвы: мощность гумусового горизонта – 75…100 см, невысокое содержание гумуса – 3,9…4,7 %, своеобразная ореховато-комковатая структура, характеризующаяся рыхлостью и рассыпчатостью, высокий уровень карбонатности (вскипание от 10 % HCl в горизонте А), присутствие копролитов и ходов червей, слабо сцементированный характер карбонатных образований – белоглазки. Чернозем обыкновенный карбонатный хорошо оструктурен. Механические элементы его скоагулированы в прочные агрегаты, преобладающая часть которых по размеру относится к агрономически ценным фракциям – 10…0,25 мм, составляющим более 60 %. Плотность почвы в гумусовом горизонте не превышает 1,4, в пахотном слое колеблется от 1,0 до 1,2 г/см^3. Пахотный слой имеет вполне удовлетворительную пористость – 50…66 % от объема почвы, обеспечивающую высокие воздухоемкость и газообмен [14].

Почва исследуемого поля возделывается на протяжении порядка 50 лет, поэтому постепенно может проявляться эффект почвоутомления, который выражается в накоплении болезнетворных организмов и вредителей, ухудшении агрофизических свойств и, как следствие, снижении урожайности. Чтобы устранить эти последствия необходимо соблюдать севооборот и использовать пестициды, предназначенные для защиты растений от различных вредителей и заболеваний [15]. Агрофизическое состояние почвы служит одним из показателей плодородия почвы, которое хоть и опосредованно, но достоверно отражает интенсивность развития почвенной биоты.

Существует ряд работ, косвенно подтверждающих факт, что, с одной стороны, средства защиты позволяют оптимизировать протекание процессов роста и развития сельскохозяйственных культур от прорастания семян до созревания семени (уборки урожая), подавляя развитие болезнетворной микрофлоры и блокируя рост сорной растительности, мешающей нормальному питанию и развитию культурных растений, и это выражается в интенсификации развития ризосферы [16]. С другой стороны, при обработке посевов химикатами из-за неспецифичности их воздействия параллельно может происходить угнетение почвенных микроорганизмов, и в этом случае в качестве стресс-протекторного фактора выступает гуминовый препарат [17].

Совокупность этих факторов привела к выбору схемы исследования. Возделываемые культуры в исследуемом звене севооборота – озимая пшеница и нут. Согласно схеме опыта, баковой смесью гербицида и гуминового препарата посевы озимой пшеницы обрабатывали в фазе кущения (период исследования 2017–2018 гг.), посевы нута – в фазе формирования бобов (период исследования 2019 г.).

Опыт представлен следующими вариантами:

без применения гербицида и гуминового препарата – контроль (К);

гербицид Гранстар Про, ВДГ 15 г/га на пшенице или Гезагард, КС 3 л/га на нуте (Х);

гуминовый препарата BIO-Дон 1 л/га (Г);

баковая смесь гербицида (Гранстар Про, ВДГ 15 г/га на пшенице или Гезагард, КС 3 л/га на нуте) и гуминового препарата BIO-Дон 1 л/га (Х + Г).

В опыте общим фоном вносили аммиачную селитру 100 кг/га.

Применяемые гербициды – Гранстар Про, ВДГ из класса сульфанилмочевин для обработки озимой пшеницы от двудольных сорняков, Гезагард, КС из класса триазинов для обработки нута от однолетних двудольных и злаковых сорняков. Гуминовый препарат BIO-Дон, получаемый путем щелочной экстракции из вермикомпоста, содержит 2,0…2,5 г/л гуминовых кислот.

Отбор почвенных образцов проведен из пахотного (0…20 см) слоя в следующие сроки:

в период возделывания озимой пшеницы в 2017–2018 гг.: после посева в фазе всходов (20.10.2017 г.); до обработки баковой смесью гуминового препарата и гербицидов в фазе кущения озимой пшеницы (09.05.2018 г.); через 2 недели после обработки баковой смесью (25.05.2018 г.); после уборки урожая (12.07.2018 г.);

в период возделывания нута в 2019 г.: до обработки баковой смесью гуминового препарата и гербицидов в фазе формирования бобов (15.06.2019 г.); через 2 недели после обработки баковой смесью (02.07.2019 г.).

Агротехнологии озимой пшеницы и нута на опытном участке – рекомендованные для приазовской зоны Ростовской области. Отбор почвенных проб проводили согласно ГОСТ 28168-89, определение структурного состояния почвы – по ГОСТ 12536-79. Для определения почвенной структуры применяли «сухое» и «мокрое» просеивание по методу Н. И. Саввинова. Рассчитывали коэффициенты структурности и водопрочности почвенных агрегатов. Определение углеводов проводили фенолсернокислым методом Дюбуа во фракциях 5…3 мм, 3…2 мм, 2…1 мм, как преобладающих в изучаемых черноземах, и в силу достаточно высокой водопрочности агрегатов этой размерности [18].

В контрольном варианте коэффициент структурности почвы увеличивается с 1,36 до 5,44 в течение вегетационного периода 2017–2018 гг., в 2019 г. происходит его снижение до 2,58, далее величина это показателя увеличивается до 4,48 (табл. 1).

Такая динамика в контрольном варианте объясняется рядом причин.

1. Коэффициент структурности чернозема обыкновенного карбонатного в пахотном слое в зависимости от применения гербицида и гуминового препарата (2017–2019 гг.)

Срок отбора образцов	Вариант				$НСР_{0,05}$
	К	Х	Г	Х + Г	
Озимая пшеница, 2017–2018 гг.					
Всходы	1,36	2,55	2,78	4,66	–
отклонение от контроля		+1,19	+1,42	+3,30	1,43
Кущение (до обработки)	3,92	4,20	2,81	5,26	–
отклонение от контроля		+0,28	-1,11	+1,34	1,30
Через 2 недели после обработки	4,72	4,89	6,04	4,87	–
отклонение от контроля		+0,17	+1,32	+0,15	1,31
После уборки	5,44	5,30	5,36	5,94	–
отклонение от контроля		-0,14	-0,08	+0,50	1,16
Нут, 2019 г.					
Формирование бобов (до обработки)	2,58	3,93	3,76	3,55	–
отклонение от контроля		+1,35	+1,18	+0,97	1,41
Через 2 недели после обработки	4,48	4,82	5,29	6,02	–
отклонение от контроля		+0,34	+0,81	+1,54	1,08

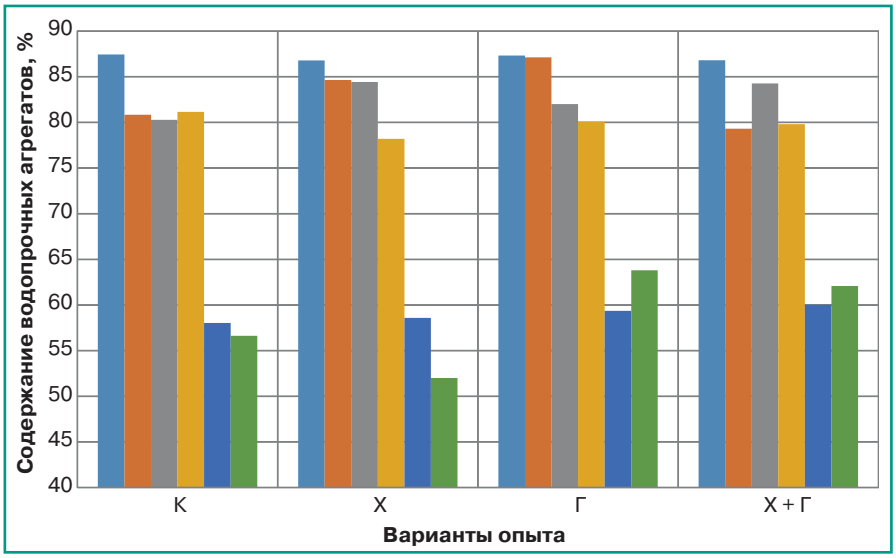


Рис. 1. *Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое чернозема обыкновенного карбонатного в зависимости от применения гербицида и гуминового препарата: ■ – 2017–2018 гг. после посева; ■ – 2017–2018 гг. до обработки; ■ – 2017–2018 гг. после обработки; ■ – 2017–2018 гг. после уборки; ■ – 2019 г. до обработки; ■ – 2019 г. после обработки.*

В частности, механической обработкой почвы сельскохозяйственными орудиями и внесением минеральных удобрений, которые, безусловно, позитивно влияют на процессы роста и развития сельскохозяйственных культур, так как напрямую воздействуют на обеспечение элементами питания растений [19].

В варианте с гербицидами коэффициент структурности варьирует от 2,55 в самом начале полевого эксперимента до 5,30 в 2017–2018 гг. В целом отмечена позитивная тенденция, по сравнению с контролем, – разница в коэффициентах структурности вариантов увеличивается с 0,17 до 1,35. Схожая ситуация складывается в варианте с гуминовым препаратом, однако в обоих случаях различия с контролем не превышают статистически значимую величину, что позволяет судить о невыраженном воздействии гербицидов и гуминового препарата при раздельной обработке ими посевов. В варианте с совместным применением этих препаратов в 2019 г. отношение агрономически ценных агрегатов к агрономически неценным колеблется от 3,55 до 6,02 после обработки. Разница в сравнении с контролем по этому показателю в варианте с совместным применением гербицида и гуминового препарата составляет от 0,97 до 1,54, причем в 2019 г. после обработки эта величина статистически значима. Такой результат позволяет судить о позитивном влиянии совместного применения в баковых смесях гербицидов и гуминового препарата, так как в трех других вариантах достоверной положительной динамики не отмечено.

Критериями оптимального водно-воздушного режима в почве выступают не только количественное содержание агрономически ценных агрегатов, но и их качественные характеристики, в частности их способность сопротивляться размывающему действию воды – водопрочность (рис. 1).

В течение всего полевого эксперимента в контрольном варианте отмечено снижение количества водопрочных агрегатов с 87,4 до 56,6 %, что по шкале водопрочности С. И. Долгова и П. У. Бахтина соответствует изменению состояния от отличного до удовлетворительного. Такая ситуация характерна для всех вариантов опыта, что, вероятно, объясняется общими факторами, связанными в первую очередь с диспергирующими в отношении почвенных коллоидов свойствами минеральных удобрений, а также последствиями почвоутомления, выражающимися в том числе в снижении органического вещества в почве, от которого зависит водопрочность почвенных агрегатов. В работе С. А. Владыченского [20] был затронут вопрос о зависимости почвенной агрономической структуры в целом от количества свободных органических коллоидов в почве. Зависимость получилась весьма определенной: удаление свободных гуматов из черноземов сопровождалось распадом макроагрегатов, хотя все коллоиды насыщались потом катионом кальция. Влияние гуматов и катионов кальция и магния на образование структурных отдельностей различных размеров отмечали также и другие исследователи [21, 22].

Если сравнивать варианты с контролем, то в целом отмечается положительная динамика водопрочности. В варианте с гербицидами изменения фиксировались на уровне тенденции: увеличение составило от 0,6 до 3,8 %. В вегетационном периоде 2017–2018 гг. после обработки озимой пшеницы баковой смесью содержание водопрочных агрегатов увеличилось на 6,3 % при наименьшей существенной разности 4,2 %. В 2019 г. после обработки нута баковой смесью увеличение водопрочных агрегатов составляло уже 7,2 % при наименьшей существенной разности 5,2 %. В этом же году отмечено статистически значимое увеличение содержания водопрочных агрегатов на 4,9 % после обработки нута гуминовым препаратом. Если сравнивать с контролем, то при использовании гербицидов совместно с гуминовым препаратом увеличение составляет от 2,0 до 5,4 %, что статистически достоверно.

Дополнительным показателем качества агрономически ценной структуры служит критерий АФИ (Агрофизического института), рассчитываемый как отношение суммы фракций размером 1...0,25 мм по результатам «мокрого» и «сухого» просеивания в % (табл. 2).

При закладке полевого опыта в 2017 г. различия между вариантами были не существенны, что характеризует в целом сходные агрофизические свойства почвы во всех четырех вариантах и свидетельствует об однородности почвенных условий экспериментального поля. В ходе проведения

2. Величина критерия АФИ в пахотном слое чернозема обыкновенного карбонатного в зависимости от применения гербицида и гуминового препарата (2017–2019 гг.)

Срок отбора образцов	Вариант				$НСР_{0,05}$
	К	Х	Г	Х+Г	
Озимая пшеница, 2017–2018 гг.					
Всходы	161,9	149,1	139,2	164,6	-
отклонение от контроля		-12,8	-22,7	+2,7	24,3
Кущение (до обработки)	122,6	114,3	139,8	135,8	-
отклонение от контроля		-8,3	+17,2	+13,2	7,9
Через 2 недели после обработки	352,7	303,3	332,7	340,6	-
отклонение от контроля		-49,4	-20,0	-12,1	52,1
После уборки	179,3	149,9	176,2	190,3	-
отклонение от контроля		-29,4	-3,10	+11,0	9,3
Нут, 2019 г.					
Формирование бобов (до обработки)	131,0	115,0	136,0	141,0	-
отклонение от контроля		-16,0	+5,0	+10,0	7,1
Через 2 недели после обработки	89,0	86,0	92,0	95,0	-
отклонение от контроля		-3,0	+3,0	+6,0	4,2

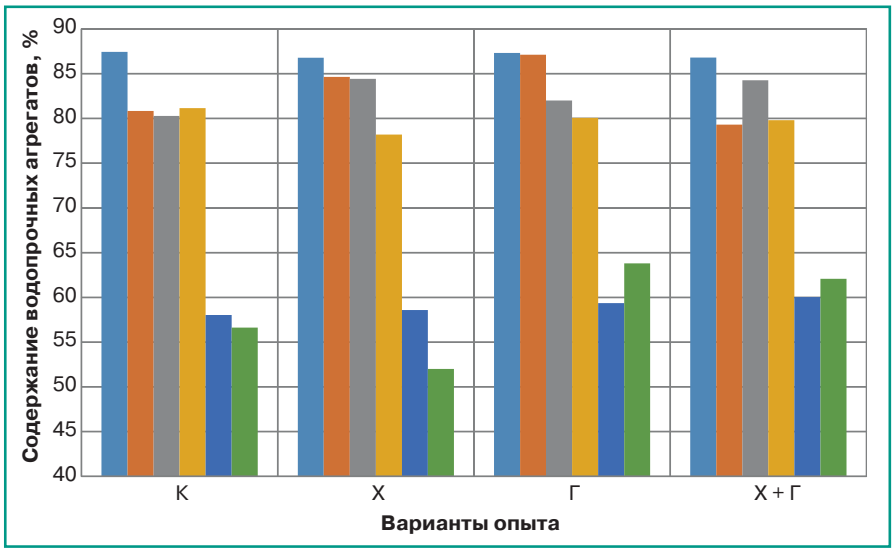


Рис. 2. Содержание углеводов в почвенных агрегатах фракции 5...3 мм чернозема обыкновенного карбонатного в зависимости от применения гербицида и гуминового препарата: ■ – 2017–2018 гг. после посева; ■ – 2017–2018 гг. до обработки; ■ – 2017–2018 гг. после обработки; ■ – 2017–2018 гг. после уборки; ■ – 2019 г. до обработки; ■ – 2019 г. после обработки.

полевого эксперимента (2017–2019 гг.) отмечена достоверная разница в вариантах с гуминовым препаратом как отдельно вносимым, так и совместно с химическими средствами защиты. Рост критерия АФИ варьирует от 6,0 до 11,0 % при наименьшей существенной разности 4,2 и 9,3 % соответственно.

Для детального исследования агрофизических свойств необходимо изучить биодинамику почвенных углеводов, содержание и характеристику полисахаридного комплекса почвы, и особенно количественное содержание углеводов как наиболее лабильной фракции гумуса в почвах, подверженных эрозии и техногенному изменению. По всем вариантам опыта отмечена позитивная динамика содержания углеводов во фракции 5...3 мм (рис. 2).

При сравнении вариантов с контролем отмечены следующие тенденции. В 2017–2018 гг. до обработки препаратами различия между вариантами в сравнении с контролем были несущественными – от -0,07 % до 0,01 % при $НСР_{0,05}$ = 0,09 %. После внесения препаратов содержание углеводов варьирует в диапазоне 0,64...0,81 %, при этом в варианте без гуминового препарата отмечена убыль на 0,15 % при $НСР_{0,05}$ = 0,11 %. Эти изменения аналогичны тенденциям по критерию АФИ (см. табл. 2), где в варианте с гербицидами (Х) в 2017–2018 гг. после обработки отмечено статистически значимое снижение.

После уборки урожая озимой пшеницы в 2018 г. также отмечено снижение содержания углеводов в почвенной фракции 5...3 мм на уровне тенденции, однако в вариантах с гуминовым препаратом и при совместном внесении средств химической защиты обнаруживается статистически достоверное увеличение, что может объясняться эффектом последействия препаратов, однако эта гипотеза требует дальнейшего изучения. Необходимо отметить резкий рост содержания углеводов в почвенных агрегатах в 2019 г., обусловленный сменой культуры в звене севооборота с озимой пшеницы на нут. Количество углеводных соединений варьирует от 1,13 в контроле до 1,26 % в варианте с совместным применением гербицидов и гуминового препарата, увеличение этого показателя на 0,13 % статистически достоверно при $НСР_{0,05}$ = 0,11 %, что может служить свидетельством проявления стресс-протекторной функции гуминовых препаратов.

Аналогичные результаты получены и при определении содержания углеводов в почвенных фракциях 3...2 мм и 2...1 мм (рис. 3).

Таким образом, обработка посевов гербицидами негативно сказывается на содержании углеводов в черноземе

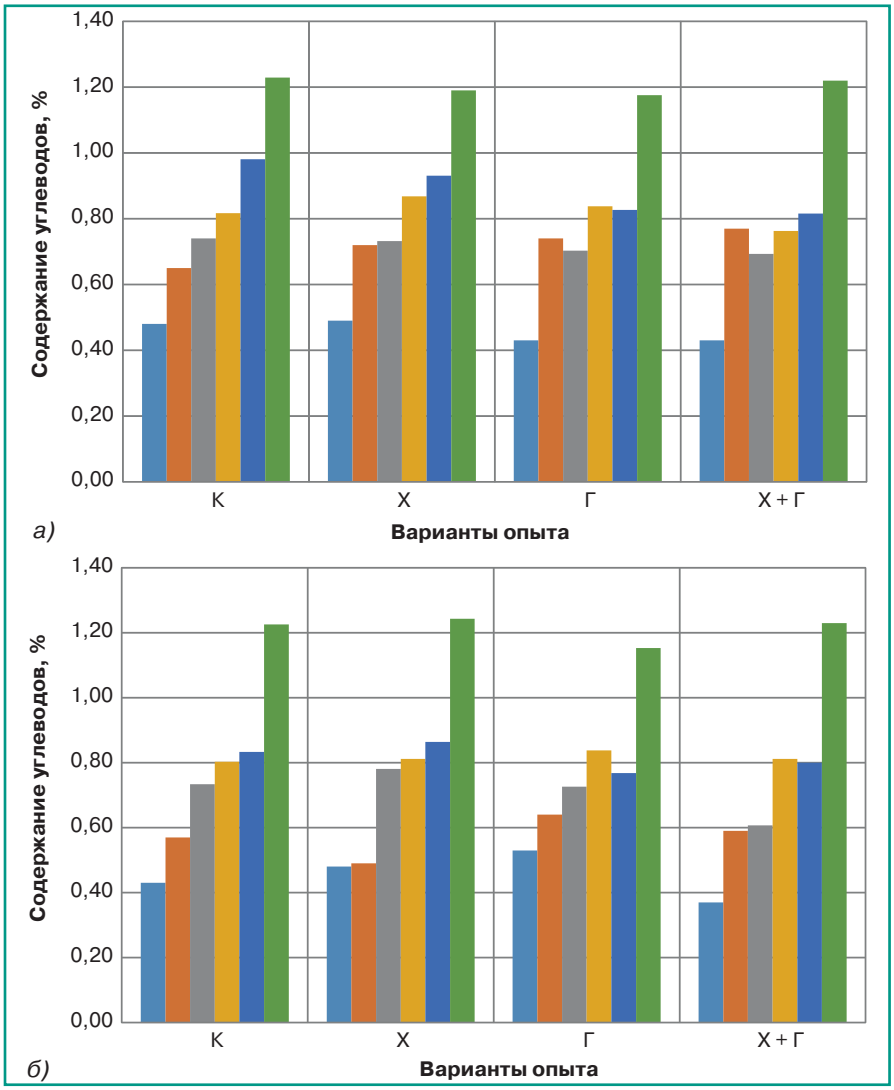


Рис. 3. Содержание углеводов в почвенных агрегатах фракций 3...2 мм (а) и 2...1 мм (б) чернозема обыкновенного карбонатного в зависимости от применения гербицида и гуминового препарата: ■ – 2017–2018 гг. после посева; ■ – 2017–2018 гг. до обработки; ■ – 2017–2018 гг. после обработки; ■ – 2017–2018 гг. после уборки; ■ – 2019 г. до обработки; ■ – 2019 г. после обработки.

обыкновенном карбонатном. Нивелировать это воздействие позволяет применение гуминовых препаратов. Если после обработки озимой пшеницы гербицидами содержание углеводов в почве уменьшилось на 0,15 %, то при обработке баковой смесью гербицидов и гуминового препарата увеличилось на 0,13 при $НСР_{0,05}$ = 0,11 %.

Совместное применение гербицидов и гуминового препарата способствует повышению коэффициента структурности чернозема обыкновенного карбонатного: за время эксперимента он увеличился с 4,66 до 5,94 под озимой пшеницей и с 3,55 до 6,02 под нутом при достоверном увеличении на 1,54 в 2019 г.

Содержание водопрочных агрегатов в черноземе обыкновенном карбонатном под озимой пшеницей было выше (87,4 %), чем под нутом (56,6 %). Обработка озимой пшеницы баковой смесью гербицидов и гуминового препарата обеспечивала увеличение содержания водопрочных частиц на 6,3 %, а обработка нута – на 7,2 % (при $НСР_{0,05}$ соответственно 4,2 и 5,2 %) и сопровождалась ростом величины критерия АФИ на 6…7 %, по отношению к контролю.

Литература.

1. Кирюшин В. И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия // Земледелие. 2019. № 3. С. 3-7.

2. Слесарев В. Н., Власенко А. Н. Способ плоскорезной полосной разноглубинной зяблевой обработки почвы // Патент РФ № 2367132, 05.06.2007.

3. Великанов Л. Л., Звягинцев Д. Г. Адсорбция ферментов и их активность на границе раздела твердой и жидкой фазы // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. М.: изд-во МГУ, 1970. С. 339–354.

4. Верниченко Л. Ю., Мишустин Е. Н. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. С. 3–33.

5. Володина Л. А., Арсеньева Е. П. Углеводный состав органического вещества и ферментативная активность некоторых почв Белоруссии // Известия АН БССР. Серия сельскохозяйственных наук, 1976. Вып. 4. С. 21–26.

6. Эффективность экологически безопасных агроприемов при возделывании сои / Е. В. Головина, В. И. Зотиков, С. Н. Агаркова и др. // Земледелие. 2015. № 4. С. 21–23.

7. Бесланеев С. М., Багов М. Б., Сарбашева А. И. Влияние гумата «Плодородие» на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Аграрная наука. 2014. № 9. С. 15–16.

8. Ерохин А. И., Цуканова З. Р. Снижение дозы фунгицида Скарлет, МЭ при обработке семян гороха гуминовым препаратом // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 1 (33). С. 35–39. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11152

9. Conditions for the cultivation of new bacillus bacteria being micro bioproduct producers / A. M. Asaturova, A. I. Homyak, N. S. Tomashevich, et al. // Journal of Pure and Applied Microbiology. 2015. Vol. 9. No 4. p. 2797–2804.

10. Which soil tillage is better in terms of the soil organic matter and soil structure changes? / V Šimanský., N. Polláková, J. Jonczak, et al. // Journal of Central European Agriculture. 2016. Vol. 17. No 2. P. 391–401. DOI: /10.5513/JCEA01/17.2.1720

11. Biochar additions can enhance soil structure and the physical stabilization of C in aggregates / D. Wang, S. J. Parikh, K. M. Scow, et al. // Geoderma. 2017. Vol. 303. p. 110–117. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.05.027

12. Effect of organic production on soil structure / L. Nesic, M. Belic, L. Savin, et al. // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2014. Vol. 20. No 5. P. 1168–1174.

13. Содержание и распределение углеводов в почвах Ростовской области / О. С. Безуглова, В. П. Ерыженская, И. В. Морозов и др. // Биологические науки. 1990. № 12. С.134–143.

14. Юшкова Е. И., Павловская Н. Е., Ботуз Н. И. Рост и урожайность картофеля при обработке растений биологически активным веществом биогумуса // Сельскохозяйственная биология. 2013. Т. 48. № 3. С. 73–76.

15. Влияние применения гумата калия на продуктивность пивоваренного ячменя / Л. А. Нечаев, А. Ф. Путинцев, В. И. Зотиков и др. // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 6. С. 33–35.

16. Изменение численности микроорганизмов в зависимости от величины агрегатов гумусового горизонта миграционно-мицелярного чернозема / Е. С. Василенко, О. В. Кутовая, А. К. Тхакахова и др. // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2014. № 73. С. 150–173.

17. Changes in the structure of soil microbial biomass under fallow / L. M. Polyanskaya, N. I. Sukhanova, K. V. Chakmazyan, et al. // Eurasian Soil Science. 2012. Vol. 45. No 7. P. 710–716. https://doi.org/10.1134/S1064229312030088

18. Szoboszlay M., Moe L. A., White-Monsant A. The effect of root exudate 7,4′-Dihydroxyflavone and naringenin on soil bacterial community structure // PLoS ONE. 2016. T. 11. No 1. P. 1-16. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146555

19. Пегова Н. А. Влияние органического удобрения и обработки почвы в севообороте на агрегатный состав и водопрочность агрегатов пахотной дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012. № 2 (27). С. 48–52.

20. Владыченский С. А. Непрочно связанные гуминовые вещества почвенных коллоидов, как фактор агрономически ценной структуры // Почвоведение. 1939. № 11. С. 45–54.

21. Агроэкологическая оценка структуры почв / С. Л. Белопухов, В. И. Савич, Н. М. Садуакасов и др. // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 52. № 12. С. 39–45.

22. Экологические аспекты эволюции плодородия при интенсивном использовании почвенных ресурсов аридных территорий / А. Е. Кудрявцев, Г. Гуггенбергер, П. Иллигер и др. // Агрохимический вестник. 2020. № 1. С. 14–24. https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10003

The influence of treating crops with the tank mixture of the humic preparation and the herbicide on the aggregate composition of chernozem

V. A. Lykhman, A. I. Klimenko, M. N. Dubinina, E. A. Polienko, O. I. Naimi

Federal Rostov Agrarian Scientific Center, ul. Institutskaya, 1, pos. Rassvet, Aksaiskii r-n, Rostovskaya obl., 346735, Russian Federation

Abstract. *The effect of joint and individual application of herbicides and humic preparations on the content and binding capacity of soil carbohydrates, on the formation of the soil structure and its water resistance was studied. Field experiments were carried out in 2017–2019 in the Rostov region in ordinary carbonate chernozem during the cultivation of winter wheat and chickpea. The experimental design included options with separate and joint (in the form of a tank mixture) application of a humic preparation and herbicides, the control was without the use of any preparations. The aggregate composition of the soil was determined by the Savvinov method, the amount of carbohydrates in the soil was determined by the phenol sulfate method of Dubois. The treatment of winter wheat with herbicides led to a decrease in the carbohydrate content in the soil by 0.15% with the least significant difference of 0.11%. When spraying crops with the tank mixture, a significant increase in carbohydrate concentration by 0.13% was noted. The combined use of herbicides and the humic preparation contributed to an increase in the coefficient of soil structure during the cultivation of winter wheat from 4.66 to 5.94 units, of chickpea – from 3.55 to 6.02 units. The significant increase of 1.54 units was recorded only in 2019. The content of water-resistant aggregates in the soil in the control with the substitution of winter wheat by chickpea decreased from 87.4 to 56.6%. At the same time, after the treatment of crops with the tank mixture of herbicides and the humic preparation, its increase was noted over the entire experiment, compared with the control option: under winter wheat – by 6.3%, under chickpeas – by 7.2%.*

Keywords: *ordinary chernozem; humic preparation; water resistance; agronomically valuable aggregates; structural coefficient; water resistance criterion of aggregates; carbohydrates.*

Author Details: *V. A. Lykhman, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: lykvladimir@yandex.ru); A. I. Klimenko, member of the RAS, D. Sc. (Agr.), acting director; M. N. Dubinina, junior research fellow (e-mail: dubinina-marina@rambler.ru); E. A. Polienko, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow (e-mail: samonichewa@gmail.com); O. I. Naimi, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: o.naimi@mail.ru).*

For citation: *Lykhman VA, Klimenko AI, Dubinina MN, et al. [The influence of treating crops with the tank mixture of the humic preparation and the herbicide on the aggregate composition of chernozem]. Zemledelie. 2020. (8):3-7. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10801.*

Преимущества выбора раннеспелых гибридов кукурузы DEKALB

Кукуруза, как известно, может выступать прекрасным предшественником для озимых зерновых. После этой культуры остаётся хорошо структурированный грунт, достаточный уровень влаги, обогащающие почву азотом органические остатки и слабое накопление возбудителей болезней. Проблема только в поздних сроках уборки. Однако благодаря постепенному изменению климата в зоне произрастания кукурузы и присутствию на рынке раннеспелых гибридов эта проблема может быть решена. Сегодня мы расскажем о двух гибридах кукурузы DEKALB от компании «Байер» – ДКС 3308 и ДКС 3108, которые рано созревают и кроме того обладают рядом неоспоримых достоинств.

У гибридов ДКС 3088 и ДКС 3108 много общего. Оба они характеризуются ранним цветением, высокой первоначальной энергией роста и устойчивостью к неблагоприятным факторам. Например, ДКС 3088 демонстрирует стойкость к низким температурам, и ФАО у него –190 (у ДКС 3108 этот показатель не намного выше – 210). Мощные корневые системы гибридов обеспечивают им устойчивость к корневому и стеблевому полеганию. Кроме того, оба гибрида засухоустойчивы, что очень важно в современных агроклиматических условиях, в которых засухи могут стать частым явлением. Соответственно, влагоотдача у ДКС 3088 и ДКС 3108 достаточно высока, что подтверждают данные «БайАрены» в Липецкой области в 2020 году (рис. 1).

При этом большинство численных показателей, характеризующих эти гибриды, различаются. Так, высота облиственного стебля у ДКС 3088 – 240-260 см, высота крепления початка – 90-110 см. Початки цилиндрической формы, длиной 20-30 см и диаметром 3,5-4,5 см. Зерно у гибрида кремнисто-зубовидного типа, в верхней части жёлтого цвета. Зёрен в ряду обычно 32-38 штук, в початке – 450-600 штук, количество рядов – 14-16. Масса тысячи зёрен – 320-360 грамм. Необходимо также отметить такие качества гибрида ДКС 3088, как резистентность к ряду распространённых заболеваний кукурузы, в частности, к пузырчатой головне и фузариозу. В целом, это очень стабильный и пластичный гибрид с потенциалом урожайности 11-13 т/га.

ДКС 3108 также достаточно стабилен. Он отличается ещё большей потенциальной урожайностью – 12-14 т/га. Высота стебля у этого гибрида – 220-240 см, расположение листьев – полуэректоидное, высота крепления початка – 80-100 см. Початок обладает цилиндрическо-конической формой, его длина составляет 21-24 см, диаметр – 3,5-4,5 см. Зёрен в початке примерно 440-570 штук, расположены они в 14-16 рядов по 32-36 штук в каждом. Зёрна у ДКС 3108 зубовидного типа, жёлтые сверху, масса 1000 зёрен – 300-330 грамм.

Густота посева гибридов в значительной степени зависит от уровня увлажнения. В засушливых условиях ДКС 3088 и ДКС 3108 рекомендуется высевать с густотой 55-60 тысяч штук/га, в зонах достаточного увлажнения норму высева можно увеличить до 65-70 тысяч штук/га. Многое зависит и от уровня питания: на низком агрофоне чрезмерно загущать посевы нежелательно, а в благоприятных с точки зрения питания условиях норму можно немного повысить. Получить персонализированные рекомендации о норме высева сельхозпроизводители могут, воспользовавшись калькулятором густоты посева от DEKALB или проконсультировавшись у специалистов компании «Байер».

Таким образом, сельхозпроизводители, выбравшие гибриды ДКС 3088 и ДКС 3108, смогут получить высокий и качественный ранний урожай кукурузы, а затем на том же поле посеять озимые культуры, что повышает экономическую отдачу от одного и того же участка поля.

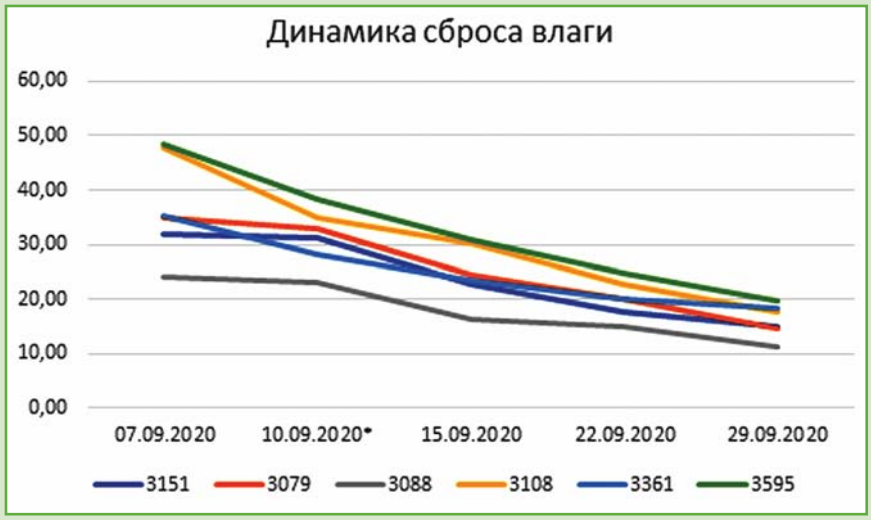


Рис. 1. Динамика сброса влаги у гибридов кукурузы бренда DEKALB

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

ВЫБЕРИ СВОЙ ГИБРИД КУКУРУЗЫ!

Калькулятор густоты посева **DEKALB** →

Для получения максимально возможного урожая кукурузы очень важно правильно подобрать густоту посева для конкретного поля и учесть ряд факторов:

/// **Почвенно-климатические условия;**

/// **Уровень технологии в хозяйстве;**

/// **Особенности гибрида.**

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТА	ДКС 3088	ДКС 3108
ФАО	190	210
Тип гибрида	простой	простой
Группа спелости	раннеспелый	раннеспелый
Засухоустойчивость	высокая	средняя
Резистентность к фузариозу	высокая	средняя
Устойчивость к корневому и стеблевомуполеганию	высокая	высокая
Ремонтантность	высокая	средняя
Влагоотдача	быстрая	быстрая
Высота прикрепления початка, см	90 – 110	80 – 100
Количество рядов в початке, шт	14 – 16	14 – 16
Количество зёрен в ряду, шт	36 – 38	32 – 36
Количество зёрен в початке, шт	500 – 600	440 – 570
Масса 1000 зёрен, г	320 – 360	300 – 330

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

www.cropscience.bayer.ru

на правах рекламы

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10802
УДК 581.93:502.72

Высотная зональность почвенных условий горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма

Ю. В. ПЛУГАТАРЬ,
член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор (e-mail: priemnaya-nbs-nnc@ya.ru)
В. П. КОБА, доктор биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: kobavp@mail.ru)
М. Л. НОВИЦКИЙ, научный сотрудник
В. В. ПАПЕЛЬБУ, научный сотрудник
Н. А. ПШЕНИЧНИКОВ, инженер-исследователь
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Никитский спуск, 52, пгт. Никита, Ялта, Республика Крым, 298648, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения качественных характеристик почвы в различных высотных поясах горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма на территориях антропогенно трансформированных растительных сообществ, анализа почвенных условий в связи с флуктуацией погодных явлений. Работу выполняли в 2020 г. По трем гипсометрическим профилям на высотах 100, 300 и 600 м над уровнем моря в Алуштинском районе на территории дубовых насаждений на пробных площадях в пяти слоях почвенных разрезов изучали физические и водно-физические свойства почвы, полевую влажность, влажность завядания, содержание гумуса. Определяли состав растительных сообществ по требовательности отдельных видов к влаге. Хронологический анализ погодных условий проводили с использованием данных региональных метеостанций. Почвы горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма характеризуются малой мощностью, содержание скелета в виде щебня и хряща варьирует от 50 до 90 %. Гранулометрический состав почвы изменяется от суглинка до легкой глины, реакция среды – от слабокислой до слабощелочной. Общее содержание гумуса увеличивается с высотой над уровнем моря. В нижнем поясе средняя величина этого показателя составила 2,1 %, в среднем – 2,2 %, в верхнем – 2,8 %. Содержание гумуса изменяется по профилю почвенного разреза. На высоте 100 м над уровнем моря коэффициент корреляции между содержанием гумуса и глубиной залегания почвенного слоя составлял -0,79, на высоте 300 и 600 м над уровнем моря – -0,88 и -0,84 соответственно. Количество влаги в почве характеризуется заметной дифференциацией с изменением высоты месторасположения и глубины залегания почвенного слоя. Снижение увлажненности и содержания гумуса в верхних горизонтах почвы на высоте 300 м над уровнем моря определяет этот высотный пояс горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма как наиболее критический для формирования и развития растительных сообществ.

Ключевые слова: *почвы, динамика, структура, состав, влажность, горные ландшафты, температурный режим.*

Для цитирования: *Высотная зональность почвенных условий горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма / Ю. В. Плугатарь, В. П. Коба, М.Л. Новицкий и др. // Земледелие. 2020. № 8. С. 10–15. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10802.*

Горные экосистемы характеризуются высокой изменчивостью условий произрастания, слабой устойчивостью ландшафтов к антропогенному воздействию и особой уязвимостью к климатическим изменениям [1, 2]. В последние десятилетия в результате глобального потепления возросла частота и интенсивность экстремальных погодных явлений, что оказывает влияние на состояния и устойчивость природных экосистем [3]. Во многих исследованиях показано, что наиболее значительные негативные изменения происходят в растительных и почвенных биоценозах [4, 5]. Гумусообразование и влагонакопление в почвенной среде выступают важнейшими факторами формирования условий роста и развития растений. В свою очередь деградация растительных сообществ оказывает влияние на состояние и устойчивость почвенного покрова. В этой экологической связке важное значение имеют вопросы оценки и анализа критических фаз развития, перехода биосистем на новый уровень гомеостаза, часто более низкий по энергетическому балансу и биоразнообразию [6].

Особую актуальность эти проблемы имеют для горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма, где значительная деградация растительности, в первую очередь лесной, связанная с нерациональной хозяйственной деятельностью в прошлом, и усиление рекреационной деятельности в последние годы повышают экологические риски масштабной трансформации почвенно-растительного покрова [7]. Изучение почв в Горном Крыму имеет значительную историю, однако до сегодняшнего времени слабо освещены вопросы изменения почвенных условий с высотной поясностью, оценки специфики формирования их качественных характеристик на территориях посткризисного антропогенного воздействия.

Цель работы – изучение качественных характеристик почвы в различных высотных поясах горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма на территориях антропогенно трансформированных растительных сообществ, анализ почвенных условий в связи с флуктуацией погодных явлений.

Исследования проводили в Юго-Восточной части Горного Крыма в 2020 г. По трем гипсометрическим профилям на высотах 100, 300 и 600 м над уровнем моря (н. у. м.). в Алуштинском районе от п. Лазурное до п. Малореченское на территории произрастания дубовых насаждений были заложены пробные площади (ПП), на которых изучали почву по профилю в слоях 0…10, 10…20, 20…30, 30…40 и 40…50 см. Координаты и высотное положения точек отбора почвенных образцов определяли с ис-

Рис. 1. *Схема территориального размещения пробных площадей (ПП).*

пользованием GPS навигатора Garmin OREGON 650 (рис. 1).

В качестве основы при типологической классификации фитоценозов использовали экотопическую сетку Горного Крыма [8]. Физические и водно-физические свойства почв определяли, используя агрофизические методы, полевую влажность – термовесовым методом, содержание гумуса – по Тюрину, pH водной суспензии – потенциометрически, влажность завядания – расчётным способом. При полевых и лабораторных исследованиях использовали общепринятые в почвоведении ГОСТы, ДСТУ и методики. Анализ экологических групп видов растений по отношению к режиму увлажнения проводили, применяя систему оценки экоморф В. Н. Голубева [9]. При оценке многолетней динамики погодных условий использовали данные Алуштинской, Никитской и Ялтинской метеорологических станций. Ретроспективный анализ особенностей накопления гумуса в почвенном профиле проводили, используя метод интерполяции. Статистические материалы результатов наблюдений обрабатывали, применяя методы биометрии *(Г. Ф. Лакин, М., 1990)*.

При оценке лесорастительных условий анализируют две важнейшие характеристики – эдафотоп и гигротоп. Почвенные условия во многом определяют особенности развития лесной растительности, в свою очередь лес оказывает значительное влияние на состав и структуру почвы [10, 11]. В горных ландшафтах процессы почвообразования характеризуются существенными различиями в связи с особенностями орографических условий [12]. В Горном Крыму на южных, юго-восточных и юго-западных склонах мощность верхних почвенных горизонтов снижается, по сравнению со склонами других экспозиций, что в значительной степени определяется инсоляционным режимом. В условиях ограниченного влагообеспечения значительный нагрев поверхности почвы южных склонов отрицательно влияет на развитие растительности [13].

В Юго-Восточной части Горного Крыма по «Классификации почв России» маломощные почвы определены как литозёмы (Leptosols) [14]. Они относятся к широко распространённым почвам Южного берега Крыма. Наиболее часто литозёмы встречаются на территории восточнее Алушты – региона распространения безкарбонатных пород и интенсивного развития водной и ветровой эрозии [15].

В районе проведения исследований на высоте 100 м н. у. м. все разрезы были маломощные, на глубине ниже 30 см содержание скелета (фракции больше 1 мм) варьировало от 50 до 90 % в виде щебня и хряща. В целом низкая мощность почвенного профиля обусловлена повышенной крутизной склонов (10…15°). Верхний гумусово-дернинный горизонт (0…10 см) достаточно рыхлый, интенсивно пронизан корнями травянистых растений. С глубиной плотность мелкозёма возрастает до 1,55 г/см^3. Гранулометрический состав почвы варьирует от суглинка до легкой глины, реакция среды – от слабокислой до слабощелочной. В некоторых разрезах она изменялась с глубиной от нейтральной до слабокислой (табл. 1). В нижнем высотном поясе почвы характеризовались как безкарбонатные, что определяется спецификой почвообразующей породы. По уровню содержания гумусового вещества в корнеобитаемом слое почвы относятся к малогумусным.

1. Характеристика средних показателей почвы по профилю разрезов (M ± s)*

Высота н.у.м., м	Слой почвы, см				
	0…10	10…20	20…30	30…40	40…50
Содержание гумуса, %					
100	4,6 ± 0,3	2,0 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1
300	4,1 ±0,2	2,4 ± 0,1	1,7 ±0,1	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1
600	5,7 ±0,4	2,6 ± 0,1	2,1 ±0,1	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,1
Содержание влаги, %					
100	8,9 ± 0,5	9,5 ± 0,5	9,3 ±0,5	7,4 ±0,5	6,6 ±0,4
300	5,6 ± 0,3	6,0 ± 0,4	5,9 ± 0,4	6,3 ±0,4	7,2 ±0,5
600	11,6 ± 0,6	6,3 ±0,4	6,7 ±0,5	7,2 ±0,5	6,7 ±0,4
Реакция почвенной среды, pH					
100	6,7 ± 0,5	6,7 ± 0,5	6,5 ± 0,5	6,6 ± 0,6	6,6 ± 0,4
300	6,2 ±0,4	6,2 ± 0,4	6,1 ± 0,4	6,1 ± 0,4	6,2 ± 0,5
600	6,8 ±0,5	6,4 ± 0,4	6,7 ± 0,6	6,5 ± 0,5	6,6 ± 0,6

**M – среднее значение; s – ошибка среднего значения.*

На высоте 300 м н. у. м. отмечено некоторое изменение структуры и состава почвенной среды. Увеличился по глубине залегания до 15 см верхний гумусово-дернинный горизонт, при этом все разрезы маломощные, с глубины 30 см сильно и очень сильно скелетные, с повышенной плотностью почвы до 1,57 г/см^3. Гранулометрический состав почвы в целом не изменился. Реакция почвенной среды слабокислая, в отдельных случаях нейтральная. Так же, как в нижнем поясе, почвы безкарбонатные. По содержанию гумусового вещества в корнеобитаемом слое почвы относятся к слабогумусированным.

На высоте 600 м н. у. м. разрезы маломощные, скелет проявлялся с глубины 25…30 см, его содержание варьировало от 60 до 85 %. Гумусовый горизонт рыхлый, интенсивно пронизан корнями травянистых растений, глубина его залегания увеличилась до 20 см. Содержание гумуса в почвенных разрезах в этом поясе было выше, по отношению к предыдущим высотам. Плотность мелкозёма в нижних слоях – 1,50 г/см^3. По гранулометрическому составу почвы тяжелосуглинистые. На пробной площади № 6 присутствовал $CaCO_3$, его среднее содержание по профилю составило 7 %. Карбонатность почвы связана с почвообразующей породой, содержащей $CaCO_3$. Реакция почвенной среды в разрезе на высоте 100 м н. у. м. нейтральная, на высоте 300 м н. у. м. – слабокислая, на высоте 600 м н. у. м. в слое 0…10 см – нейтральная, в более глубоких слоях – слабокислая.

Особенности почвенных условий в районе проведения исследований – увеличение общего содержания гумуса с высотой над уровнем моря. В нижнем поясе средняя величина этого показателя составила 2,1 %, в среднем – 2,2 %, в верхнем – 2,8 %. Это в целом соответствует закономерностям высотной зональности формирования почв [12]. Достаточно четко также прослеживается уменьшение содержания питательных веществ с увеличением глубины почвенного разреза. На высоте 100 м н. у. м. коэффициент корреляции содержания гумуса и глубины залегания почвенного слоя составил -0,79, на высоте 300 и 600 м н. у. м. – -0,88 и -0,84, соответственно. Усиление корреляции количества гумуса с глубиной отбора почвенных образцов, очевидно, свидетельствует, что в прошлом в верхнем и, особенно, в среднем поясе процессы почвообразования имели более стабильный характер. Отмечено некоторое снижение содержания гумуса в верхнем слое на пробных площадках на высоте 300 м н. у. м., что может быть связано с изменением условий формирования почвенного покрова. Однако на глубине от 10 см до 40 см, зафиксировано превышение содержания гумусовых веществ в почве среднего пояса, по сравнению с нижним. Это позволяет предположить, что процессы почвообразования и формирования гумуса на высоте 300 м н. у. м. в прошлом происходили более интенсивно в сравнении с прибрежной частью горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма. Уничтожение коренных древостоев, формирование на территории их произрастания неустойчивых, низкопродуктивных растительных сообществ определило снижение поступления питательных веществ, усиление эрозионных процессов, что в первую очередь отразилось на состоянии верхних слоев почвы. Более глубоко залегающие горизонты в сложившихся условиях продолжают сохранять ранее накопленные питательные вещества.

Использование метода интерполяции позволяет с определенной вероятностью ретроспективно оценить особенности накопления гумуса в почвенном профи-

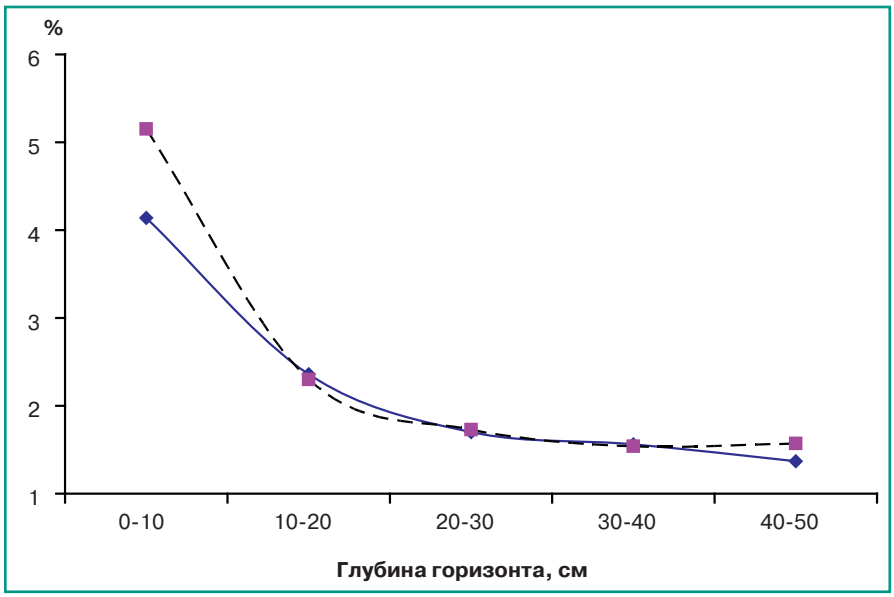


Рис. 2. Моделирование содержания гумуса в различных горизонтах на высоте 300 м н. у. м.: —◆— – фактическое; – –■– – – расчетное.

ле экотопов среднего пояса. Расчетная кривая содержания гумуса в почвенных горизонтах в интервале залегания от 10 до 40 см практически полностью совпадает с фактическими значениями (рис. 2). В верхнем почвенном слое величина содержания гумуса, полученная расчетным методом, превышает фактическое значение на 1,1 %. Таким образом, в результате изменения внешних условий интенсивность накопления гумуса в верхнем слое почвы на пробных площадях среднего пояса снизилась почти на четверть. Некоторое уменьшение фактического содержания гумуса на глубине 40…50 см, по сравнению с расчетными величинами, очевидно, свидетельствует о том, что и в прошлом на этих территориях, происходили кризисные явления, оказывающие влияние на процессы формирования гумуса.

По влагосодержанию в почве также отмечена определенная дифференциация как с изменением высоты месторасположения над уровнем моря, так и по профилю почвенного разреза. В нижнем поясе влажность верхнего слоя почвы составила 8,9 ± 0,5 %, в слое 10…20 см она возрастает незначительно. В дальнейшем с увеличением глубины влажность почвы постепенно снижается, достигая минимальных значений в слое 40…50 см – 6,6 ± 0,4 %, что приближается к влажности завядания для этих почвенных условий (3,2 %).

В среднем поясе отмечено существенное снижение в целом уровня влажности почвы. Имеются определенные различия и по специфике изменения влагосодержания с увеличением глубины. В пределах верхних почвенных слоев происходит повышение влажности почвы от 5,6 ± 0,3 % до 6,0 ± 0,4 % на глубине 0…10 см и 10…20 см соответственно. В следующем почвенном слое влажность незначительно снижается, а с глубины 30…40 см она увеличивается, достигая наиболее высоких значений в почвенном слое 40…50 см. В целом на пробных площадях на высоте 300 м н. у. м., в отличие от нижнего пояса, самая низкая влажность почвы была в верхнем слое, а самая высокая в нижнем. Это, очевидно, отражает специфику инфильтрации атмосферных осадков и процесса испарения влаги с поверхности почвы.

Известно, что в горных условиях с подъемом по высоте количество атмосферных осадков увеличивается [16]. Поэтому объем поступающей атмосферной влаги в среднем поясе больше, в сравнении с нижним. Однако, учитывая ограниченность годовых осадков в горных территориях Юго-Восточного Крыма, на баланс влагосодержания в нижнем поясе существенно влияют повышенная влажность воздуха и морские туманы [17], которые уменьшают иссушение поверхности почвы. Такой экологический режим обеспечивает некоторую стабилизацию влагосодержания верхних слоев почвы вследствие снижения интенсивности процесса испарения атмосферных осадков. Нижние слои менее подвержены этому влиянию, здесь влагообеспечение в большей степени зависит от инфильтрации атмосферных осадков, что в основном связано с их количеством и длительностью поступления. Вероятность сочетания благоприятных атмосферных явлений по величине и продолжительности выпадения осадков имеет более длительный временной интервал, что ограничивает интенсивность поступления влаги в нижние почвенные горизонты. В среднем поясе некоторое увеличение влажности почвы на глубине 30…40 см и 40…50 см, свидетельствует о том, что влагоообеспечение этих экотопов в большей степени зависит от цикличности погодных условий. В этой связи следует отметить, что по нашим данным [18], в последние десятилетия, несмотря на увеличении годового количества, большая часть атмосферных осадков в Южном Крыму имеет ливневой характер, в результате чего происходит увеличение поверхностного стока, снижается влагонасыщение почвы.

На пробных площадях на высоте 600 м н. у. м. влажность верхнего почвенного слоя заметно выше, в сравнении с нижним и средним поясами, что связано с увеличением количества атмосферных осадков, а также дополнительным поступлением влаги вследствие росы, так как в горной местности с повышением высоты местопроизрастания увеличивается перепад суточных температур, это способствует конденсации влаги на поверхности почвы. Изменение увлажненности почвенных слоев свидетельствует о том, что в этих лесорастительных условиях, так же как и в среднем поясе, влогообеспечение в большей степени зависит от характера выпадения атмосферных осадков, их равномерность и продолжительность определяют уровень инфильтрации и накопления влаги.

Условия увлажненности экотопа оказывают влияние на специфику формирования растительных сообществ. В видовом составе фитоценозов нижнего пояса преобладают мезоксерофиты и мезофиты (рис. 3). В среднем поясе

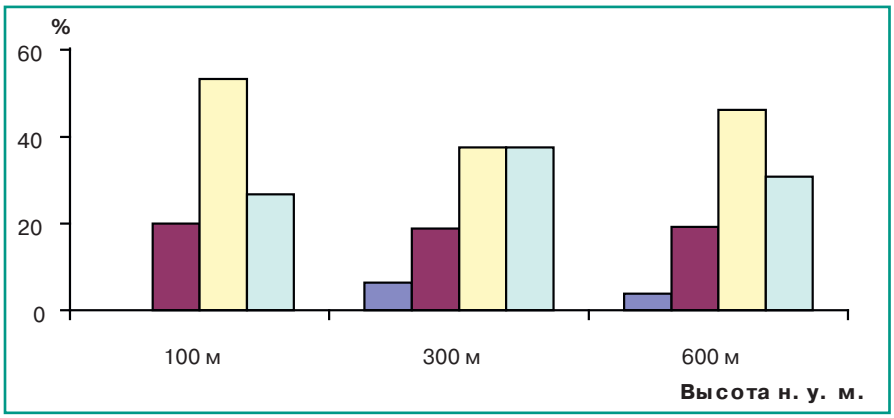


Рис. 3. Экологические группы растений по отношению к влаге: ■ – ксерофиты; ■ – ксеромезофиты; □ – мезоксерофиты; □ – мезофиты.

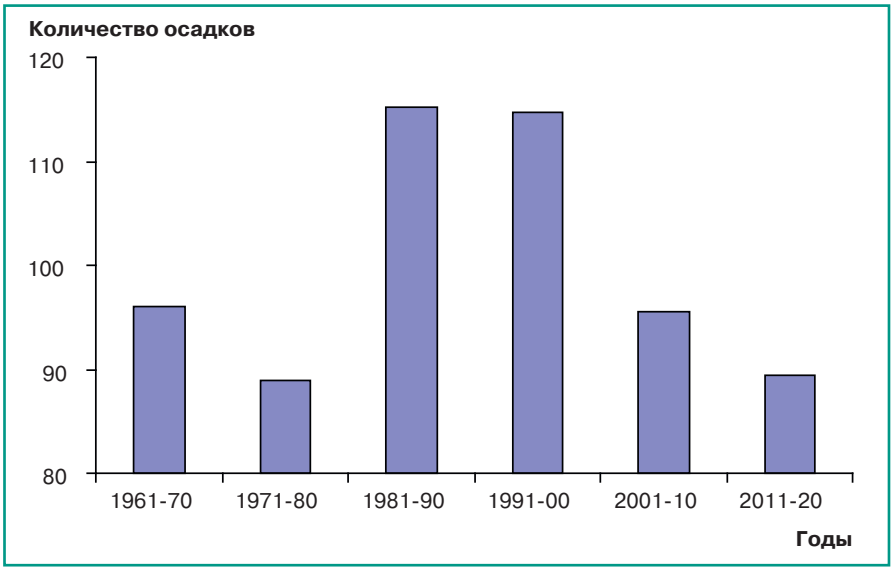


Рис. 4. *Средние значение по десятилетиям количества осадков летнего сезона, мм.*

растения этих экологических групп также составляют большую часть сообщества, однако возрастает до 25,1 % доля засухоустойчивых видов – ксеромезофитов и ксерофитов. При близком уровне видового разнообразия в этих высотных поясах (15…16 видов) повышение на высоте 300 м н. у. м. числа видов растений, более требовательных к влаге, характеризует увеличение уровня осцилляции лимитирующего фактора, что в целом отражает снижение стабильности режима увлажнения территорий среднего пояса горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма. На высоте 600 м н. у. м. повышается видовое разнообразие растительных сообществ и несколько сглаживается кривая представленности экоморф по требовательности к влаге, что связано с улучшением условий произрастания, в том числе по влагообеспечению.

В целом в Юго-Восточном Крыму, как и во многих засушливых регионах, температура и осадки выступают наиболее важным фактором, определяющим специфику условий произрастания. В этой связи при анализе особенностей генезиса почвенного покрова важное значение имеет ретроспективная оценка погодных условий в регионе. Средние величины количества осадков летнего сезона по десятилетиям за 60-ти летний период, сопоставимый с возрастом формирования 2…3-х генераций древесных растений, показывают, что достаточно стабильные и относительно благоприятные условия по увлажненности в июле – августе складывались в конце прошлого столетия (рис. 4). В этот период количество осадков летом в среднем составляло 110 мм. Наиболее неустойчивая ситуация по количеству осадков летнего сезона отмечена в 70-е годы XX в. и в последнее десятилетие анализируемого хронологического ряда. В период 2010–2020 гг. при снижении общего количества летних осадков в значительной степени увеличилась их вариабельность как по отдельным сезонам, так и по специфике выпадения. Например, в 2017 г. в летние месяцы выпало 143 мм осадков при этом 82 мм в августе, что превысило многолетнюю норму этого месяца почти в 3 раза.

Последующие два года характеризовались засушливостью летнего сезона, количество осадков в 2018 и 2019 гг. составило соответственно 34 и 36 мм. Высокая сезонная динамика и нестабильность осадков по годам в летний период вегетации, погодные условия которого в значительной степени определяют реализацию процессов роста и репродукции, снижают стабильность структуры и состава растительных сообществ и формируют негативный экологический фон, определяющий повышение вероятности развития регрессивных сукцессий.

Температурный режим анализируемого 60-ти летнего периода также характеризовался высокой динамикой, при этом отмечена тенденция увеличения суммы положительных температур летнего сезона. Второе важное отличие – устойчивый рост величины этого показателя происходит во второй половине анализируемого хронологического ряда (рис. 5).

В 60-80-е годы прошлого столетия средняя величина суммы положительных температур летнего сезона изменялась незначительно, в 90-е годы произошло заметное ее увеличение. В последующем интенсивность прироста среднего значения суммы положительных температур по десятилетиям возрастала, достигнув максимума 106 °С в последнее десятилетие. В целом за 60-ти летний период рост средней суммы положительных температур летнего сезона составил 278 °С, или 14,0 % от уровня 60-х годов прошлого столетия. Примерно такую же динамику средних по десятилетиям величин суммы положительных температур летнего сезона за анализируемый период дают метеоданные Никитской и Ялтинской метеорологических станций. Таким образом, выявленные тенденции изменения температурного режима в летние месяцы имеют региональный характер и, безусловно, оказывают непосредственное влияние не только на развитие растительных сообществ, но и на формирование почвенного покрова. Известно, что тепловой режим во многом определяет состояние почвенной среды, экстремальные температуры выступают одним из лимитирующих факторов процесса почвообразования [19]. По нашим данным на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор на высоте 600 м н. у. м. поверхность почвы в июле может нагреваться до 67 °С [15].

Повышение температуры усиливает интенсивность испарения влаги, оказывает значительное влияние на ее баланс в почвенной среде. В характеристике сочетания влияния двух факторов температуры и осадков в горных территориях большое значение имеют

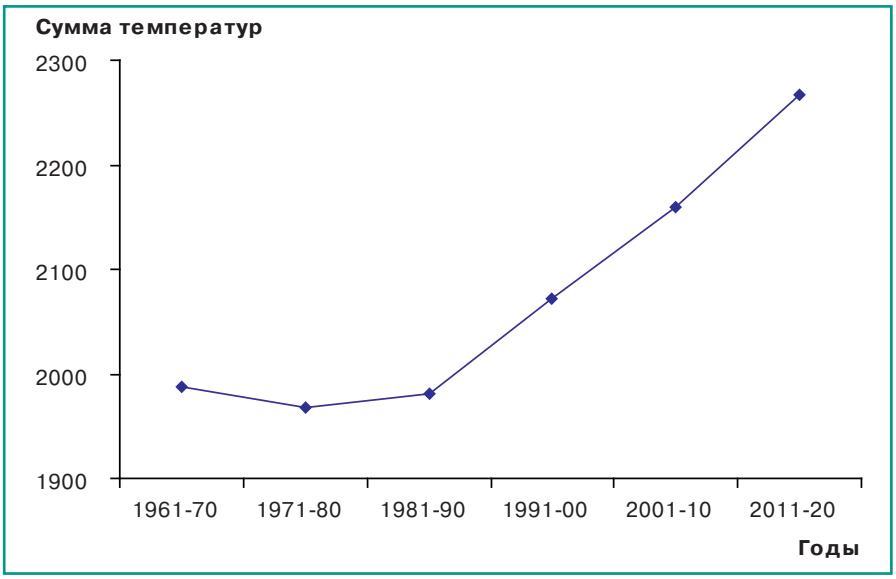


Рис. 5. *Средние по десятилетиям значения суммы температур летнего сезона, °С.*

орографические условия – высота над уровнем моря, крутизна и экспозиция склона. На склонах, в отличие от ровных участков, увеличивается поверхностный сток и усиливается испарение с поверхности вследствие возрастания инсоляции [20, 21]. Поэтому в горных условиях достаточно сложно оценить суммарное влияние температурного режима и количества осадков на уровень увлажненности. Многие широко используемые гидротермические коэффициенты (Селянинова, Иванова-Высоцкого) [22, 23] не в полной мере позволяют адекватно оценивать динамику сухости или увлажненности в условиях горных ландшафтов.

Анализируя в целом экологическую ситуацию, следует отметить, что температурный режим Юго-Восточной части Горного Крыма – наиболее важный лимитирующий фактор, определяющий влагонакопление в почвенной среде. Дальнейшее усиление негативных явлений, связанных с повышением температуры и изменением характера выпадения осадков, может способствовать развитию масштабной деградации почвенного покрова региона. В этой связи важное значение приобретает формирование новых подходов анализа состояния почвенно-климатических условий в горной местности, разработка методов интегральной оценки водного баланса территорий на основе учета орографических факторов, режима инсоляции, специфики влагонакопления в различных типах почвы. Создание базы данных характеристик почвенной среды, хронологический анализ изменения условий произрастания позволят разработать систему моделирования и прогноза трансформации состояния почвенного покрова региона. Учитывая исторически высокий уровень антропогенного воздействия, горные ландшафты Юго-Восточного Крыма могут быть использованы как базовые объекты при разработке методов экологической оптимизации процессов восстановления утраченных природных растительных сообществ.

Таким образом, почвы горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма по глубине залегания плотных подстилающих пород относятся к маломощным, содержание скелета в виде щебня и хряща варьирует от 50 до 90 %, гранулометрический состав почв изменяется от суглинка до легкой глины, реакция почвенной среды – от слабокислой до слабощелочной. Общее содержание гумуса увеличивается с высотой над уровнем моря от 2,1 % в нижнем поясе до 2,2 % – в среднем и до 2,8 % – в верхнем. По профилю почвенного разреза содержание гумуса изменяется и находится в сильной обратной связи с глубиной залегания почвенного слоя, возрастающей с -0,79 до -0,88 и -0,84 с увеличением высоты н. у. м. с 100 м до 300 и 600 м, соответственно, и свидетельствующей о том, что в прошлом в верхнем и в среднем поясах процессы почвообразования имели более стабильный характер.

Выявлена дифференциация содержания влаги в почве с изменением высоты месторасположения над уровнем моря и глубины залегания почвенного горизонта. Снижение увлажненности и содержания гумуса в верхних слоях почвы на высоте 300 м н. у. м. определяют этот высотный пояс горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма как наиболее критический для формирования и развития растительных сообществ.

В видовом составе фитоценозов нижнего пояса преобладают мезоксерофиты и мезофиты. В среднем поясе возрастает доля засухоустойчивых видов – ксеромезофитов и ксерофитов. На высоте 600 м н. у. м. увеличивается видовое разнообразие растительных сообществ, что связано с улучшением условий увлажненности.

Негативные тенденции изменения температурного режима, количества и характера атмосферных осадков летнего сезона могут оказать дестабилизирующее воздействие на состояние почвенной среды горных ландшафтов Юго-Восточного Крыма.

Литература.

1. Slow community responses but rapid species responses 14 years after alpine turf transplantation among snow cover zones, south–central New Zealand / J. M. Lord, A.F. Mark, T. Humar-Maegli, et.al. // Perspectives in Plant Ecology, Evolution & Systematics. 2018. Т. 30. P. 51–61. doi: 10.1016/j.ppees.2017.07.004.

2. Trade-off analyses of multiple mountain ecosystem services along elevation, vegetation cover and precipitation gradients: A case study in the Taihang Mountains / L. Liu, Z. Wang, Y. Wang., et.al. // Ecological Indicators. 2019. Т. 103. P. 94–104; doi: 10.1016/J.ECOLIND.2019.03.034

3. Корсакова С. П. Прогнозные оценки тепловых ресурсов для адаптации растениеводства и лесного хозяйства к изменениям климата // АгроЭкоИнфо. 2018. № 3. С 23. [Электронный ресурс] URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_359.doc/ (дата обращения 23.07.2020).

4. Распределение органического вещества и азота в дерново-подбурах Приокско-Террасного заповедника и его связь со структурой лесных фитоценозов / И. В. Припутина, Г. Г. Фролова, В. Н. Шанин и др. // Почвоведение. 2020. № 8. С. 921–933. doi: 10.31857/S0032180X20080122.

5. The impacts of climate change on ecosystem services in southern California / E. C. Underwood, A. D. Hollander, H. D. Safford, et.al. // Ecosystem Services. 2019. Vol. 39. [Электронный ресурс] URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041618306314?via%3Dihub (дата обращения: 15.10.2020); doi:10.1016/j.ecoser.2019.101008.

6. Костенко И.В., Опанасенко Н.Е. Сравнительная характеристика горно-лесных и горно-луговых почв Долгоруковской яйлы (Горный Крым) // Почвоведение. 2020. № 7. С. 791-802 doi: 10.31857/S0032180X20070072.

7. Особенности трансформации органического вещества в лесных заповедниках Крыма / В. Г. Кобечинская, О. Б. Ярош, А. В. Ивашов и др. // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 3. С. 37–52. DOI: 10.18470/1992-098-2019-3-37-52.

8. Плугатарь Ю. В., Корженевский В. В. Типология и экология лесов Крыма // Сб. научных трудов ГНБС. Ялта: НБС, 2016. Т. 143. С. 164–173.

9. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма. Ялта: НБС-ННЦ, 1996. 2-е изд. 126 с.

10. Effects of stand age on carbon storage in dragon spruce forest ecosystems in the upper reaches of the Bailongjiang River basin / J. Cao, Y. Gong, J. F. Adamowski, et al. // Scientific reports. 2019. Vol. 9. [Электронный ресурс] URL: https://www.nature.com/articles/s41598-019-39626-z (дата обращения: 15.10.2020) doi: 10.1038/s41598-019-39626-z.

11. Effects of drought on freshwater ecosystem services in poverty-stricken mountain areas / H. Han, H. Gao, Ya Huang, et al. // Global Ecology and Conservation. 2019. No. 17. [Электронный ресурс] URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989418304220?via%3Dihub (дата обращения: 13.10.2020) doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00537.

12. Костенко И. В. Атлас почв Горного Крыма. Киев: Аграрна наука, 2014. 184 с.

13. Коба В. П. Возобновление коренных насаждений Pinus pallasiana D. Don после верховых пожаров на фоне динамики абиотических факторов в постпирогенный период // Растительные ресурсы. 2004. Т. 40. Вып. 2. С. 19–30.

14. Герасимова М. И. Классификация почв России: путь к следующей версии // Почвоведение. 2019. № 1. С. 32–42 doi: 10.1134/S0032180X19010027

15. Сухачева Е. Ю., Ревина Я. С. Цифровая почвенная карта Южного берега Крыма // Почвоведение. 2020. № 4. С. 389–397. doi: 10.31857/S0032180X20040140.

16. Бочкарева Е. С., Сидорова Л. П. Климат крупнейших горных вершин мира и их температурный режим // Траектория научно-технологического развития России с учетом глобальных трендов. Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2019. С. 53–60.

17. Антюфеев В. В. Агроклиматический потенциал субтропического садоводства в Крыму // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (54). С. 185–188.

18. Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ильницкий О. А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. 164 с.

19. Куликова А. Х. Экологические функции почвы // Вестник Ульяновской ГСХА. 2007. №1 (4). С. 3–7.

20. Рыжова И. М., Телеснина В. М., Ситникова А. А. Динамика свойств почв и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессах естественного лесовосстановления // Почвоведение. 2020. № 2. С. 230–243 doi: 10.31857/S0032180X20020100

21. Судницын И. И. Гидрологические свойства и режимы почв Южного берега Крыма // Вестник Московского университета. Сер. Почвоведение. 2014. № 4 С. 21–27.

22. Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1937. С. 5–27.

23. Важов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма // Труды Никитского ботанического сада. 1977. Т. 71. С. 92–120.

Altitudinal zonality of soil conditions in mountain landscapes of the South-Eastern Crimea

Yu. V. Plugatar, V. P. Koba, M. L. Novitsky, V. V. Papelbu, N. A. Pshenichnikov
Nikitskii Botanical Garden – National Scientific Center of the RASciences, Nikitskii spusk, 52, pgt. Nikita, Yalta, Respublika Krym, 298648, 298648, Russian Federation

Abstract. *We studied qualitative soil characteristics in various altitudinal zones of mountain landscapes in the South-Eastern Crimea in the territories of anthropogenically transformed plant communities and analyzed soil conditions in connection with fluctuations in weather phenomena. The work was carried out in 2020. We studied the physical and water-physical properties of the soil, field moisture, wilting moisture, humus content. The studies were carried out through three hypsometric profiles at altitudes of 100, 300 and 600 m above sea level in the Alushta region in the territory of oak plantations on test plots in five layers of soil sections. The composition of plant communities was determined according to the requirements of certain types of moisture. Chronological analysis of weather conditions was carried out using data from regional meteorological stations. The soils of the mountainous landscapes of the South-East Crimea are characterized by low thickness, the content of the framework in the form of rubble and grit is estimated from 50 to 90%. The granulometric composition of the soil varies from loam to light clay, the reaction of the medium varies from slightly acidic to slightly alkaline. The total humus content increases with height above sea level. In the lower belt, the average value of this indicator was 2.1%, in the average one – 2.2%, in the upper belt – 2.8%. The humus content changes along the profile of the soil section. At an altitude of 100 m above sea level, the correlation coefficient between the humus component and the depth of the soil layer is -0.79, at an altitude of 300 and 600 m above sea level it was -0.88 and -0.84, respectively. The amount of moisture in the soil is characterized by a noticeable differentiation with a change in the height of the location and the depth of the soil layer. A decrease in moisture content and humus content in the upper soil horizons at an altitude of 300 m above sea level determines this altitudinal belt of mountain landscapes in the South-Eastern Crimea as the most critical for the formation of plant communities.*

Keywords: *soils; dynamics; structure; composition; moisture; mountain landscapes; temperature regime.*

For citation: *Plugatar YuV, Koba VP, Novitsky ML, et al. [Altitudinal zonality of soil conditions in mountain landscapes of the South-Eastern Crimea]. Zemledelie. 2020. (8):10-5. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10802.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10803
УДК 633.18: 631.811.1: 631.416.1

Азот в почвах рисовых полей

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

Исследования проводили с целью изучения влияния удобрений на азотный режим луговой и лугово-болотной почв рисовых полей в Республике Адыгея. Схема опыта включала следующие варианты: без удобрений (контроль), $N_{90}P_{60}K_{45}$, $N_{120}P_{80}K_{60}$, $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$. Почвенные образцы отбирали до посева, в период вегетации и после уборки урожая риса из слоя 0...20 см, в которых определяли содержание общего, минерального и органического азота, фракционный состав его органических и минеральных соединений. В луговой и лугово-болотной почвах доля органического азота составляет 90,6...92,5 и 91,3...92,8 %, минерального – 7,5...9,4 и 7,2...8,7 % от общего соответственно. В составе органического азота почв на негидролизуемые соединения приходится 69,9...74,5 и 74,1...77,0 %; трудногидролизуемые – 14,7...15,7 и 13,2...14,0 %; легкогидролизуемые – 3,1...4,3 и 2,9...3,3 % от азота общего соответственно. Минеральный азот в луговой почве представлен фиксированным аммонием на 6,4...8,0 % от азота общего, в лугово-болотной – на 6,0...7,4 %; обменно-поглощенным аммонием – на 0,5...0,8 и 0,4...0,6 % соответственно, нитратами – на 0,5...0,8 и 0,4...0,5 %. Роль нитритов в азотном фонде почв рисовых полей невелика. Внесение азотных удобрений с фосфорно-калийными в повышенных нормах ($N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$) увеличивало содержание легкогидролизуемого азота в луговой почве на 14...22 мг/кг, в лугово-болотной – на 6...10 мг/кг. Наиболее благоприятное азотное питание растений в период вегетации риса складывалось при $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$. При этих нормах содержание аммонийного азота в обеих почвах возрастало на 4,5...5,4 и 6,1...6,8 мг/кг, нитратного азота – на 2,8...3,1 и 3,8...3,9 мг/кг соответственно.

Ключевые слова: *рис (Oryza sativa), луговая почва, лугово-болотная почва, удобрения, азот общий, азот минеральный, азот органический.*

Для цитирования: *Азот в почвах рисовых полей / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум и др. // Земледелие. 2020. № 8. С. 15–19. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10803.*

Продуктивность сельскохозяйственных культур обусловлена комплексом природных и агротехнических факторов, ведущее место среди которых занимает обеспеченность растений элементами питания и, прежде всего, азотом. Потребность растений в нем удовлетворяется, главным образом, из почвенных запасов и азотсодержащих удобрений. В этой связи одна из задач современной агрохимии состоит в эффективном использования азотного фонда почв при одновременном сохранении их плодородия и рациональном применении азотных удобрений [1].

Цикл азота в почве характеризуется постоянно действующими минерализационно-иммобилизационными процессами взаимоперехода минерального азота в органические азотсодержащие соединения и обратно в результате процессов синтеза и разложения. Взаимодействие этих процессов определяет направленность потоков азота в агроэкосистемах: степень закрепления в почве, размеры использования растениями и уровень газообразных потерь азотистых соединений [2].

Азот служит одним из главных элементов питания для растений, ему принадлежит важная роль в формировании величины и качества урожая сельскохозяйственных культур [3, 4, 5]. При длительном использовании пашни без применения удобрений содержание общего азота в почве снижается на 0,5…5,7 мг/кг в год. Ежегодно минерализуется 4…5 % исходного органического азота почвы. При длительном применении минеральных и органических удобрений (в условиях севооборота) количество общего азота в почве повышается на 0,07…0,5 мг/кг в год [6, 7].

За 25-летний период в земледелии России вынос азота урожаями сельскохозяйственных культур превысил внесение азота со всеми видами удобрений на 63,5 млн т, или в расчете на 1 га посевов 814 кг [8]. Газообразные потери азота достигают 15…25 % от внесенных доз и более [9].

Рис требователен к уровню азотного питания. На формирование 1 т зерна риса и соответствующего количество соломы необходимо 28 кг азота [10]. Накопление азота в почве происходит

вследствие минерализации органических соединений в условиях анаэробиозиса, а также внесения минеральных удобрений [10, 11]. В зависимости от способа применения азотных удобрений вместе с урожаем зерна риса из почвы выносится 42,3…86,3 кг/га азота, а также 26,8…53,0 кг/га фосфора и 48,5…108,4 кг/га калия [10].

Валовое содержание азота в почвах рисовых полей варьирует от 0,13 до 0,56 %, из которого 90…99 % связано в органических соединениях и только 1…10 % представлено в минеральной форме. В зависимости от степени окультуренности и гранулометрического состава почв рисовых полей запасы минерального азота в них могут колебаться в пределах 15…55 кг/га. Растениям хорошо доступны все минеральные формы азота, за исключением аммония, фиксированного в глинистых минералах. Азот органических соединений также не может служить непосредственным источником питания растений. Рис, как и все культуры, может использовать как нитратный, так и аммонийный азот. Затопление рисового поля в короткий срок вызывает перераспределение подвижных форм азота: уменьшение количества нитратного и увеличение аммонийного. По мере возрастания восстановленности почв содержание нитратов уменьшается до следовых количеств и единственным источником питания риса остается аммонийный азот [10, 12, 13].

Цель работы – изучить влияние минеральных удобрений на азотный режим почв рисовых полей.

Исследования проведены на луговой и лугово-болотной почвах левобережья р. Кубань в ООО «Адыгейский научно-технический центр по рису», расположенном в Тахтамукайском районе Республики Адыгея. Геоморфологические и почвенно-географические условия района проведения исследования приведены в ранее опубликованных работах [14].

На рисовой оросительной системе был заложен полевой опыт, схема которого предусматривала следующие варианты: $N_0P_0K_0$ (контроль); $N_{90}P_{60}K_{45}$; $N_{120}P_{80}K_{60}$; $N_{150}P_{100}K_{75}$; $N_{180}P_{120}K_{90}$. Удобрения вносили с заделкой в почву дисковыми боронами перед посевом риса. В качестве удобрения использовали карбамид, двойной суперфосфат и хлористый калий. Предшественник – рис по рису 2 года. Режим орошения – укороченное затопление. Площадь делянки: общая – 100 м², учетная – 80 м². Повторность – 4-х кратная. Размещение делянок – рендомизированное. Сорт риса – Хазар.

Почвенные образцы отбирали до посева, по фазам вегетации растений (всходы, кущение, выметывание) и после уборки урожая риса из пахотного (0…20 см) слоя. В воздушно-сухих образцах определяли содержание общего азота по Кьельдалю и фракционный состав органических соединений азота в модификации Шконде и Королевой. Содержание минеральных форм азота определяли в свежих образцах: нитритный – по Гриссу, нитратный – по Грандваль-Ляжу, обменный – феноловым методом, фиксированный – по Могилевкиной [15]. Статистическую оценку результатов исследований выполняли методом дисперсионного анализа в соответствии с руководством «Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов» (Майкоп, 2015).

Луговая и лугово-болотная почвы характеризуются высоким содержанием общего азота ($N_{общ.}$). До посева риса его содержалось 2218 и 2432 мг/кг соответственно. Выращивание риса без внесения удобрений приводило к уменьшению общего количества азота на 15 и 14 мг/кг соответственно. Это связано с выносом этого элемента с урожаем риса, нитрификацией, денитрификацией, а также с его вымыванием в нижележащие слои почв. Применение минеральных удобрений снизило потери азота из пахотного слоя почв на 0,32…1,18 % и 0,29…1,20 %, по сравнению с контролем после уборки урожая соответственно. Пополнению азота в почвах способствовало накопление пожнивных и корневых остатков под воздействием вносимых удобрений, особенно в повышенных нормах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$ (табл. 1).

1. Содержание азота общего в почвах рисовых полей, мг/кг

Вариант	Срок определения	Луговая почва	Лугово-болотная почва
$N_0P_0K_0$	до посева	2218	2432
	после уборки урожая	2203	2418
$N_{90}P_{60}K_{45}$	после уборки урожая	2210	2425
$N_{120}P_{80}K_{60}$	после уборки урожая	2216	2432
$N_{150}P_{100}K_{75}$	после уборки урожая	2220	2438
$N_{180}P_{120}K_{90}$	после уборки урожая	2229	2447
$НСР_{05}$		6	7

Азот в луговой и лугово-болотной почвах представлен органическими соединениями ($N_{орг.}$), доля которых составляет 90,6…92,5 и 91,3…92,8 % от общего соответственно. Минеральные удобрения значительно повлияли на содержание этой формы. До посева риса содержание органического азота в луговой почве составляло 2052 мг/кг, в лугово-болотной – 2257 мг/кг. Как известно, в составе гумуса исследуемых почв преобладает группа фульвокислот, которая менее устойчива и более подвержена к минерализации под воздействием вносимых азотных удобрений. Это приводило к уменьшению доли содержания органического азота, что отрицательно отразилось на потенциальном плодородии, и, в то же время, положительно – на азотном питании риса, так как азот переходит в доступную растениям форму. Это отчетливо видно в вариантах с повышенными нормами удобрений $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$, где содержание минерального азота ($N_{мин.}$) увеличилось соответственно на 30…35 и 43…48 мг/кг в луговой и на 20…45 и 37…45 мг/кг в лугово-болотной почвах относительно контроля. Одновременно в этих же вариантах количество органического азота снизилось на 18…28 и 22…32 мг/кг и на 8…14 и 16…22 мг/кг соответственно (табл. 2).

2. Содержание азота минерального и органического в почвах рисовых полей, мг/кг

Вариант	Срок определения	Луговая почва		Лугово-болотная почва	
		$N_{мин.}$	$N_{орг.}$	$N_{мин.}$	$N_{орг.}$
$N_0P_0K_0$	до посева	166	2052	175	2257
	после уборки урожая	161	2042	167	2251
$N_{90}P_{60}K_{45}$	после уборки урожая	166	2044	175	2250
$N_{120}P_{80}K_{60}$	после уборки урожая	172	2044	180	2252
$N_{150}P_{100}K_{75}$	после уборки урожая	196	2024	195	2243
$N_{180}P_{120}K_{90}$	после уборки урожая	209	2020	212	2235
$НСР_{05}$		7	10	8	9

Азот минеральный – $N_{мин.}$; азот органический – $N_{орг.}$

Доля содержания минерального азота в обеих почвах невелика – 7,5…9,4 % в луговой и 7,2…8,7 % в лугово-болотной от $N_{общ.}$. Его в 10…13 раз меньше, чем органического. При этом с увеличением норм вносимых удобрений количество минеральных форм азота повышалось с 166 и 175 мг/кг в контроле луговой и лугово-болотной почв до 172…209 и 180…212 мг/кг в вариантах с удобрениями соответственно.

Следует отметить, что наибольшим содержанием общего, минерального и органического азота характеризуется лугово-болотная почва, поскольку в луговой складывается более благоприятный окислительно-восстановительный режим, способствующий ускорению минерализации органических веществ [12].

Во фракционном составе органических соединений азота исследуемых

3. Фракционный состав органических соединений азота в почвах рисовых полей, мг/кг

Вариант	Срок определения	Фракция органических соединений		
		легкогидро-лизуемая	трудногидро-лизуемая	негидро-лизуемая
Луговая почва				
$N_0P_0K_0$	до посева	74	326	1652
	после уборки урожая	68	324	1650
$N_{90}P_{60}K_{45}$	после уборки урожая	72	328	1644
$N_{120}P_{80}K_{60}$	после уборки урожая	75	338	1631
$N_{150}P_{100}K_{75}$	после уборки урожая	88	342	1594
$N_{180}P_{120}K_{90}$	после уборки урожая	96	350	1574
$НСР_{05}$	после уборки урожая	4	10	12
Лугово-болотная почва				
$N_0P_0K_0$	до посева	70	322	1865
	после уборки урожая	69	320	1862
$N_{90}P_{60}K_{45}$	после уборки урожая	70	321	1859
$N_{120}P_{80}K_{60}$	после уборки урожая	72	334	1846
$N_{150}P_{100}K_{75}$	после уборки урожая	76	336	1831
$N_{180}P_{120}K_{90}$	после уборки урожая	80	342	1813
$НСР_{05}$	после уборки урожая	4	8	14

почв значительную долю содержания занимают негидролизуемые фракции, не участвующие в биологическом круговороте, составляющие 69,9...74,5 % в луговой и 74,1...77,0 % в лугово-болотной почвах от $N_{общ.}$. При этом с увеличением норм вносимых удобрений количество негидролизуемого азота заметно уменьшалось на 8...78 мг/кг в луговой и на 6...52 мг/кг в лугово-болотной почвах, по сравнению с контролем (табл. 3).

Второе место в азотном фонде органических соединений азота принадлежит трудногидролизуемым фракциям, служащих отдаленным резервом питания растениям, доля содержания которых в луговой составляет 14,7...15,7 % и лугово-болотной почве – 13,2...14,0 % от $N_{общ.}$. Применение минеральных удобрений способствовало закреплению этой формы азота в почвах, особенно внесение повышенных их норм $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$. По сравнению с контролем, в этих вариантах содержание труднодоступного азота для растений риса увеличивалось на 16 и 24 мг/кг в луговой и на 14 и 20 мг/кг в лугово-болотной почвах соответственно.

Ближайшим резервом азота для растений риса после минеральных соединений, определяющих эффективное плодородие почв, выступает азот легкогидролизуемый [10]. Доля содержания этой формы в луговой почве составляет 3,1...4,3 %, в лугово-болотной меньше – 2,9...3,3 % от общего. С увеличением норм минеральных удобрений азотный режим исследуемых почв заметно улучшался. Максимальное содержание легкогидролизуемого азота отмечено в вариантах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$, что больше контроля на 14...22 мг/кг в луговой и на 6...10 мг/кг в лугово-болотной почвах соответственно.

Азотное питание растений риса значительно зависит от содержания в почве минеральных форм соединений азота (табл. 4). Основная его часть в луговой и лугово-болотной почвах представлена фиксированным аммонием – 6,4...8,0 и 6,0...7,4 % от $N_{общ.}$ соответственно. Его количество значительно не изменялось в условиях затопления почв рисовых полей. До посева риса фиксированного аммония в контроле содержалось 143,6 и 152,8 мг/кг, а после уборки урожая риса снизилось на 3,6 и 7,0 мг/кг соответственно. На накопление этой формы азота в почвах повлияли минеральные удобрения. Повышенные нормы $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$ увеличивали его количество соответственно на 27,3 и 38,0 мг/кг в луговой и на 19,7 и 34,1 мг/кг в лугово-болотной почвах, по сравнению с контролем, после уборки урожая. Фиксирующая способность этого иона связана не только с общей нормой вносимого в почву азота, но и применяемой его формой. Амидный азот мочевины после затопления рисового поля восстанавливается до аммиачного и фиксируется кристаллической решеткой почвенных минералов. И такое закрепление NH_4^+ не имеет отрицательных последствий, поскольку этот процесс обратимый и фиксированный аммоний, по литературным данным, может также участвовать в питании риса [16].

4. Содержание минеральных форм азота в почвах рисовых полей, мг/кг

Вариант	Срок определения	Нитрат-ный	Нитрит-ный	Аммонийный	
				обменно-поглощенный	фиксиро-ванный
Луговая почва					
$N_0P_0K_0$	до посева	10,2	0,05	12,1	143,6
	после уборки урожая	9,4	0,05	11,5	140,0
$N_{90}P_{60}K_{45}$	после уборки урожая	9,6	0,08	12,0	144,3
$N_{120}P_{80}K_{60}$	после уборки урожая	10,8	0,09	14,6	146,5
$N_{150}P_{100}K_{75}$	после уборки урожая	12,5	0,16	16,0	167,3
$N_{180}P_{120}K_{90}$	после уборки урожая	13,2	0,20	17,6	178,0
$НСР_{05}$	после уборки урожая	2,2	0,15	3,0	10,2
Лугово-болотная почва					
$N_0P_0K_0$	до посева	9,6	0,05	12,6	152,8
	после уборки урожая	9,2	0,05	12,0	145,8
$N_{90}P_{60}K_{45}$	после уборки урожая	9,6	0,07	12,4	152,9
$N_{120}P_{80}K_{60}$	после уборки урожая	10,4	0,09	15,8	164,2
$N_{150}P_{100}K_{75}$	после уборки урожая	12,0	0,12	17,4	165,5
$N_{180}P_{120}K_{90}$	после уборки урожая	13,1	0,18	18,8	179,9
$НСР_{05}$	после уборки урожая	2,1	0,16	3,2	11,4

Обменный аммоний (NH_4^+) и нитратный (NO_3^-) азот служат основным источником питания риса. Доли их содержания от общего азота выражаются числами одного порядка и составляют 0,5...0,8 % в луговой и 0,4...0,6 % в лугово-болотной почвах соответственно. Вследствие затопления почв и создания в них восстановительных процессов в период вегетации риса происходит трансформация соединений азота. В этот период доминирующей его формой выступает обменный аммоний. Нитраты, в лучшем случае, обнаруживаются в следовых количествах. Минеральные удобрения повлияли на сезонную динамику содержания обменного аммония и нитратного азота в исследуемых почвах. Весной, до посева риса, их количество составляло 12,1 и 10,2 мг/кг в луговой и 12,6 и 9,6 мг/кг в лугово-болотной почвах соответственно. Осенью, после уборки урожая риса, в контроле луговой почвы содержание ионов NH_4^+ и NO_3^+ снизилось на 0,6 и 0,8 мг/кг, лугово-болотной – на 0,6 и 0,4 мг/кг соответственно. Внесение азота удобрений в нормах $N_{120,}$ N_{150} и N_{180} на фоне $P_{80}K_{60}$, $P_{100}K_{75}$ и $P_{120}K_{90}$ увеличивало содержание аммонийного и нитратного азота на 1,4 и 3,1; 3,1 и 4,5; 3,8 и 6,1 мг/кг в луговой и на 1,2 и 3,8; 2,8 и 5,4; 3,9 и 6,8 мг/кг в лугово-болотной почвах относительно контроля после уборки урожая риса соответственно. Это обусловлено, с одной стороны, поступлением азота с удобрениями, а с другой, – мобилизацией его почвенных запасов под их влиянием [10].

Содержание нитритов в почве небольшое, по сравнению с другими формами соединений минерального азота. В азотном режиме почв рисовых полей их роль незначительна. Количество нитритов до посева риса в контроле обоих почвах не превышало 0,05 мг/кг. При применении минеральных удобрений они хоть и увеличивались в 2...4 раза, но их количество несравнимо с содержанием в почвах нитратов, обменно-поглощенного и фиксированного аммония.

Как отмечено выше, луговая и лугово-болотная почвы характеризовались

5. Динамика содержания нитратного азота в почвах рисовых полей (0…20 см), мг/кг

Вариант	До посева риса	Фаза вегетации риса			После уборки урожая
		всходы	кущение	выметывание	
Луговая почва					
$N_0P_0K_0$	10,2	4,4	0,2	–	9,4
$N_{90}P_{60}K_{45}$	10,2	4,9	0,3	–	9,6
$N_{120}P_{80}K_{60}$	10,2	5,6	0,4	–	10,8
$N_{150}P_{100}K_{75}$	10,2	6,2	0,5	–	12,5
$N_{180}P_{120}K_{90}$	10,2	6,3	0,5	–	13,2
$НСР_{05}$	–	0,7	0,2	–	2,2
Лугово-болотная почва					
$N_0P_0K_0$	9,6	4,1	0,2	–	9,2
$N_{90}P_{60}K_{45}$	9,6	4,6	0,3	–	9,6
$N_{120}P_{80}K_{60}$	9,6	5,0	0,3	–	10,4
$N_{150}P_{100}K_{75}$	9,6	5,6	0,4	–	12,0
$N_{180}P_{120}K_{90}$	9,6	6,0	0,5	–	13,1
$НСР_{05}$	–	0,8	0,2	–	2,1

довольно близкими значениями содержания нитратного и аммонийного азота с небольшим преимуществом последнего. С созданием в почвах восстановленной среды количество нитратов снизилось почти вдвое. При этом в фазе всходов максимум их содержания в почвах отмечался в условиях повышенных норм минерального азота удобрений, – в вариантах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$. В фазе кущения риса наличие нитратов не превышало в обоих почвах 0,5 мг/кг, а к вымётыванию растений они не обнаруживались в связи с их восстановлением (табл. 5). Следовательно, динамика содержания нитратного азота в почве не играет важную роль в азотном питании растений в течение вегетации риса.

Азот, как лимитирующий элемент питания, доступен рису большей частью в аммонийной форме и связи с этим изучение его динамики по фазам вегетации растений представляется особенно важным. После затопления рисовых полей количество обменного аммония возросло в 1,5…2,0 раза, по сравнению с допосевным периодом, что связано, с одной стороны, с редукцией окисленных соединений почвы, а с другой, – с минерализацией органического азота в ней до восстановленных минеральных соединений, осуществляемой аммонифицирующими микроорганизмами, разлагающими органическое вещество с образованием аммонийного азота, который хорошо удерживается в почве и служит эффективной формой для питания растений риса. Наибольшее увеличение в фазе всходов отмечено в вариантах с нормами N_{150} и N_{180} на фоне $P_{100}K_{75}$ и $P_{120}K_{90}$, где превышение над контролем составило 8,1…8,7 мг/кг и других вариантов опыта 3,5…7,7 мг/кг в луговой и 8,8…9,6 и 5,1…8,5 мг/кг в лугово-болотной почвах соответственно (см. рисунок).

С фазы кущения количество аммонийного азота постепенно снижается, что обусловлено интенсивным его потреблением растениями риса. В этот период содержание NH_4^+ варьировало от 15,1 мг/кг в луговой и 15,3 мг/кг в лугово-болотной почвах контрольных вариантов до 16,1…23,8 и 16,4…24,9 мг/кг в зависимости от внесенной нормы азотного удобрения совместно с фосфорно-калийными соответственно. Такая же закономерность отмечена в фазе выметывания риса. В контролях луговой и лугово-болотной почв аммонийного азота содержалось 12,2 и 12,9 мг/кг, в вариантах с разными нормами удобрений – 13,2…18,2 и 14,0…20,5 мг/кг соответственно (см. рисунок). Наилучшее азотное питание посевов риса в эти фенологические фазы формировалось при внесении норм азота N_{150} и N_{180} на фоне $P_{100}K_{75}$ и $P_{120}K_{90}$.

Улучшение водно-воздушного режима почв способствует ослаблению аммонификации и возобновлению процессов нитрификации. После сброса воды с чеков и уборки урожая риса в почвах вновь отмечено появление нитратов и даже в количествах, превышающих исходные значения, а также снижение содержания аммонийного азота (см. табл. 5, рисунок). Отсюда следует, что динамика содержания нитратов и обменного аммония в почвах рисовых полей определяется трансформацией азотных соединений в связи со сменой окислительно-восстановительного режима и потреблением элемента растениями риса.

Наиболее благоприятный азотный режим исследуемых почв в течение вегетации риса складывался при внесении удобрений в повышенных нормах азота N_{150} и N_{180} на фоне $P_{100}K_{75}$ и $P_{120}K_{90}$ соответственно. В этих вариантах содержания NH_4^+ в среднем за весь период наблюдений превышало контроль на 4,4 и 5,1 мг/кг в луговой и на 5,6 и 6,4 мг/кг в лугово-болотной почвах. По сравнению с более низкими нормами, – $N_{90}P_{60}K_{45}$ и $N_{120}P_{80}K_{60}$, – количество обменного аммония увеличилось в среднем за весь срок наблюдений на 1,7…3,7 и 3,6…5,7 мг/кг соответственно. Отсюда следует, с увеличением количества внесенного азота в луговую и лугово-болотную почвы содержание аммонийной его формы повышалось, а, следовательно, улучшалось азотное питание растений в течение вегетации риса.

Таким образом, азотный режим почв рисовых полей изменяется под воздействием вносимых минеральных удобрений. Их применение, особенно в повышенных нормах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$, увеличивает содержание в луговой и лугово-болотной почвах рисовых полей общего азота, минеральных и органических форм его соединений, повышает эффективное плодородие почв и обеспечивает оптимальное минеральное питание растениям риса. Минеральные удобрения снижают потери азота из пахотного слоя почв на 0,32…1,18 и 0,29…1,20 %, по сравнению с контролем. Внесение азота удобрений в количествах N_{150} и N_{180} на фоне $P_{100}K_{75}$ и $P_{120}K_{90}$ увеличивает содержание легкогидролизуемого азота на 14 и 22 мг/кг в луговой и на 6…10 мг/кг в лугово-болотной почвах соответственно. С увеличением норм вносимых удобрений, $N_{120}P_{80}K_{60}$, $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$, повышается количество аммонийного и нитратного азота в обеих почвах на 1,4 и 3,1; 3,1 и

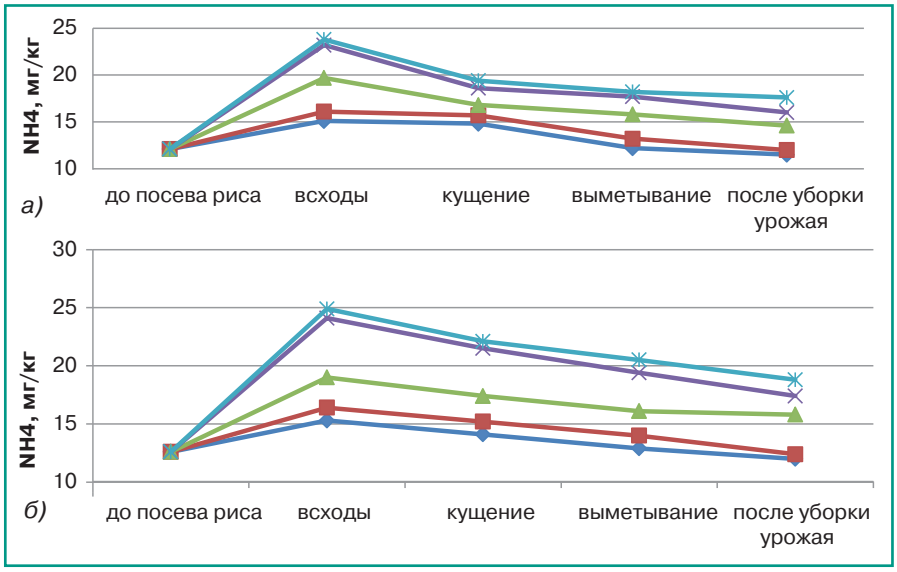


Рисунок. *Динамика содержания обменного аммония в луговой (а) и лугово-болотной (б) почвах:* — $N_0P_0K_0$; — $N_{90}P_{60}K_{45}$; — $N_{120}P_{80}K_{60}$; — $N_{150}P_{100}K_{75}$; — $N_{180}P_{120}K_{90}$.

4,5; 3,8 и 6,1 мг/кг и на 1,2 и 3,8; 2,8 и 5,4; 3,9 и 6,8 мг/кг соответственно. Наиболее благоприятный азотный режим почв в период вегетации риса складывается при внесении повышенных норм азота N_{150} и N_{180} на фоне фосфорно-калийных удобрений.

Литература.

1. Гамзиков Г. П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: НовосибГАУ, 2013. 790 с.
2. Сычев В. Г., Соколов В. А., Шмырева Н. Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур // Агрохимические аспекты роли азота в продукционном процессе. М.: ВНИИА, 2009. Т. 1. 424 с.
3. Влияние предшественника и минеральных удобрений на структуру урожая и продуктивность ячменя в лесостепи Приангарья / Р. Ф. Байбеков, В. Ю. Гребенщиков, В. В. Верхотуров и др. // Плодородие. 2019. № 3 (108). С. 32–36.
4. Афанасьев Р. А., Иванчик В. А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Нечерноземья при внесении минеральных удобрений // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 11–14.
5. Effects of long-term full straw return on yield and potassium response in wheat-maize rotation / Y.-L. Bai, L. Wang, Y.-L. Lu, et al. // Journal of Integrative Agriculture. 2015. Vol. 14. No. 12. P. 2467–2476.
6. Завалин А. А., Соколов О. А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д. Н. Прянишникова до наших дней. М.: ВНИИА, 2016. 519 с.
7. Nitrogen in chernozems under traditional and direct seeding cropping systems: a review / A. A. Zavalin, V. P. Belobrov, S. A. Yudin, et al. // Eurasian Soil Science. 2018. T. 51. No. 12. P. 1497–1506.
8. Kudeyarov V. N. Soil-biogeochemical aspects of arable farming in the Russian federation // Eurasian Soil Science. 2019. T. 52. No. 1. P. 94–104.
9. Optimizing Nitrogen Fertilizer Application for Rice Production in the Taihu Lake Region, China / M. H. Deng, X. J. Shi, Y. H. Tian, et al. // Pedosphere. 2012. Vol. 22. No. 1. P. 48–57.
10. Шеуджен А. Х. Агрохимия и физиология питания риса. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. 1012 с.
11. Changes in the Nitrogen Budget and Soil Nitrogen in a Field with Paddy–Upland Rotation with Different Histories of Manure Application / F. Takakai, T. Kikuchi, T. Sato, et al. // Agriculture. 2017. T 7. No. 5. P. 1–20.
12. Гуторова О. А., Шеуджен А. Х. Эколого-агрохимические состояние почв рисовых агроландшафтов: монография. Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2020. 348 с.
13. Agrogenic soil evolution of rice agrolandscapes / A. Kh. Sheudzhen, O. A. Gutorova, E. V. Shein, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 368. 012044.
14. Мобилизация почвенных фосфатов при возделывании риса / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум, и др. // Земледелие. 2019. № 6. С. 12–15.
15. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова. Изд. 5-е. М: Наука, 1975. 656 с.
16. Алешин Е. П., Сметанин А. П., Тур Н. С. Удобрение риса. Краснодар: Краснодарское книжное издательство, 1973. 160 с.

Nitrogen in the soils of rice fields

A. Kh. Sheudzhen[1,2], O. A. Gutorova[1], H. D. Hurum[1], S. V. Esipenko[1], T. A. Illarionova[1], P. N. Khachmamuk[2]

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

[2]Federal scientific rice centre, pos. Belozernyi, 3, Krasnodar, 350921, Russian Federation

Abstract. *The paper considers the effect of mineral fertilizers on the nitrogen regime of meadow and meadow-boggy soils of rice fields in the Republic of Adygea. The experiment design included the following treatments: without fertilizers (the control), N90P60K45, N120P80K60, N150P100K75, and N180P120K90. The soil was sampled before sowing, during vegetation and after rice harvesting from the arable layer (0–20 cm). We determined the content of total, mineral and organic nitrogen, the fractional composition of organic and mineral nitrogen compounds. In meadow and meadow-boggy soils, the fraction of organic nitrogen is 90.6–92.5% and 91.3–92.8%, the fraction of mineral nitrogen is 7.5–9.4% and 7.2–8.7% of total nitrogen, respectively. In organic nitrogen of soils, the proportion of the content of non-hydrolyzable compounds is 69.9–74.5% and 74.1–77.0 %; resistant to hydrolyze – 14.7–15.7% and 13.2–14.0 %; easily hydrolysable – 3.1–4.3% and 2.9–3.3 % of total nitrogen, respectively. In meadow and meadow-boggy soils, mineral nitrogen is represented by fixed ammonium by 6.4–8.0% and 6.0–7.4%, respectively; exchange-absorbed ammonium – by 0.5–0.8 and 0.4–0.6%, nitrates – by 0.5–0.8 and 0.4–0.5%. The role of nitrites in the nitrogen pool of soils in rice fields is small. The application of nitrogen fertilizers with phosphorus-potassium fertilizers at increased rates (N150P100K75 and N180P120K90) increased the content of easily hydrolyzable nitrogen by 14 and 22 mg/kg in meadow soils and by 6–10 mg/kg in meadow-boggy soils, respectively. The most favourable nitrogen nutrition of plants during the growing season of rice was formed at N150P100K75 and N180P120K90. At these rates, the content of ammonium nitrogen in both soils increased by 4.5–5.4 and 6.1–6.8 mg/kg, nitrate nitrogen – by 2.8–3.1 and 3.8–3.9 mg/kg respectively.*

Keywords: *rice (Oryza sativa); meadow soil; meadow-boggy soil; fertilizers; total nitrogen; mineral nitrogen; organic nitrogen.*

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

For citation: *Sheudzhen AKh, Gutorova OA, Hurum HD, et al. [Nitrogen in the soils of rice fields]. Zemledelie. 2020. (8): 15-9. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10803.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10804
УДК 631.481 (452)

Почвенно-биологические основы оценки и повышения плодородия технозёмов и эмбриозёмов на сульфидных отвалах

Ю. В. ПЛУГАТАРЬ, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор
В. В. КОРЖЕНЕВСКИЙ, доктор биологических наук, главный научный сотрудник
М. Л. НОВИЦКИЙ, научный сотрудник (e-mail: maxim.novickiy@bk.ru)

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Никитский спуск, 52, пгт. Никита, Ялта, Республика Крым, 298648, Российская Федерация

Исследования проводили с целью выявления особенностей формирования эмбриозёмов и технозёмов при использовании физико-химического и рельефоформирующего способов рекультивации на сульфидных шахтных отвалах. Основная задача этих способов заключается в нейтрализации либо значительном снижении неблагоприятных эдафических условий в породе. Работу проводили в 2005–2019 гг. на отвалах шахт «Першотравнева» и «Самарская» Днепропетровской области. При рекультивации беззатратным рельефоформирующим способом был создан бугристо-западинный рельеф, благодаря чему со склонов бугров в понижения попадала дополнительная влага от атмосферных осадков и происходил снос мелкодисперсных частиц шахтной породы. Вследствие этого за 20…22 года после завершения рекультивации в понижениях сформировалась молодая почва с pH = 5,3…6,9 ед., концентрация токсичного для растений алюминия уменьшилась до 4,3 смоль/кг, содержание экстрагируемого углерода увеличилось до 0,5 %. Количество скелетных частиц (фракции > 1 мм) значительно снизилось в среднем до 28 %. Малозатратный физико-химический способ рекультивации путём внесения необходимого количества карбонатного суглинка и тщательного перемешивания с породой на глубину 20 см позволил нейтрализовать действие серной кислоты в сульфидной породе. Благодаря этому уже через 6…8 лет после завершения рекультивации реакция почвенной среды становится щелочной (pH = 8,4), содержание экстрагируемого углерода увеличивается, по

сравнению с контрольным вариантом, более чем в два раза, количество скелетных частиц снижается на 17 %. Через 12…16 лет после завершения рекультивации отмечено интенсивное накопление органического вещества в верхнем слое и уменьшение количества скелетных частиц до 7 %. В результате рекультивации отвалов физико-химическим и рельефоформирующим способами произошло формирование технозёмов и эмбриозёмов, что привело к интенсивному протеканию процессов первичной автогенной сукцессии.

Ключевые слова: *рекультивация, сульфидная горная порода, автогенная сукцессия, эмбриозёмы, молодая почва, оптимизация, бугристо-западинный рельеф.*

Для цитирования: *Плугатарь Ю. В., Корженевский В. В., Новицкий М. Л. Почвенно-биологические основы оценки и повышения плодородия технозёмов и эмбриозёмов на сульфидных отвалах // Земледелие. 2020. № 8. С. 19–23. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10804*

Технический и технологический прогресс развития человечества неминуемо ведёт к различным нарушениям естественных ландшафтных комплексов и формированию так называемых антропогенных экосистем, включающих не только «рукотворные сады», но и обезображенные территории, покрытые различными бытовыми отходами, вскрышной горной породой, твёрдым мусором и др. В результате прямого воздействия изменяется или уничтожается естественный природный рельеф и образуется антропогенный (карьеры, отвалы, шахты, терриконы, плотины, каналы и др.). Антропогенные формы рельефа располагаются среди природных, но они также в той или иной мере преобразуются в связи с воздействием человека на растительность, почвы и другие компоненты ландшафта, сопровождаемым изменением типа и интенсивности природных процессов.

Сегодня предельно ясно: для «человеческого» образа жизни необходим не просто безупречно функционирующий, но и красивый, гармоничный, эстетически совершенный ландшафт, в котором нет более или менее важных элементов. Усилия *Homo sapiens* должны быть направлены на охрану, восстановление и формирование всех компонентов, составляющих такие ландшафты [1]. В этом случае, наиболее приемлем комплекс работ, подразумевающих их оптимизацию, направленную на восстановление хозяйственной, медико-биологической и эстетической ценности нарушенных компонентов ландшафта. Вариантами исправлений нарушений могут выступать фитомелиорация и рекультивация. В нашем случае более приемлема рекультивация, которая, как известно, чаще всего включает два последовательных этапа – технический и биологический. При осуществлении технического этапа проводят подготовку техногенного субстрата путем планировки поверхности, формирования безопасных склонов (не превышающих угла естественного откоса) и террас. Последующий биологический этап рекультивации начинается с оценки абиотических условий на месте трансформированного антропогенного ландшафта с последующим подбором видов растений фундаментальные экологические ниши которых, соответствовали бы новым условиям среды.

Шахтные и карьерные отвалы с сульфидными горными породами широко распространены во всех странах мира с развитой горнодобывающей промышленностью. Они содержат фитотоксичные серосодержащие углистые и глинистые сланцы, аргиллиты с включением таких минералов серного ряда, как пирит (FeS_2), халькопирит ($CuFeS_2$) и др. [2]. Перемещение подобных пород каменноугольного периода палеозоя на дневную поверхность активизирует под влиянием факторов-условий такие процессы, как физическое выветривание, окисление, растворение, гидролиз, гидратация, освобождение большого запаса химической энергии, горение и пыление отвалов [3, 4, 5].

Окисление дисульфидов железа при активном участии тионовых бактерий приводит к образованию серной кислоты и гидролизующихся сульфатов железа и алюминия. При незначительном содержании в породе щелочноземельных металлов развивается высокая обменная и активная кислотность (pH 2…3 ед.), разрушается кристаллическая решётка алюмосиликатов, в результате чего увеличивается концентрация токсичных для растений соединений алюминия, железа, марганца [6, 7, 8].

Сульфидные горные породы в силу этих причин по классификациям А. И. Савича (1974) отнесены к непригодным для использования в сельском и лесном хозяйстве без коренного улучшения [9, 10].

На практике чаще всего реализуется модель рекультивации сульфидных пород способом засыпки («захоронения») их суглинками, глиной, песком слоем 1,0…1,5 м с последующим нанесением на эти экраны 60…80 см плодородной почвы [11, 12, 13]. Это сопряжено с перемещением и отсыпкой 12…18 тыс. м^3/га почво-грунтов, что очень дорого, трудоёмко, да и неэкологично.

Из-за острой необходимости увеличения темпов работ по рекультивации, поскольку площади отвалов постоянно растут, ограниченности запасов плодородного мелкозема почв, были разработаны малозатратный физико-химический и беззатратный рельефомоделирующий способы рекультивации сульфидных пород, с использованием которых были рекультивированы шахтные отвалы площадью более 5 га.

В результате применения рельефоформирующего способа на отвале шахты «Першотравнева» сформировались эмбриозёмы (молодая почва), а на отвале шахты «Самарская», рекультивированного физико-химическим способом, – технозёмы [4].

Цель исследований – выявить особенности формирования эмбриозёмов и технозёмов при использовании рельефоформирующего и физико-химического способов рекультивации на сульфидных шахтных отвалах.

Работу проводили с 2005 по 2019 гг. на двух стационарных опытно-производственных участках: 1) на вершине трапециевидного отвала закрывающейся шахты «Першотравнева» (г. Першотравенск Павлоградского района Днепропетровской области), рекультивированного рельефоформирующим способом в 1998 г. на площади 0,8 га; 2) на плоском отвале шахты «Самарская» (расположенной рядом с пгт. Богдановка Павлоградского района Днепропетровской области), рекультивированном в 1997 г. малозатратным физико-химическим способом на площади 0,15 га.

После завершения формирования отвала шахты «Першотравнева» на его вершине последовательной отсыпкой шахтной породы автомашинами был смоделирован бугристо-западинный рельеф. В исследования включены 20…22-летние эмбриозёмы межбугорных понижений (молодые почвы). На этом отвале были выделены эмбриозёмы инициальные, органо-аккумулятивные и дерновые. Для выявления особенностей формирования молодых эмбриозёмов на отвалах в межбугорных понижениях, заросших травами, изучали их физические, физико-химические и химические свойства. Площадь таких понижений на терриконе шахты «Першотравнева» составляла от 3,5 до 10 м^2. Проективное покрытие естественной растительности на их поверхности варьировало от 30 до 95 %. Контролем служила сульфидная горная порода, отобранная с не заросших вершин или склонов бугров.

На отвале шахты «Самарская» для ускорения процессов нейтрализации кислотности и улучшения свойств породы был применен малозатратный физико-химический способ рекультивации. Он заключался во внесении и многократной перепашке с оборотом пласта на глубину 20 см карбонатного суглинка и горной породы. Норму отсыпки карбонатного желто-бурого лессовидного суглинка рассчитывали по содержанию Ca^{2+} в суглинке и серы ($S_{общ}$) общей в сульфидной породе. В среднем на 1 га вносили 800…1000 т суглинка, что значительно дешевле, чем засыпать сульфидную породу слоем 1,0…1,5 м плодородного субстрата. Смеси горной породы и карбонатного суглинка были классифицированы как технозёмы.

Образцы сульфидной горной породы, технозёмов и эмбриозёмов отбирали

1. Основные свойства эмбриозёмов понижений и сульфидной горной породы через 12…15 лет после завершения рекультивации

Слой, см	$pH_{вод}$	$S_{общ}$, %	Обменная кислотность, смоль/кг	Подвижные формы, смоль/кг		Экстрагируемый углерод, %	Физическая глина, %	Скелетность, %
				Al^{3+}	Fe^{3+}			
Эмбриозёмы понижений								
0…20	5,8±0,34	0,12±0,03	0,3±0,06	0,1±0,04	23±0,9	0,4±0,07	42,8±1,0	21±1,9
20…40	6,7±0,36	0,09±0,03	0,1±0,02	0,1±0,03	23±0,8	0,2±0,05	40,8±0,9	36±2,0
40…60	7,9±0,30	0,08±0,03	0,1±0,02	0,1±0,03	20±0,8	0,1±0,03	48,4±1,1	58±1,9
Сульфидная горная порода (контроль)								
0…20	3,6±0,30	0,29±0,04	2,8±0,25	24,3±0,8	60±1,7	0,2±0,04	39,2±0,9	52±1,9
20…40	3,5±0,29	0,19±0,02	4,1±0,29	33,7±0,7	45±1,2	0,2±0,03	35,8±0,8	59±2,2
40…60	3,5±0,31	0,20±0,03	3,7±0,20	30,5±0,7	46±1,5	0,2±0,04	39,7±0,8	64±2,0

для анализов по слоям 0…20, 20…40 и 40…60 см. Повторность – 9-кратная, рассчитывали средние значения по этим повторениям и ошибку средних.

При проведении исследований определяли pH водной суспензии, обменную кислотность (как один из показателей кислотности породы), содержание серы общей ($S_{общ}$), подвижных форм Al^{3+} и Fe^{3+}, экстрагируемого углерода, физической глины (суммы фракций размером < 0,01 мм), скелетных фракций или скелетность (суммы фракций размером >1 мм) и плотность сложения мелкозёма как основного вместилища питательных веществ, гумуса и корней растений. При полевых и лабораторных исследованиях использовали общепринятые в почвоведении ГОСТы, ДСТУ и методики.

При выносе на поверхность свежеотсыпанная сульфидная горная порода характеризовалась различной степенью скелетности, при этом скелет был представлен в основном углистыми сланцами и в меньшей степени – песчаниками. Содержание скелетных фракций (> 1 мм) доходило до 75 %, что обусловлено не столько различной устойчивостью сланцев к выветриванию, сколько смывом мелкозёмистых частиц на периодически обнажаемой поверхности породы по бортам отвалов.

Гранулометрический состав свежеотсыпанной сульфидной горной породы был беден илом. Преобладала фракция средней пыли, наиболее неблагоприятная в агрономическом смысле и обусловливающая низкую водо- и воздухопроницаемость. В целом для вскрышной породы характерна бесструктурность и распыляемость, высокая плотность сложения (1,85 г/см^3) и довольно низкая пористость (27 %).

Порода сильно-солонцеватая, содержит незначительное количество кальция, концентрация валовой серы доходит до 4 %, засолена легкорастворимыми солями. В незначительных количествах обнаружены экстрагируемый углерод (гумус 0,03 %) и доступные для растений формы азота и фосфора.

Сульфидсодержащие компоненты в породе под воздействием биотических и абиотических факторов окисляются с выделением определённого количества тепла, газообразных веществ, а также серной кислоты, что, в силу высокой агрессивности субстрата, тормозит, а зачастую надолго приостанавливает формирование пионерной растительности.

Создание бугристо-западинного рельефа на вершине сульфидсодержащего отвала шахты «Першотравнева» способствовало активизации начальных стадий первичной автогенной сукцессии, ведущих к формированию эмбриозёмов. Уже через 12…15 лет после завершения отсыпки отвала в понижениях на молодой почве сформировались пионерные сообщества растений. По свойствам и количественным показателям эмбриозём значительно отличается от сульфидной горной породы (табл. 1). Так, в слое 0…60 см содержание скелета в депрессиях (понижениях) снизилось, по отношению к контролю, в 1,5 раза. Гранулометрический состав молодой почвы и сульфидной породы представлен средним суглинком. В молодой почве преобладают мелко- и крупнопылеватые фракции, в породе – мелкопесчанисто-крупнопылеватые. Преобладание крупной пыли в молодой почве и породе указывает на их подверженность водной и ветровой эрозии, так как эти частицы наиболее эрозионноопасны. В результате на обсуждаемой стадии почвообразования намечается тенденция к накоплению тонкодисперсных фракций пыли средней и мелкой, и что очень важно – ила, в котором концентрируются вторичные минералы, гумусовые и питательные вещества.

Количество общей серы ($S_{общ}$) в молодых почвах вдвое ниже, чем в горной породе, что указывает на более интенсивную трансформацию сульфидов железа. В породе продолжается процесс окисления, о чем свидетельствуют кислая реакция субстрата, высокая обменная кислотность и концентрация подвижного алюминия. Кроме того, порода характеризуется низким содержанием гумусовых веществ. В эмбриозёмах произошли процессы раскисления и реакция почвенной среды изменилась до слабокислой и даже слабощелочной, снизились величины обменной кислотности и концентрации подвижного Al^{3+}. В верхнем слое накопление гумуса происходит интенсивнее, чем в породе (см. табл. 1).

За 22-летний период после завершения отсыпки шахтной породы на вершине отвала был создан бугристо-западинный рельеф (табл. 2). В результате произошло перераспределение и сортировка породы по фракциям под влиянием гравитации, дефляции, смыва дождевыми и талыми водами, а также контрастного водного и температурного режимов.

В силу этих причин и из-за выветривания скелетность в контрольном варианте в слое 0…60 см доходит до 69 %, а в среднем величина этого показателя составляет более 60 %. В понижениях она уменьшается до 3…38 %. Изучение послойного распределения скелетных и мелкоземистых фракций показало, что скелетность по всем элементам мезорельефа нарастает сверху вниз, а количество мелкозема – снизу вверх. Наибольшее количество мелкозема накапливается в западинах, где его за-

2. Основные свойства эмбриозёмов понижений и сульфидной горной породы через 20…22 года после завершения рекультивации

Слой, см	$pH_{вод}$	$S_{общ}$, %	Обменная кислотность, смоль/кг	Подвижные формы, смоль/кг		Экстрагируемый углерод, %	Физическая глина, %	Скелетность, %
				Al^{3+}	Fe^{3+}			
Эмбриозёмы понижений								
0…20	5,3±0,38	0,10±0,04	0,4±0,04	2,0±0,03	74±2,0	0,5±0,35	53,8±1,7	14±0,9
20…40	5,9±0,40	0,08±0,02	0,2±0,02	4,0±0,03	64±1,9	0,3±0,32	53,3±1,5	26±0,8
40…60	6,9±0,41	0,03±0,02	0,1±0,02	7,1±0,04	80±2,0	0,3±0,32	49,5±1,5	45±1,0
Сульфидная горная порода (контроль)								
0…20	3,5±0,33	0,20±0,03	2,3±0,21	36,3±0,87	100±5,1	0,2±0,02	47,2±2,8	52±1,9
20…40	3,5±0,34	0,17±0,02	3,5±0,30	39,6±0,72	80±4,3	0,1±0,02	39,8±2,2	59±2,5
40…60	3,5±0,35	0,18±0,02	3,8±0,30	39,7±0,81	80±4,3	0,1±0,02	39,7±2,5	64±2,8

пасы в слое 0…60 см в 1,5 выше, чем в контрольном варианте (соответственно 5103 и 3260 т в расчете на 1 га). Это подтверждает снос преимущественно мелкоземистого материала в понижения, хотя поступает в них и небольшое количество скелетных фракций.

Одно из важнейших в экологическом отношении физических свойств почвы – плотность сложения. Она влияет на распределение корней по профилю. Плотность сложения мелкозема в понижениях во всех вариантах в слое 0…20 см составляла 1,03…1,10 г/см^3, а ниже доходила до 1,40 г/см^3. Контроль (горная порода) в свою очередь характеризовался высокой плотностью сложения – 1,41…1,54 г/см^3.

Особенности водного режима определяют многие свойства и параметры почвы, один из наиболее важных – общая порозность. От неё зависят воздухоемкость и влагоемкость, испарение, водопроницаемость. Наилучшая общая порозность отмечена у эмбриозёма в слое 0…40 см, в слое 40…60 см она была хорошей по шкале Качинского, а сульфидная горная порода по этой шкале обладала удовлетворительной порозностью.

Гранулометрический состав мелкозема молодых почв межбугорных понижений и горной породы был неоднородным и варьировал от легкоглинистого до среднесуглинистого. В понижениях преобладали мелко- и крупнопылеватые фракции, в горной породе – песчано-крупнопылеватые частицы. Количество илистых фракций и пыли мелкой в породе было меньше, чем в почвах понижений, на 2…6 % и 4…14 % соответственно.

По содержанию физического песка, физической глины, ила и пыли мелкой наиболее благоприятной сбалансированностью этих гранулометрических частиц отличались эмбриозёмы с соотношением соответственно 1: 2: 2, тогда как в горной породе оно составляло 1: 1,5: 1. Водно-физические свойства и агрофизические показатели почв понижений были более благоприятны [14].

Содержание серы валовой в эмбриозёмах понижений снизилось по отношению к горной породе в 2,5 раза и в среднем составило соответственно 0,07 и 0,18 %. Это свидетельствует о том, что в горной породе всё ещё интенсивно протекают процессы окисления и развивается в различной степени кислотный комплекс (см. табл. 2).

Через 22 года после вынесения породы на поверхность процессы окисления всё ещё незначительно протекали, о чём свидетельствуют величины pH водной суспензии. Молодая почва обладала неоднородной реакцией почвенной среды, которая изменялась от кислой до нейтральной, а на вершине бугра она была сильнокислой по всему профилю.

3. Основные свойства технозёмов и сульфидной горной породы через 6…8 лет после завершения рекультивации

Слой, см	$pH_{вод.}$	Обменная кислотность, смоль/кг	Подвижные формы Al^{3+}, смоль/кг	$CaCO_3$, %	Экстрагируемый углерод, %	Скелетность, %	Физическая глина, %	Плотность сложения мелкозёма, г/см^3
Технозёмы								
0…20	8,5±0,4	0	0	3,0±0,4	0,10±0,02	15±2,5	43,0±1,7	1,25±0,9
20…40	7,9±0,3	0	0	1,9±0,4	0,07±0,02	63±1,9	43,6±1,9	1,28±1,1
40…60	7,8±0,3	0	0	2,7±0,5	0,06±0,02	67±2,0	40,0±2,0	1,34±0,9
Сульфидная горная порода (контроль)								
0…20	5,4±0,4	0,05±0,02	0,2±0,02	0	0,04±0,02	51±	46,0±1,8	1,26±1,1
20…40	4,8±0,4	0,3±0,02	1,8±0,03	0	0,03±0,02	69±	45,5±1,9	1,54±1,2
40…60	6,9±0,2	0	0	0	0,02±0,02	76±	44,5±1,8	1,56±0,9

Кроме того, в сульфидной горной породе при кислой реакции среды появляется подвижный алюминий, концентрация которого достигала 40 смоль/кг, что токсично для растений [8]. Вместе с поглощенным водородом алюминий обусловливает обменную кислотность. В молодой почве понижений его было в несколько раз меньше, чем в породе. В понижениях обменная кислотность была низкой и с глубиной уменьшалась. При этом в породе она в среднем составляла 3,2 смоль/кг, что свидетельствует об интенсивном течение процессов окисления. Мы установили, что обменная кислотность породы и молодой почвы определяется, в основном, обменным алюминием (r=0,91; n=43), при этом сам алюминий и обменная кислотность с содержанием общей серы не коррелируют.

Несколько другую картину наблюдали после внесения карбонатного суглинка и его перемешивания с сульфидной горной породой на отвале шахты «Самарская». Улучшение ряда свойств и показателей отмечали уже через 6…8 лет (табл. 3). При этом сульфидная горная порода всё ещё оставалась сильноскелетной и содержала в слое 0…60 см 65 % каменисто-щебенчатых и плотных хрящеватых отдельностей. Смешивание породы с карбонатным суглинком «разбавило» скелетность шахтной породы. Разумеется, чем меньше в породе или в субстрате скелета, тем выше запасы мелкозёмистых фракций (размером менее 1 мм) – основного вместилища влаги и питательных веществ.

Гранулометрический состав вскрышной породы можно характеризовать как тяжелосуглинистый с преобладанием мелко- и крупнопылеватых фракций (18 и 33 %) при содержании 15 % илистых частиц. Внесение и перемешивание суглинка с породой несколько уменьшило количество физической глины, но увеличило содержание ила до 19 %, что заметно обогатило субстрат вторичными минералами и увеличило его поглотительную способность, что, в целом, интенсифицировало физико-химические процессы.

По плотности сложения мелкозёма вариант горная порода + карбонатный суглинок был значительно лучше контроля, особенно начиная со слоя 20…40 см и глубже, где величина этого показателя в контрольном варианте превышала допустимые нормы [14].

Реакция водной суспензии породы была сильнокислой и кислой, концентрация подвижного алюминия и обменная кислотность – невысокими. Это позволяет судить о том, что в породе только начал развиваться кислотный комплекс. Слой 40…60 см оказался в меньшей степени затронут процессами окисления. Реакция среды окарбоначенной породы была щелочной. Можно предположить, что внесение карбонатного мелиоранта нейтрализовало действие серной кислоты.

Сульфидная порода была значительно беднее гумусовыми веществами, чем окарбоначенная. Через 12…16 лет после внесения карбонатного суглинка и перемешивания с породой содержание скелета, по сравнению с предыдущими годами исследований, значительно уменьшилось, увеличилась концентрация гумусовых веществ и ила, произошла усадка корнеобитаемого слоя, что привело к уплотнению верхней части

4. Основные свойства технозёмов и сульфидной горной породы через 12…16 лет после завершения рекультивации

Слой, см	$pH_{вод.}$	Обменная кислотность, смоль/кг	Подвижные формы Al^{3+}, смоль/кг	$CaCO_3$, %	Экстрагируемый углерод, %	Скелетность, %	Физическая глина, %	Плотность сложения мелкозёма, г/см^3
Технозёмы								
0…20	8,55±0,3	0,2±0,02	0	3,66±0,5	0,7±0,03	8,0±0,3	50,0±1,9	1,41±0,9
20…40	8,44±0,3	0,2±0,02	0	3,33±0,5	0,3±0,03	4,0±0,3	58,8±2,0	1,30±0,8
40…60	8,53±0,2	0,2±0,02	0	3,40±0,6	0,3±0,03	10,0±0,3	60,1±1,5	1,32±0,9
Сульфидная горная порода (контроль)								
0…20	3,5±0,3	2,82±0,03	18,5±0,6	0	0,2±0,02	24,0±1,2	45,2±1,8	1,46±0,7
20…40	4,1±0,4	1,15±0,02	12,5±0,7	0	0,2±0,03	28,0±1,3	43,6±1,7	1,52±0,9
40…60	4,1±0,3	1,15±0,03	12,3±0,7	0	0,1±0,02	35,0±1,2	43,2±1,8	1,52±0,9

профиля (табл. 4). Запасы мелкозёма в полуметровом слое технозёма были на 1817 т/га больше, чем в контрольном варианте.

Сульфидная горная порода с привнесением карбонатного суглинка через 12…16 лет по своим свойствам и показателям стала пригодна для формирования растительных сообществ разного флористического состава. Без использования этого способа рекультивации она всё ещё обладала высокой скелетностью и плотностью сложения, а также характеризовалась течением окислительных процессов, что видно из количества подвижного Al^{3+} и реакции среды. Содержание гумусовых веществ в породе было в 2,5 раза меньше, чем в окарбоначенном субстрате.

Таким образом, рельефоформирующий способ рекультивации сульфидных отвалов, предусматривающий создание бугристо-западинного рельефа, способствует дополнительному привнесению мелкозема и влаги в понижения, вследствие чего через 12…16 лет формируется среднескелетный слабогумусированный эмбриозём со слабокислой реакцией среды и пониженной концентрацией подвижного алюминия, что позволяет развиваться травянистой растительности. Через 22 года образуется молодая почва с нейтральной реакцией среды, скелетностью в среднем в слое 0…60 см до 28 %, низкой концентрацией подвижного алюминия (до 4,3 смоль/кг) и увеличением содержания экстрагируемого углерода до 0,5 %. Она пригодна для произрастания древесно-кустарниковой растительности, что, в свою очередь, дает основание считать период 20…22 года оптимальным для начала биологического этапа рекультивации.

Физико-химический способ, основанный на тщательном смешивании сульфидсодержащих пород с карбонатным суглинком, уже через 6…8 лет обеспечивает формирование технозёмов, пригодных для проведения биологического этапа рекультивации путем высаживания не только травянистой, но и древесно-кустарниковой растительности. Такие технозёмы в слое 0…20 см характеризуются щелочной реакцией среды, содержат до 0,1 % экстрагируемого углерода и 15 % скелетных частиц. Через 12…16 лет после завершения рекультивации в верхнем слое техноземов происходит еще более интенсивное (до 0,7 %) накопление органического вещества и уменьшение количества скелетных частиц до 7 %.

Физико-химический способ позволяет более чем в 2 раза ускорить начало биологического этапа рекультивации сульфидных отвалов. Преимущество рельефоформирующего способа состоит в его низкой затратности.

Литература.

1. Плугатарь Ю. В., Корженевский В. В. Создание и оптимизация защитных насаждений в Крыму // Бюл. ГНБС. 2014. Вып. 113. С. 7–17.

2. Дмитракова Я. А., Абакумов Е. В. Восстановление почвенно-растительного покрова на участках рекультивации Кингисеппского месторождения фосфоритов // Почвоведение. 2018. № 5. с. 630–640. doi: 10.7868/S0032180X18050118.

3. Трансформация и загрязнение почв в районах добычи железных руд (обзор литературы) / И. В. Замотаем, И. В. Иванов, П. В. Михеев и др. // Почвоведение. 2017. № 3. С. 370–384. DOI:10.7868/S0032180X17030121.

4. Андроханов В. А., Курачев В. Н. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с. ISBN 978-5-7692-1084-6.

5. Сёмина И. С., Андроханов В. А., Куляпина Е. Д. Опыт использования отходов углеобогащения для рекультивации нарушенных участков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 9. С. 159–175. doi: 10.25018/0236-1493-2020-9-0-159-175.

6. Динамика сукцессионных процессов на сульфидсодержащих шахтных отвалах в результате их оптимизации / Ю. В. Плугатарь, В. В. Корженевский, Н. Е. Опанасенко и др. // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2019. № 1 (150). С. 13–22. doi: 10.36305/2019-1-150-13-22.

7. Водяницкий Ю. Н., Шоба С. А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестник Московского университета. Серия 17: почвоведение. 2015. №1 С. 13-22.

8. Махонина Г. И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2003. 355 с.

9. Савич А. И. К вопросу о классификации вскрышных пород для биологической рекультивации // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1974. С. 124–130.

10. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 184 с.

11. Опыт создания опытно-производственной площадки по рекультивации нарушенных земель на разрезе «Заречный» АО «СУЭК-КУЗБАСС» / В. А. Андроханов, А. Т. Лавриненко, И. Н. Госсен и др. // Уголь. 2019. № 12 (1125). С. 60–65.

12. Архипов А.В., Земцовская Е.В. Возможность рекультивации породных отвалов в условиях заполярья и влияние рекультивации на отвалообразование / Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 4. С 110–121.

13. Динамика растительного сообщества и микробиома хроносерий посттехногенных почв в известняковом карьере в условиях рекультивации / Я. А. Дмитракова, Е. В. Абакумов, Е. В. Першина и др. // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 557–569. doi: 10.15389/agrobiology.2018.3.557rus.

14. Новицкий М. Л., Плугатарь Ю. В. Водно-физические свойства эмбриозёмов в понижениях и сульфидной горной породы на отвалах шахт Западного Донбасса // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. № 131. С. 9–15. doi:10.25684/NBG.boolt.131.2019.01.

Soil and biological basis for assessing and increasing the fertility of technosol and embryozem on sulfide dumps

Yu. V. Plugatar, V. V. Korzhenevsky, M. L. Novitsky
Nikitskii Botanical Garden – National Scientific Center of the RASciences, Nikitskii spusk, 52, pgt. Nikita, Yalta, Respublika Krym, 298648, 298648, Russian Federation

Abstract. *The work aimed to identify the formation peculiarities of embryozems and technosols when using physicochemical and relief-forming methods of reclamation on sulfide mine dumps. The main task of these methods is to neutralize unfavourable edaphic conditions in the rock or to significantly reduce them. The studies were carried out from 2005 to 2019 on the dumps of the mines "Pershotravneva" and "Samarskaya" in the Dnepropetrovsk region. During reclamation by a cost-free relief-forming method, a hummock-and-hollow topography was created, due to which additional moisture from atmospheric precipitation got from the slopes of the hills into the depressions and fine particles of mine rock were demolished. As a result, in 20–22 years after the completion of reclamation, a young soil with pH = 5.3–6.9 was formed in the depressions, the concentration of aluminium, toxic to plants, decreased to 4.3 cmol/kg, the content of extracted carbon increased to 0.5%. The number of skeletal particles (the fractions with the size of more than 1 mm) significantly decreased on average by 28%. The low-cost physicochemical method of reclamation made it possible to neutralize the action of sulfuric acid in the sulfide rock by introducing the required amount of carbonate loam and thorough mixing with the rock to a depth of 20 cm. Due to this, in 6–8 years after the completion of reclamation, the reaction of the soil medium became alkaline (pH = 8.4), the content of extracted carbon was more than doubled compared to the control variant, the number of skeletal particles reduced by 17%. Already in 12–16 years after the completion of reclamation, there was an intensive accumulation of organic matter in the upper layer, the number of skeletal particles decreased to 7%. As a result of dumps reclamation by physicochemical and relief-forming methods, the formation of technosols and embryozems occurred, which led to intensive processes of primary autogenous succession.*

Keywords: *reclamation; sulfide rock; autogenous succession; embryozems; young soil; optimization; hummock-and-hollow topography.*

Author Details: *Yu. V. Plugatar, Corresponding member of the RAS, D. Sc. (Agr.), director; V. V. Korzhenevsky, D. Sc. (Biol.), chief research fellow; M. L. Novitsky, research fellow (e-mail: maxim.novickiy@bk.ru).*

For citation: *PlugatarYuV, Korzhenevsky VV, Novitsky ML [Soil and biological basis for assessing and increasing the fertility of technosol and embryozem on sulfide dumps]. Zemledelie. 2020. (8):19-23. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10804.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10805
УДК 630*114.52

Агрохимическая характеристика почв Чувашской Республики

П. А. ЧЕКМАРЕВ[1], доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, председатель (e-mail: polprchuv@cap.ru)
А. П. КОРШУНОВ[2], врио директора (e-mail: agrohim_21@mail.ru)
[1]Комитет по развитию агропромышленного комплекса Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, ул. Ильинка, 6/1, с. 1, Москва, 109012, Российская Федерация
[2]Центр агрохимической службы «Чувашский», ул. Центральная, 1, пос. Опытный, Цивильский р-н, Республика Чувашия, 429911, Российская Федерация

Оптимальная форма мониторинга показателей плодородия почвы – периодически повторяемое комплексное агрохимическое и эколого-токсикологическое обследование на всей площади земель сельскохозяйственного назначения. Цель исследований – характеристика текущего состояния плодородия почв в Республике Чувашия. На начало 2020 г. в зону обслуживания Государственного центра агрохимической службы «Чувашский» входило 940,9 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 753,8 тыс. га пашни, 10,2 тыс. га многолетних насаждений, 31,5 тыс. га сенокосов и 145,4 тыс. га пастбищ. Основная часть территории (97 %) расположена на правой, южной стороне р. Волга. Остальные 3 % – часть Заволжской низменности, представленная широкой поймой и надпойменными террасами, высотой от 20…30 до 60 м над уровнем моря. С 1965 г. на территории республики проведено 11 циклов агрохимического обследования почв. В образцах почвы определяли кислотность солевой вытяжки, содержание подвижного фосфора и калия, гумуса, подвижных форм микроэлементов (медь, цинк, кобальт, марганец и бор). По результатам агрохимического обследования на 1 января 2020 г. в Чувашии наблюдается снижение содержания подвижного фосфора и калия в почвах, выявлена их высокая обеспеченность подвижным бором и медью, при дефиците цинка. Для сохранения и восстановления плодородия, а также обеспечения положительного баланса гумуса и питательных элементов необходимо увеличить объемы известкования почв с кислой реакцией среды до 40 тыс. га, фосфоритования – до 20 тыс. га, внесение органических удобрений – до 7,6 т/га, минеральных удобрений (NPK) – до 150 кг/га.

Ключевые слова: *плодородие почвы, агрохимические свойства, гумус, кислотность, фосфор, калий, микроэлементы.*

Для цитирования: *Чекмарев П. А., Коршунов А. П. Агрохимическая характеристика почв Чувашской Республики // Земледелие. 2020. № 8. С. 24–28. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10805.*

Интенсификация сельскохозяйственного производства в последние десятилетия привела к увеличению его продуктивности, усилила использование природных ресурсов и повлияла на экологическое равновесие в природе, что уменьшило автономность производственного процесса. Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению её качества, но и к снижению почвенного плодородия и экологической устойчивости агроландшафтов.

Сохранение и повышение плодородия почв обеспечивает проведение комплекса агротехнических, агрохимических, фитосанитарных, противоэрозионных, мелиоративных и других мероприятий, разрабатываемых по результатам комплексного мониторинга показателей плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Цель наших исследований – характеристика текущего состояния плодородия почвы в Республике Чувашия.

На начало 2020 г. в зону обслуживания ФГБУ ГЦАС «Чувашский» входило 940,9 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 753,8 тыс. га пашни, 10,2 тыс. га многолетних насаждений, 31,5 тыс. га сенокосов и 145,4 тыс. га пастбищ.

Почвенный покров республики представлен 17 типами и подтипами почв. Из них самое большое распространение имеют серые лесные, черноземы, аллювиально-дерновые, дерново-овражно-балочные, дерново-подзолистые почвы. Серые лесные почвы занимают более 60 % площади почвенного покрова республики и представлены светло-серым, серым и темно-серым подтипами, из них наиболее распространены светло-серые лесные почвы, которые располагаются в основном в северных приволжских муниципальных районах республики. Черноземы занимают около 16 % почвенного покрова, преимущественно распространены в юго-восточной и юго-западной частях республики. Оподзоленные черноземы встречаются только на водораздельных возвышенностях, типичные – еще реже. По мощности гумусовых горизонтов наибольшее распространение имеют среднемощные черноземы (от 40 до 80 см), они наиболее структурны и плодородны [1, 2].

С 1965 г. на территории республики проведено 11 циклов агрохимического обследования почв. Определяли следующие показатели плодородия: кислотность солевой вытяжки – по ГОСТ 26483-85, содержание подвижного фосфора и калия – по методу Кирсанова (ГОСТ 26207-91), гумуса – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), подвижных форм микроэлементов (медь, цинк, кобальт, марганец и бор) в ацетатно-аммонийном буферном растворе.

Длительное сельскохозяйственное использование почвы, как правило, приводит к изменению ее гумусного состояния. Так, после распашки целинного чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья, который характеризовался большими запасами гумуса (до 500 т/га на целине и до 430 т/га на пашне) с очень высокой степенью гумификации органического вещества, за 1968–2006 гг. запасы гумуса в метровом слое сократились на 8,5 %. Скорость дегумификации составила 1,0…1,4 т/га в год. Длительное использование чернозема выщелоченного в пашне привело к уменьшению обогащенности гумуса азотом – отношение содержания углерода к азоту увеличилось с 11,5 до 13,6 [3]. Решение этой проблемы возможно путем использования различных технологических приемов. Так, внесение навозы, соломы и промежуточного сидерата в зернотравяном севообороте на фоне расчетных доз минеральных удобрений повысило содержание гумуса в серой лесной почве Республики Татарстан на 0,12…0,16 % [4].

В условиях Приазовской зоны Ростовской области для поддержания почвенного плодородия и сохранения запасов гумуса на исходном уровне в девятипольном зернопаропропашном севообороте необходимо вносить на 1 га площади севооборота 8,9 т/га навоза + $N_{44}P_{22}K_{22}$. Применение органических и минеральных удобрений дозе 11,1 т/га навоза + $N_{71}P_{23}K_{23}$ обеспечивает формирование максимальной продуктивности изучаемого севооборота, что свою очередь способствует наибольшему накоплению углерода в почве, гарантируя положительный баланс гумуса (С) до +2050,9 кг/га [5].

Результаты анализа двух последних циклов агрохимического обследования в Республике Чувашия свидетельствуют, что на 1 января 2020 г. более половины (57,1 %) обследованных почв ее пашни имеют низкую степень обеспеченности гумусом (табл. 1). Из них очень низкий (критический) уровень обеспеченности характерен для 7,5 % (53,2 тыс. га). Площади почв с повышенным и высоким содержанием гумуса занимают 20,7 %. Практически такое же количество (22,1 %) приходится на почвы со средней обеспеченностью. Средневзвешенное содержание гумуса по республике составляет 4,4 %, что соответствует средней группе обеспеченности.

1. Динамика содержания гумуса в почвах пашни и объемы применения органических удобрений

Цикл и годы обследования	Площадь, тыс. га	Содержание гумуса					Средневзвешенное содержание, %	Применение органических удобрений, т/га
		очень низкое, тыс. га	низкое, тыс. га	среднее, тыс. га	повышенное, тыс. га	высокое, тыс. га		
V (1986–1990)	724,4	62,3	360,9	138,7	114,2	48,2	4,3	6,2
VI (1991–1995)	666,3	73,9	314,7	126,4	121,6	29,8	4,1	4,7
VII (1996–2000)	697,5	98,9	325,1	134,1	117,8	21,6	4,0	2,5
VIII (2001–2005)	596,4	76,8	286,9	113,4	97,1	22,2	4,0	1,2
IX (2006–2010)	614,6	41,8	250,0	154,8	108,2	59,8	4,7	0,9
X (2011–2015)	713,8	49,9	335,2	164,4	109,6	54,2	4,4	1,7
XI (2016–2020)	739,3	53,2	362,7	161,2	108,1	51,9	4,4	1,7

Обеднение пахотного слоя почвы гумусом началось с 1994 г. из-за снижения объемов внесения органических удобрений. Как показывают результаты VI…VIII циклов агрохимического обследования содержание гумуса уменьшилось на 0,3 %. В дальнейшем, начиная с 2013 г., вплоть до 1 января 2020 г., почвы каждый год теряли по 0,1 % гумуса. Некоторое увеличение содержания гумуса в пахотном слое почв по результатам IX цикла объясняется тем, что в этот период агрохимическое обследование охватывало не все площади, в результате чего за 5-летний цикл на 18 % пахотных земель с низким и средним содержанием гумуса обследование не проводили.

Важнейшее свойство почвы, определяющее ее плодородие, – кислотность. Известковые материалы, уменьшая кислотность почвы, переводят в доступные для растений соединения азота, фосфора и калия, что повышает эффективность систем удобрения и продуктивность севооборотов [6, 7]. Известкование способствует гумификации растительных остатков и органических удобрений, активизирует деятельность азотофиксирующих микроорганизмов, ослабляет эрозионные процессы на склонах. В конечном итоге, повышается накопление вегетативной массы растений и почвенного перегноя, что более характерно при использовании повышенных норм удобрений. При этом, например, в условиях агрохимических стационаров Приморского края и Амурской области, заложенных соответственно в 1941 и 1962 гг., продолжительное возделывание сельскохозяйственных культур без использования удобрений, а также с внесением высоких доз минеральных удобрений и извести сопровождалось процессом дегумификации, увеличением кислотности, снижением суммы обменных оснований. Дополнительное внесение органических удобрений сдерживало эти процессы [8].

Анализ изменения площади кислых почв в Чувашской Республике между двумя последними циклами обследования показал, что она уменьшилась на 13,5 тыс. га. Важно отметить, что при этом площади почв с реакцией среды близкой к нейтральной и нейтральной увеличились на 85,4 тыс. га (табл. 2). Средняя величина кислотности пахотных почв Чувашской Республики в течение всего времени исследований остается неизменной (средневзвешенный показатель pH_{KCl} равен 5,7), несмотря на то, что объемы известкования кислых почв сократились, по сравнению с максимально достигнутым в 1989 г. уровнем (101,6 тыс. га), в 10,9 раза. Улучшить ситуацию может реализация федеральной программы по химической мелиорации почвы. В условиях республики важное и действенное участие в этих мероприятиях может принять ООО «Канмаш ДСО», возможности которого позволяют проектировать и производить дробильно-сортировочное оборудование всех типов, а также оказывать полный комплекс сервисных услуг при производстве и внесении известковых удобрений.

В ближайшие 10…15 лет в Нечерноземной зоне необходимо ежегодно осуществлять химическую мелиорацию на площади 1,6 млн га с внесением около 10 млн т известковых удобрений. Это позволит ежегодно дополнительно производить сельскохозяйственную продукцию в пересчёте на зерно в объёме более 5 млн т [9].

Уровень содержания подвижных форм фосфора принято считать одним из основных признаков окультуренности почв. В частности, величину этого показателя предлагается учитывать при оценке устойчивого развития сельскохозяйственных регионов России на основе характеристики двух блоков – «эколого-ресурсного фундамента» и социально-экономической «надстройки» территории [10].

Результаты исследования изменения сорбционной способности серых лесных почв Владимирского ополья под влиянием различных систем удобрений с расчетом количественных показателей потенциальной буферной способности почв (PBCP) и изотерм сорбции Лэнгмюра показали, что высокие дозы органических удобрений сильнее уменьшают PBCP, чем внесение минеральных. При этом сильно возрастает доля фосфора минеральных соединений, содержание подвижных форм фосфатов поддерживается на высоком уровне. В вариантах с внесением минерального фосфора в сочетании с навозом доли органического и минерального фосфора находятся на уровне, характерном для неудобренных аналогов. Наименьшую энергию связи фосфатов с почвой отмечали при внесении двойной дозы минерального фосфора при максимальной емкости по отношению к фосфат-ионам [11].

В лесостепи Алтайского Приобья в 2001–2018 гг. на чернозёме выщелоченном среднесуглинистом с содержанием гумуса 3,8 %, подвижного (по Чирикову) фосфора и калия – соответственно 200 и 180 мг/кг, $pH_{сол}$ – 6,15 ед. возделывание культур без удобрений при оставлении соломы приводило к отрицательному балансу фосфора в почве 11…14 кг/га в год с нарастанием его дефицита на фоне мелких и глубоких обработок, в сравнении с «нулевыми», и в севообороте, по сравнению с бессменным посевом. Ежегодное внесение $P_{21...25}$ или $N_{27...40}P_{25}$ обеспечивало положительный баланс элемента на уровне 6…9 кг/га в год с интенсивностью 136…182 % [12].

На 1 января 2020 г. в Чувашии 35,5 тыс. га пахотных земель характеризовались очень низкой и низкой обеспеченностью подвижным фосфором, 161,5 тыс. га пашни – средней, 342,6 тыс. га – высокой и очень высокой (табл. 3). Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных почвах составляло 151,8 мг/кг почвы, что относится к повышенной группе обеспеченности. В период с 1971 по 1998 гг. (II...VI циклы)

2. Динамика площадей кислых почв пашни по циклам обследования

Цикл обследования	Обследованная площадь, тыс. га	Степень кислотности											
		сильнокислая		среднекислая		слабокислая		всего кислых почв		близкая к нейтральной		нейтральная	
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
V	724,40	7,00	0,97	67,30	9,29	253,10	34,94	327,40	45,20	267,20	36,89	129,80	17,92
VI	666,30	4,70	0,71	52,30	7,85	209,20	31,40	266,20	39,95	247,50	37,15	152,60	22,90
VII	697,50	5,40	0,77	50,90	7,30	220,70	31,64	277,00	39,71	258,80	37,10	164,00	23,51
VIII	596,40	3,70	0,62	39,10	6,56	179,90	30,16	222,70	37,34	219,10	36,74	154,60	25,92
IX	614,60	2,60	0,42	28,50	4,64	178,40	29,03	209,50	34,09	258,90	42,12	146,20	23,79
X	667,20	2,90	0,43	32,40	4,86	194,10	29,09	229,40	34,38	285,90	42,85	151,90	22,77
XI	739,30	3,00	0,30	28,40	3,90	184,50	24,20	215,90	28,40	334,10	45,10	189,10	26,40

3. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах пашни по циклам обследования

Цикл обследования	Обследованная площадь, тыс.га	Группы почв по содержанию подвижного фосфора												Средневзвешенное содержание, мг/кг
		очень низкое		низкое		среднее		повышенное		высокое		очень высокое		
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
V	712,7	4,3	0,6	17,6	2,5	130	18,2	199,7	28,0	237,9	33,4	123,2	17,3	161
VI	666,2	3,3	0,5	11,5	1,7	115,6	17,4	179,8	27,0	224,6	33,7	131,4	19,7	166
VII	697,1	3,7	0,5	13,3	1,9	112,5	16,1	186,3	26,7	255,1	36,6	126,2	18,1	162
VIII	596,2	3,2	0,5	10,1	1,7	92,1	15,4	146,6	24,6	261,4	43,8	82,8	13,9	163
IX	614,6	3,8	0,6	18,9	3,1	115,5	18,8	156,3	25,4	206,2	33,6	113,9	18,5	173
X	667,2	4,7	0,7	24,2	3,6	140,9	21,1	172,9	25,9	215,1	32,3	109,4	16,4	155
XI	739,3	5,1	0,6	30,4	4,1	161,5	21,8	199,7	26,9	248,7	33,9	93,6	12,8	151,8

зафиксировано увеличение содержания фосфора в пахотном слое почв на 14…77 мг/кг. С 1999 г. началось снижение величины этого показателя, в результате чего к концу 2019 г. доля почв с низкой обеспеченностью подвижным фосфором составила 4,7 % общей площади пашни. В то же время значительную долю занимали почвы, относящиеся к группе с повышенным (26,9 %), высоким (33,9 %) и очень высоким (12,8 %) содержанием этого минерального элемента.

В образцах черноземов Воронежской области, взятых с делянок полевого опыта с однократным внесением разных доз калия после длительного периода отсутствия удобрений, динамику десорбции легкообменного калия наиболее адекватно характеризовало уравнение реакции нулевого порядка и осуществлялась она в результате совместного участия нескольких механизмов. При этом константа скорости реакции закономерно возрастала в соответствии с увеличением дозы вносимых калийных удобрений. С учетом установленной в ряде работ высокой корреляции между количеством калия, переходящего в растения и раствор при проведении динамических опытов, можно сделать вывод об улучшении условий калийного питания растений в ответ на однократное внесение даже небольшого количества этого минерального элемента [13].

Следует отметить, что использование калийных удобрений – один из главных факторов, ограничивающих переход ^{137}Cs из почвы в растения и далее по пищевой цепи. Для получения высоких урожаев зеленой массы многолетних трав с удельной активностью, не превышающей допустимые значения, в зоне с плотностью загрязнения 1221…1554 кБк/м^2 рекомендовано применение полного минерального удобрения с соотношением N:K, равным 1:1,5 [14, 15].

В исследованиях, проведенных в сухостепной зоне Нижнего Поволжья, установлено, что повышение плодородия светло-каштановых почв возможно в четырехпольном зернопаропропашном биологизированном севообороте с запашкой в почву сидеральной массы озимой ржи и нетоварной части полевых культур. В комплексе это обеспечивает положительный баланс органического вещества, азота и калия в почве на уровне соответственно +3,33 т/га, +40,6 и +43,8 кг/га [16].

Некорневая подкормка растений люцерны в фазе цветения калийными удобрениями (сульфат калия, калимагнезия, монофосфат калия) в дозе 8 кг/га способствует повышению завязываемости бобов на ее соцветиях и увеличению количества нормально развитых семян, что сопровождается ростом семенной продуктивности и улучшением посевных качеств семян [17].

Незначительное снижение содержания подвижного калия в пахотных почвах Чувашии началось с 1989 г. и продолжалось до 2008 г. После этого благодаря республиканской программе по сохранению и восстановлению плодородия почв, применению высоких доз калийных удобрений удалось добиться незначительного повышения содержания подвижного калия. Сокращение объемов калиевания пахотных земель (при содержании подвижного калия менее 120 мг/га почвы), а в дальнейшем и его полное прекращение, привело к ухудшению обеспеченности почвы подвижными формами калия. Площади почв с его низким содержанием (менее 40 мг/кг) к 2020 г. увеличились до 20,5 % общей площади пашни, а средневзвешенное содержание уменьшилось до 121 мг/кг (табл. 4).

При внесении дозы 100 кг/га азота с навозными стоками в почву поступает 7,1 кг/га серы, с навозом КРС – 12,5, с компостом соломопомётным – 12,3 кг/га [18]. Исследования проведенные при возделывании яровой пшеницы на черноземе типичном и темно-серой лесной почве показали, что эффективность комплексного минерального удобрения марки NPKS (10-20-20-6), в состав которого входит сера, находилась в прямой зависимости от содержания подвижных форм этого минерального элемента в почве. Так, на черноземе типичном со средним уровнем обеспеченности серой (7,7 мг/кг) ее влияние на урожайность было минимальным: прибавка к варианту NPK (16-16-16) составила 0,5 ц/га при $НСР_{05}$ – 1,2 ц/га. На темно-серой лесной почве с низким содержанием серы (2,8 мг/кг) при внесении этого элемента сбор зерна культуры возрастал на 2,6 ц/га ($НСР_{05}$ – 1,2 ц/га) [19].

По содержанию подвижной серы 271,5 тыс. га (49,7 %) пахотных почв республики характеризуются низкой степенью обеспеченности, 222,8 тыс. га (40,8 %) – средней и только 51,8 тыс. га (9,5 %) – высокой (табл. 5).

Агрохимическая и физиологическая роль микроэлементов многогранна. Например, накапливается все больше доказательств того, что бор и кальций действуют синергически при формировании первичной пектиновой сети клеточных стенок, изменения в свойствах которых влияют на рост растений. Пектины клеточных стенок, в частности рамногалактуронан-II, содержат более 60 % от общего количества бора в клетке. Многочисленные исследования показали, что бор — необходимый микроэлемент при развитии бобово-ризобиального симбиоза [20, 21].

В условиях Самарской области обработка вегетирующих посевов подсолнечника биостимуляторами роста Аминокат 10 % + Келкат Бор в среднем за 2 года обеспечивала увеличение сохранности растений до 75,6...87,7 %, а массы семян с 10 корзинок – до 460…475 г [22].

По содержанию подвижного бора почвы республики характеризуются в основном как средне и высоко обеспеченные. Из обследованных 713,3 тыс. га пашни только 16,9 тыс. га, или 2,0 % относились к почвам с низкой степенью обеспеченности, 90,3 тыс. га (12,7 %) отличались средней обеспеченностью

4. Динамика содержания обменного калия в почвах пашни по циклам обследования

Цикл обследования	Обследованная площадь, тыс. га	Группировка почв по содержанию обменного калия												Средневзвешенное содержание, мг/кг
		очень низкое		низкое		среднее		повышенное		высокое		очень высокое		
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
V	712,7	1,8	0,3	47,9	6,7	218,0	30,6	252,9	35,4	139,4	19,6	52,7	7,4	146
VI	666,2	2,1	0,3	56,6	8,5	226,7	34,0	227,1	34,1	113,1	17,0	40,6	6,1	140
VII	697,1	1,9	0,3	47,0	6,7	229,3	32,9	257,3	36,9	129,0	18,5	32,6	4,7	142
VIII	596,2	4,5	0,8	53,3	8,9	198,9	33,3	197,8	33,2	123,4	20,7	18,3	3,1	139
IX	614,6	1,9	0,3	45,8	7,5	184,1	30,0	202,8	32,9	130,3	21,2	49,7	8,1	140
X	667,2	1,9	0,3	57,4	8,6	208,3	31,2	218,2	32,7	132,1	19,8	49,3	7,4	143
XI	739,3	9,6	1,5	131,6	19,1	284,6	39,0	192,4	25,2	93,4	11,9	27,7	3,5	121

5. Результаты агрохимического обследования почв по содержанию микроэлементов и серы (на 01.01.2020 г.)

Элемент	Обследованная площадь, тыс. га	Степень обеспеченности			Средневзвешенное содержание, мг/кг
		низкая, тыс. га	средняя, тыс. га	высокая, тыс. га	
Бор	713,3	16,9	90,3	606,1	1,23
Молибден	362,0	0	0	0	0
Марганец	640,4	222,8	277,4	140,2	5,38
Медь	632,0	2,2	13,3	616,0	1,22
Цинк	632,0	424,2	150,2	57,6	15,3
Кобальт	713,3	258,3	424,3	30,7	1,3
Сера	546,1	271,5	222,8	51,8	1,23

и 606,1 тыс. га (85,3 %) – высокой. Средневзвешенное содержание подвижного бора в почвах зоны обслуживания ФГБУ «ЦАС «Чувашский» составляет 1,23 мг/кг.

В целом по республике содержание подвижного молибдена определяли на площади 362,0 тыс. га, присутствие этого элемента в почвах не обнаружено.

Марганец активизирует многочисленные ферменты. В Белгородской области в 2010–2014 гг. низкая обеспеченность (менее 10 мг/кг) подвижными формами этого элемента была характерна для 54,4 % пахотных почв, средняя (10,1…20,0 мг/кг) – для 41,5 % и только 4,1 % почв относились к категории высокообеспеченных (более 20 мг/кг) [23, 24]. Среди основных бобовых культур, возделываемых в этом субъекте Федерации, отмечена очень высокая способность поглощать марганец у белого люпина. В его зерне среднее содержание этого минерального элемента достигает 1065 мг/кг, что в 44 раза больше, чем в семенах сои, и в 120 раз, по сравнению с семенами гороха [25].

На содержание подвижного марганца в республике обследовано 640,4 тыс. га, из них 277,4 тыс. га (43,3 %) отличаются средней обеспеченностью, 222,8 тыс. га (34,8 %) – низкой и 140,2 тыс. га (21,9 %) – высокой.

Медь – один из биологически значимых, незаменимых микроэлементов. В условиях европейского северо-востока России почвы аккумулятивных ландшафтов богаче соединениями цинка и меди, чем элювиальные. Гумусовые горизонты служат для них геохимическим барьером [26].

В условиях Белгородской области при внесении за ротацию пятипольного зернопропашного севооборота 40 т/га навоза КРС формируется положительный баланс Zn, Cu, Co, Mo, Cr, Ni, Cd, Pb, Hg, As, однако это не представляет экологической опасности, поскольку расчетное время их накопления в почве до уровня ОДК/ПДК составляет тысячи лет. Использование 20 т/га компоста соломопомётного также приводит к формированию положительного баланса всех элементов, за исключением ртути. Причем наиболее интенсивно в почве накапливаются цинк и медь, прогнозное время достижения ОДК которых составляет соответственно 202 и 262 года [27].

На равнинно-предгорном массиве Северного Кавказа содержание подвижных форм меди и цинка в почвах не превышает предельно допустимых концентраций. Луговые травостои не накапливают цинк, медь, свинец и кадмий в количествах, превышающих максимально допустимые уровни. В целом по предгорным районам Краснодарского края содержание цинка в сене составляет 11,0…25,0 мг/кг, меди – 1,8…9,0 мг/кг, свинца – 0,2…2,0 мг/кг, кадмия – 0,06…0,24 мг/кг[28].

Снижение негативного воздействия тяжелых металлов на биологическую активность почвы возможно под влиянием природных цеолитов. Повышая поглотительную способность почвы, они способствуют иммобилизации подвижных форм тяжелых металлов. Достоверное уменьшение содержания меди под их влиянием отмечено при дозах 15…30 т/га, свинца – 20 т/га и более, цинка – 25 т/га и более [29].

Перспективное направление наращивания производства семян подсолнечника в условиях Среднего Поволжья – применение биологических препаратов и жидких удобрительно-стимулирующих составов, увеличивающих силу роста всходов и ускоряющих переход растений на автотрофное питание. Защитный эффект биопрепаратов и хелатной формы меди снижают зараженность семян и посевов патогенами корзиночных и корневых гнилей. Количество пораженных растений уменьшается на 35…38 %. Положительное влияние двух факторов (дополнительное питание и защита от болезней) служит основой формирования высокопродуктивных агроценозов, обеспечивающих дополнительный сбор 0,26…0,27 т/га маслосемян [30].

На содержание меди в Республике Чувашия обследовано 632,0 тыс. га пахотных земель, из них 616,0 тыс. га (97,5 %) характеризуются высокой степенью обеспеченности этим элементом. На долю почв с низким содержанием меди приходится 2,2 тыс. га или 0,3 %, со средним – 13,3 тыс. га (2,2 %).

Цинк в растениях играет важную роль в физиологических процессах. Почвообразование на бескарбонатном покровном суглинке за 49 лет под различными модельными фитоценозами в почвенных лизиметрах стационара МГУ им. М.В. Ломоносова привело к уменьшению кислотности, увеличению содержания органического вещества, микроэлементов и тяжелых металлов в поверхностном слое почв. Максимальное накопление тяжелых металлов отмечено в подстилке и на глубине 2…15 см. Содержание Zn под древесной растительностью было больше, чем в исходном суглинке, в 18…20 раз, под травянистой растительностью – в 14…16 раз, в почве без растений – в 5 раз. Разница в масштабах накопления тяжелых металлов в почвах под модельными фитоценозами и в почвах без растений определялась биогенным накоплением и аэральным переносом пыли. Содержание цинка в пыли превышало его количество в исходном суглинке в 200…300 раз, свинца – в 20…40 раз, никеля – в 6…60 раз, стронция и бария – в 20…30 раз [31].

Предпосевная обработка семян стимулирующими составами повышала урожайность озимой ржи сорта Радонь. При этом максимальный эффект обеспечивало применение цинк-медь содержащего хелатного соединения, в концентрации 4 л/т [32].

На обеспеченность подвижным цинком почвы Чувашской Республики обследованы на площади 632,0 тыс. га, из них 424,2 тыс. га (67,1 %) были отнесены к почвам с низким содержанием этого минерального элемента, 150,2 тыс. га (23,8 %) – со средним и 57,6 тыс. га (9,1 %) – с высоким.

Роль кобальта в питании растений мало изучена. Известно, например, что небольшое количество этого микроэлемента требуется бобовым культурам для усиления работы клубеньковых бактерий. Содержание кобальта в растениях колеблется от 0,01 до 0,85 мг/кг сухой массы и в среднем составляет 0,2 мг/кг. В Чувашской Республике низкая степень обеспеченности кобальтом характерна для 36 % почв сельскохозяйственных угодий, средняя – почти для 60 %.

Выводы. Таким образом, как показывают результаты агрохимического обследования пахотных земель на 1 января 2020 г., в Чувашии наблюдается процесс снижения содержания подвижного фосфора и калия в почвах, выявлена высокая обеспеченность почв подвижным бором и медью, при дефиците цинка. Для сохранения и восстановления плодородия почв, а также обеспечения положительного баланса гумуса и питательных элементов необходимо увеличить объемы известкования почв с кислой реакцией среды до 40 тыс. га, фосфоритования – до 20 тыс. га, внесение органических удобрений – до 7,6 т/га, минеральных удобрений (NPK) – до 150 кг/га.

Литература.

1. Андреев С. И. Почвы Чувашской АССР. Чебоксары: Чувашское книжное издательство, 1971. Т. 1. 358 с.

2. Почвы Чувашии и их рациональное использование / под ред. А. П. Кудряшова. Чебоксары: Чувашское книжное издательство, 1987. 160 с.

3. Ерёмин Д. И. Изменение содержания и качества гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // Почвоведение. 2016. № 5. С. 584–592.

4. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Продуктивность зернотравяного севооборота в зависимости от заделки навоза, соломы и промежуточного сидерата // Вестник Казанского ГАУ. 2019. Т. 14. № 4 (56). С. 11–15.

5. Влияние систематического применения удобрений в девятипольном зерно-паропропашном севообороте на баланс гумуса (С) в черноземе обыкновенном / А. В. Парамонов, А. В. Федюшкин, С. В. Пасько и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 9–11.

6. Химическая мелиорация в условиях безотвальной системы основной обработки почвы / Л. М. Х. Биккинина, И. А. Яппаров, Е. И. Ломако и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 5–8.

7. Буровые шламы и повышение урожайности сельскохозяйственных культур / Р. Р. Ахметзянова, З. М. Халиуллина, А. М. Петров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4-2 (47). С. 83–86.

8. Бурдуковский М. Л., Голов В. И., Ковшик И. Г. Изменение агрохимических свойств основных пахотных почв юга Дальнего Востока при длительном сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 2016. № 10. С. 1244–1250.

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

10. Деградация земель и проблемы устойчивого развития / А. С. Яковлев, О. А. Макаров, М. В. Евдокимова и др. // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1167–1174.

11. Рогова О. Б., Колобова Н. А., Иванов А. Л. Сорбционная способность серой лесной почвы в отношении фосфора в зависимости от системы удобрения // Почвоведение. 2018. № 5. С. 573–579.

12. Баланс фосфора и обеспеченность им выщелоченного чернозёма в зависимости от севооборота, приемов обработки и удобрений в лесостепи Алтайского Приобья / В. И. Усенко, С. В. Усенко, Т. А. Литвинцева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 14–17.

13. Динамика десорбции подвижного калия из черноземов / Т. А. Соколова, Д. Н. Осипова, С. Е. Иванова и др. // Почвоведение. 2018. № 8. С. 965–976.

14. Роль минерального калия в снижении поступления ^{137}Cs в кормовые травы и повышении их урожайности на радиоактивно загрязненных угодьях / Н. М. Белоус, Е. В. Смольский, С. Ф. Чесалин и др. // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 4. С. 543–552.

15. Применения минеральных удобрений при коренном улучшении радиоактивно загрязненных пойменных угодий / С. Ф. Чесалин, А. П. Сердюков, Л. М. Батуро и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 45-49.

16. Перспективные полевые севообороты в Нижнем Поволжье / А. И. Беленков, А. В. Зеленев, Р. Х. Уришев и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 1 (43). С. 9–14.

17. Ахметзянова Р. Р. Прием повышения семенной продуктивности люцерны // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 3 (41). С. 5–8.

18. Лукин С. В., Жуйков Д. В. Мониторинг содержания серы в почвах, растениях и органических удобрениях // Земледелие. 2019. №2. С. 10-12.

19. Лазарев В. И., Чевычев А. Б. Эффективность комплексных удобрений, содержащих серу, на черноземных и серых лесных почвах курской области при возделывании яровой пшеницы // Земледелие. 2016. №5. С. 29-32.

20. Boron and calcium induce major changes in gene expression during legume nodule organogenesis. Does boron have a role in signalling? / M. Redondo-Nieto, N. Maunoury, P. Mergaert, et al. // New Phytol. 2012. Vol. 195. No. 1. P. 14–19. doi: 10.1111/j.1469-8137.2012.04176.x.

21. Цыганова А.В., Цыганов В.Е. Растительная клеточная стенка в симбиотических взаимодействиях. Пектины // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 3. С. 446–457.

22. Киселева Л. В., Васин В. Г., Жижин М. А. Сравнительная продуктивность гибридов подсолнечника при применении биостимуляторов роста в условиях Самарской области // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1 (55). С. 59–63.

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

24. Чекмарев П., Лукин С. Динамика плодородия пахотных почв, использования удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземных областях России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 4. С. 41-44.

25. Жуйков Д. В. Мониторинг содержания марганца в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 19–22.

26. Лодыгин Е.Д. Содержание кислоторастворимых форм меди и цинка в фоновых почвах Республики Коми // Почвоведение. 2018. № 11. С. 1322–1329.

27. Лукин С. В., Селюкова С. В. Агроэкологическая оценка влияния органических удобрений на микроэлементный состав почв // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 12. С. 61–65.

28. Забашта А. В., Забашта Н. Н., Лисовицкая Е. П. Накопление тяжелых металлов в почвах предгорных районов Краснодарского края // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 22–26.

29. Природные цеолиты как элемент экологизации земледелия Башкирского Зауралья / М. Б. Суюндукова, Я. Т. Суюндуков, Х. М. Сафин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 4. С. 25–30.

30. Современные биопрепараты и стимуляторы роста в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена / Р. М. Низамов, С. Р. Сулейманов, Ф. Н. Сафиоллин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1 (48). С. 38–40.

31. Плеханова И. О., Абросимова Г. В. Особенности формирования микроэлементного состава и свойств почв модельных фитоценозов почвенных лизиметров // Почвоведение. 2016. № 4. С. 420–433.

32. Асрутдинова Р. А. Влияние некоторых удобрительных составов на урожайность озимой ржи сорта Радонь // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 4 (42). С. 10–14.

Agrochemical characteristics of the soils of the Chuvash Republic

P. A. Chekmarev[1], A. P. Korshunov[2]
[1]Committee for the Development of the Agroindustrial Complex of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation, ul. Il'inka, 6/1, c. 1, Moskva, 109012, Russian Federation
[2]Center of Agrochemical Service «Chuvashskii», ul. Tsentral'naya, 1, pos. Opytnyi, Tsivil'skii r-n, Respublika Chuvashiya, 429911, Russian Federation

Abstract. *A periodically repeated complex agrochemical and ecological-toxicological survey on the entire area of agricultural land is the optimal form of monitoring soil fertility indicators. The study aimed to characterize the current state of soil fertility in the Chuvash Republic. At the beginning of 2020, the service area of the State Center for Agrochemical Service "Chuvashsky" included 940,900 hectares of agricultural land, including 753,800 hectares of arable land, 10,200 hectares of perennial plantations, 31,500 hectares of hayfields and 145,400 hectares of pastures. The main part of the territory (97%) is located on the right, southern side of the Volga, the remaining 3% is a part of the Zavolzhskaya lowland, represented by a wide floodplain and terraces above the floodplain, with a height from 20–30 to 60 m above sea level. Since 1965, 11 cycles of agrochemical soil survey have been carried out on the territory of the republic. In soil samples, the acidity of the salt extract, the content of mobile phosphorus and potassium, humus, and mobile forms of trace elements (copper, zinc, cobalt, manganese and boron) were determined. According to the results of an agrochemical survey as of January 1, 2020, in Chuvashia, there is a decrease in the content of mobile phosphorus and potassium in soils, their high provision with mobile boron and copper was revealed, with a zinc deficiency. To preserve and restore fertility, as well as to ensure a positive balance of humus and nutrients, it is necessary to increase the volume of liming of soils with an acidic reaction of the environment to 40,000 hectares, the application of phosphorus fertilizers – up to 20,000 hectares, of organic fertilizers – up to 7.6 t/ha, of mineral fertilizers (NPK) – up to 150 kg/ha.*

Keywords: *soil fertility; agrochemical properties; humus; acidity; phosphorus; potassium; trace elements.*

Author Details: *P. A. Chekmarev, D. Sc. (Agr.), member of the RAS, chairman (e-mail: polprchuv@cap.ru); A. P. Korshunov, acting director (e-mail: agrohim_21@mail.ru).*

For citation: *Chekmarev PA, Korshunov AP. [Agrochemical characteristics of the soils of the Chuvash Republic]. Zemledelie. 2020. (8):24-8. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10805.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10806
УДК 631.8.022.3(470.40/.43)

Эффективность применения удобрений в засушливых условиях Поволжья

О. И. ГОРЯНИН, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: gorjanin.oleg@mail.ru)
С. В. ОБУЩЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, научный консультант
Б. Ж. ДЖАНГАБАЕВ, старший научный сотрудник
Е. В. ЩЕРБИНИНА, младший научный сотрудник
Л. В. ПРОНОВИЧ, научный сотрудник
Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова – филиал Самарского Федерального исследовательский центра РАН, ул. К. Маркса, 41, пос. Безенчук, Безенчукский р-н, Самарская обл., 446254, Российская Федерация

Исследования по определению эффективности применения удобрений при ресурсоберегающих технологиях возделывания полевых культур на чернозёме обыкновенном проводили в 2011–2019 гг. в Самарском Заволжье. Гидротермический коэффициент (ГТК) за май–август – в эти годы составил 0,42...0,94, при благоприятных условиях для роста и развития культур в 2017 г. В остальные годы ГТК был на уровне средних многолетних значений и ниже. При изучении четырёх ресурсосберегающих технологий с различными элементами интенсификации в зернопаропропашном севообороте (чистый пар – озимая пшеница – соя – яровая твёрдая пшеница – ячмень – подсолнечник) прибавка от применения биопрепаратов была незначительной – 0,13 тыс. зерн. ед./га (7,8 %), от минеральных удобрений и их комплексного действия со средствами защиты растений – существенной и математически доказуемой (0,22...0,38 тыс. зерн. ед./га, или 13,3...22,9 %). Из анализируемых культур наибольшую отзывчивость на удобрения проявили подсолнечник и ячмень, урожайность которых возросла на 0,24...0,35 т/га (13,2...19,2 %). Максимальный в опыте чистый доход в севообороте (8163,8 руб./га) выявлен при комплексном применении удобрений и интегрированной защите растений. В пропашном звене севооборота (ячмень – подсолнечник – яровая пшеница) при прямом посеве полевых культур прибавка от биопрепаратов в среднем за 2017–2019 гг. составила 0,07...0,08 тыс. зерн. ед./га, от аммиачной селитры – 0,35...0,45 тыс. зерн. ед./га (15,4...19,7 %), от азофоски – 0,61...1,00 тыс. зерн. ед./га (26,8...43,9 %). Наибольшие чистый доход и уровень рентабельности установлены в варианте с внесением сложных удобрений в сочетании с аммиачной селитрой и биопрепаратами.

Ключевые слова: *удобрения, полевые культуры, урожайность, экономическая эффективность*

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

Новые требования к производству растениеводческой продукции в России, связанные с изменениями природно-экономических условий, требуют перехода на новое поколение систем земледелия и технологий, обеспечивающих увеличение уровня производительности и производимой продукции, высокую окупаемость вложенных затрат и устойчивость производства [1, 2, 3].

Одним из главных направлений ведения растениеводства в последние годы в России при возделывании сельскохозяйственных культур выступает разработка и применение ресурсосберегающих технологий, прямого посева и производственных систем Mini и No-till, обеспечивающих сокращение материальных и трудовых затрат [4, 5, 6].

При этом многочисленные экспериментальные данные как в нашей стране, так и за рубежом, свидетельствуют о том, что систематическое сохранение стерни, соломы и других органических остатков на поверхности поля, особенно при технологиях прямого посева, обеспечивает улучшение агрофизических и агрохимических свойств и водного режима почвы, по сравнению с традиционной технологией с ежегодной вспашкой, создает благоприятные условия не только для восстановления, но и для наращивания почвенного плодородия [7, 8, 9], решает экологические проблемы [10, 11, 12].

При современном ресурсном состоянии большинства хозяйств страны, когда в связи с объективными и субъективными причинами применение традиционных органических удобрений существенно сократилось, проблему сохранения плодородия почв и увеличения производства зерна обеспечивает биологизация земледелия. Особенно актуально это направление в засушливых условиях [13, 14]. При этом применение минеральных удобрений, как существенный фактор увеличения урожайности полевых культур и уменьшения потерь гумуса в засушливых условиях, остаётся попрежнему актуальным [15, 16]. Однако в связи с возрастающим диспаритетом цен на минеральные удобрения и растениеводческую продукцию, важным фактором в реализации сохранения и воспроизводства почвенного плодородия становится использование биопрепаратов и микробиологических удобрений, позволяющих активизировать почвенные процессы, повысить интенсивность фотосинтеза и урожайность сельскохозяйственных культур [5, 14].

При этом большое количество появившихся новых препаратов и агрохимикатов, которые не изучены в регионе, требует уточнения их эффективности при их применении в чистом виде и в комплексе с минеральными удобрениями.

Цель наших исследований – выявление эффективности систем удобрений при ресурсоберегающих технологиях возделывания полевых культур в засушливых условиях Поволжья.

В задачи исследований входило:

изучить и выявить наиболее перспективные системы удобрений при дифференцированной обработке почвы в зернопаропропашном севообороте;

исследовать и установить оптимальные системы применения удобрений при прямом посеве полевых культур в пропашном звене севооборота;

на основании проведённых исследований предложить производству высокоэффективные системы удобрений полевых культур для засушливых условий Поволжья в зональных севооборотах.

1. Схема опыта по изучению элементов интенсификации при возделывании полевых культур в плодосменном севообороте

Вариант	Яровой ячмень	Подсолнечник	Яровая пшеница
1	Без средств интенсификации (контроль)		
2	Бионэкс Кеми	Борогум	Бионэкс Кеми
3	Гуми-20М (Богатый)	Гуми -20М (Богатый)	Чудозём 1 с серой
4	N_{30} перед посевом	N_{30} перед посевом	N_{30} перед посевом
5	N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми	N_{30} перед посевом + Борогум	N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми
6	$(NPK)_{15}$	$(NPK)_{15}$	–
7	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Бионэкс Кеми	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Борогум	Бионэкс Кеми
8	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Гуми -20М (Богатый)	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + Гуми -20М (Богатый)	
9	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + N_{30} перед посевом	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + N_{30} перед посевом	N_{30} перед посевом
10	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми	$N_{15}P_{15}K_{15}$ + N_{30} перед посевом + Борогум	N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми
11	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	N_{30} перед посевом
12	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + Бионэкс Кеми	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + Борогум	N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми
13	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{30} перед посевом	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{30} перед посевом	N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми
14	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{30} перед посевом + Борогум	N_{30} перед посевом + Бионэкс Кеми

Эффективность современных технологий возделывания полевых культур с использованием элементов интенсификации рассчитывали по данным, полученным в многолетних стационарных полевых опытах Самарского НИИСХ.

В 2011–2018 гг. в зернопаропропашном севообороте (чистый пар – озимая мягкая пшеница – соя – яровая твёрдая пшеница – ячмень – подсолнечник) изучали варианты агротехнологий с дифференцированной обработкой почвы в севообороте:

1) дифференцированная обработка почвы в севообороте (в том числе под подсолнечник и сою – рыхление на глубину 25…27 см ПЧ-4,5; под чистый пар – без осенней обработки; под ячмень – минимальная обработка на 12…14 см ОПО-4,25; под яровую пшеницу – прямой посев АУП-18.05) + протравливание семян + гербициды по вегетации (в посевах зерновых – Секатор турбо, Прима; в посевах сои – Пульсар; в посевах подсолнечника – Экспресс) + инсектициды на озимой пшенице при превышении вредителями ЭПВ – фон 1 (контроль);

2) фон 1 + биопрепараты по вегетации (в посевах зерновых – Бионекс Кеми, Фитоспорин; сои – Бионекс Кеми (жидкий NPK); подсолнечника – Борогум);

3) фон 1 + минеральные удобрения (в том числе под подсолнечник и сою – азофоска $N_{15}P_{15}K_{15}$; под ячмень и яровую пшеницу – предпосевное внесение аммиачной селитры N_{30}; на озимой пшенице – весенняя подкормка аммиачной селитрой N_{30}) – фон 2;

4) фон 2 + инсектициды на яровой пшенице и ячмене (Децис Профи).

Изучение 14 вариантов систем удобрений при прямом посеве полевых культур в 2017–2019 гг. проводили в пропашном звене плодосменного севооборота яровой ячмень – подсолнечник – яровая пшеница. Наряду с аммиачной селитрой и азофоской, испытывали органо-минеральные удобрения (Борогум, Чудозём 1 с серой), комплексное биоактивированное гуминовое удобрение Гуми-20М (Богатый), комплексное биоактивированное удобрение Бионекс Кеми (табл. 1).

Посев зерновых культур проводили агрегатом АУП-18.05, подсолнечника – сеялкой ССТВ-6, Kuhn.

Почва опытных участков – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый. В пахотном слое почвы первого стационарного опыта содержалось: гумуса (по методу Тюрина, ГОСТ 26213-91) 4,0…4,5 %, гидролизуемого азота (по методу Тюрина и Кононовой) – 60…70 мг/кг, подвижных фосфатов и обменного калия (по методу Чирикова, ГОСТ 26204-91) – соответственно 170…200 и 180…200 мг/кг почвы при pH солевой (по методу ЦИНАО, ГОСТ 26483-85) – 6,2…6,5 ед.

Перед закладкой второго стационарного опыта содержание гумуса (по методу Тюрина, ГОСТ 26213-91) в горизонте А (0…37 см) составляло 3,5 %, подвижных фосфатов и обменного калия (по методу Чирикова, ГОСТ 26204-91) – соответственно – 160…180 и 150…180 мг/кг при pH солевой (по методу ЦИНАО, ГОСТ 26483-85) – 5,5…5,9 ед.

Минеральные удобрения во всех опытах вносили сеялкой СЗ-3,6. Сложные (азофоску) применяли осенью после уборки предшественника, аммиачную селитру – перед посевом полевых культур. Биопрепараты и агрохимикаты использовали на посевах, при использовании опрыскивателя ОН-400, на яровой пшенице и ячмене – в фазе кущения, на подсолнечнике – при отрастании 4…6 пар настоящих листьев.

В качестве приёмов воспроизводства почвенного плодородия в опытах во всех вариантах использовали измельчённую солому и пожнивно-корневые остатки (ПКО) убираемых культур.

Повторность всех опытов 3-кратная, размер делянок 550…1100 м^2, учетная площадь делянок – 200 м^2. Для уборки урожая использовали комбайн «Сампо-130».

Продуктивность зернопаропропашного севооборота рассчитывали в тысячах зерновых единиц на 1 гектар севооборотной площади. При расчётах использовали следующие коэффициенты перевода урожайности полевых культур в зерновые единицы: по озимой и яровой пшенице, яровому ячменю – 1,00, по сое – 1,17, подсолнечнику – 1,47 (Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 6 июля 2017 г. № 330 «Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур»).

Экономическую эффективность возделывания полевых культур рассчитывали в соответствии с общепринятой методикой [17].

Полученные результаты урожайности культур и продуктивности севооборотов обработаны методами дисперсионного и корреляционного анализа на компьютере (Программа AGROSver. 2.09).

Климат зоны проведения полевых опытов резко континентальный. Погодные условия за годы исследований были контрастными при ГТК за май–август 0,42…0,94. Благоприятные условия для роста и развития всех изучаемых полевых культур отмечены в 2017 г. В весенне-летний период 2011 г. погодные условия были на уровне средних многолетних значений при ГТК за май–август 0,70. В остальные годы отмечены засухи очень сильной интенсивности: в 2012 и 2014 гг. – весенняя засуха с ГТК за май 0,30…0,39; в 2013, 2016, 2018 и 2019 гг. – весенне-летние засухи с ГТК за май–июнь 0,21…0,38, в 2015 г. – летняя с ГТК за июнь и август 0,21…0,27.

Применение в освоенном зернопаропропашном севообороте агротехнических и химических средств борьбы с вредными объектами обеспечило практически одинаковые значения агрофизических свойств почвы и засорённости посевов в изучаемых вариантах. В среднем за годы исследований продуктивность изучаемого севооборота составила 1,66…2,04 тыс. зерн. ед./га (табл. 2). При этом прибавка от применения биопрепаратов была незначительной – 0,13 тыс. зерн. ед./га (7,8 %), от минеральных удобрений и их комплексного действия с дополнительными средствами защиты растений – существенной и математически

2. Продуктивность зернопаропропашного севооборота при разных технологиях возделывания, тыс.зерн. ед./га севооборотной площади

Год	Вариант				$НСР_{05}$
	1	2	3	4	
2011	1,47	1,69	1,73	1,77	0,17
2012	1,21	1,30	1,52	1,74	0,15
2013	1,61	1,69	1,80	1,86	0,20
2014	1,98	2,11	2,26	2,40	0,18
2015	1,14	1,27	1,29	1,49	0,14
2016	1,99	2,11	2,22	2,33	0,13
2017	2,25	2,34	2,36	2,69	0,15
2018	1,66	1,78	1,87	2,06	0,17
среднее	1,66	1,79	1,88	2,04	0,16

доказуемой (0,22...0,38 тыс. зерн. ед./га, или 13,3...22,9 %).

За анализируемый период наибольшая средняя урожайность полевых культур в зернопаропропашном севообороте установлена при возделывании озимой пшеницы и ярового ячменя – соответственно 3,00...3,28 и 2,12...2,61 т/га зерна. Урожайность подсолнечника и яровой твёрдой пшеницы находилась практически на одинаковом уровне – 1,82...2,17 т/га маслосемян и 1,42...1,90 т/га зерна. Наименьшие значения установлены при возделывании сои – 0,75...0,91 т/га зерна.

При анализе продуктивности севооборота выявлено, что она существенно зависела от погодных условий. Минимальные значения установлены в острозасушливом 2015 г. – 1,14...1,49 тыс. зерн. ед./га, которые связаны с недостаточным увлажнением предшествующего осенне-зимнего периода. Максимальная продуктивность севооборота установлена в 2014, 2016–2018 гг. В среднем за эти годы на 1 га севооборотной площади было собрано – 1,97...2,37 тыс. зерн. ед./га зерна и маслосемян. При этом выявлено существенное увеличение продуктивности, по сравнению с засушливыми годами, от применения минеральных удобрений на 0,21...0,40 тыс. зерн. ед./га (10,7...20,3 %) при НСР за эти годы 0,16 тыс. зерн. ед./га.

При анализе влияния климатических условий (количества осадков, температуры и относительной влажности воздуха, ГТК) отдельно по месяцам, за вегетационный период и год на продуктивность севооборота установлено, что наибольшая связь между признаками выявлена с температурой воздуха. В вариантах 1...3 установлена значимая на 1 %-ном уровне связь с температурой июня (r = от -0,85 до -0,87). В этот период на яровом ячмене и твёрдой пшенице отмечали фазы развития от кущения до колошения, на озимой пшенице – от колошения до налива зерна, на подсолнечнике – закладка размера корзинки. При максимальном уровне интенсификации (вариант 4) негативное воздействие высоких положительных температур снижалось до значимой обратной связи на 5 %-ном уровне при r = -0,81.

В среднем за годы исследований с температурой воздуха за июнь выше 20 °С (2012, 2013, 2015) продуктивность севооборота составила 1,32...1,70 тыс. зерн. ед./га. В годы с температурой за первый летний месяц на уровне средних многолетних значений и ниже 16,5...19,9 °С отмечено увеличение продуктивности, по сравнению с более жаркими, на 0,64...0,67 тыс. зерн. ед./га (39,4...49,2 %) до 1,97...2,37 тыс. зерн. ед./га. При этом максимальные значения установлены в 2017 г., когда температура в июне была самой минимальной (16,5 °С), а наименьшие – в 2015 г. с самым жарким за годы исследований июнем (23,1 °С), в котором, как уже отмечено ранее, снижение продуктивности частично произошло также из-за ухудшения влагообеспеченности предшествующего осенне-зимнего периода.

Из анализируемых культур наибольшая отзывчивость на применение минеральных удобрений установлена на подсолнечнике и яровом ячмене. При возделывании пропашной культуры увеличение урожайности от внесения сложных минеральных удобрений (азофоски) составило 0,24...0,35 т/га маслосемян (13,2...19,2 %). Средняя за годы исследований прибавка от применения аммиачной селитры на ячмене выявлена на уровне 0,30 т/га зерна (14,2 %), что согласуется с результатами, полученными другими учёными в опытах по изучению применения минеральных удобрений в засушливых условиях [18].

На озимой мягкой и яровой твёрдой пшенице применение азотных удобрений обеспечивало увеличение урожайности зерна на 0,23 т/га (7,7 %) и 0,17 т/га (12,0 %). Наименьшая отзывчивость на удобрения (азофоска) в абсолютных значениях получена на сое – 0,12...0,16 т/га (16,0...21,3 %).

Несмотря на большое количество засушливых лет, в среднем за годы исследований применение удобрений было экономически эффективным. Дополнительные затраты на их внесение от 4,5 до 19,1 % окупились прибавкой урожая во всех вариантах (табл. 3).

3. Экономическая эффективность возделывания полевых культур в зернопаропропашном севообороте (среднее за 2011–2018 гг.)

Показатель	Вариант			
	1	2	3	4
Стоимость продукции, руб./га	13877,7	14847,8	15666,0	16668,1
Производственные затраты, руб./га	6902,0	7190,0	7910,1	8220,1
Чистый доход, руб./га	6975,7	7657,8	7755,9	8448,0
Уровень рентабельности, %	101,1	106,5	98,1	102,8

Обработка посевов биопрепаратами, по сравнению с контролем, обеспечивала увеличение чистого дохода на 629,7 руб./га (9,4 %), а уровня рентабельности – на 4,8 %, при этом здесь получена наибольшая окупаемость затрат 2,07 руб./руб. из всех изучаемых вариантов Применение минеральных удобрений способствовало возрастанию величины чистого дохода, по сравнению с контролем, на 703,6 руб./га (10,5 %). Наибольший чистый доход отмечен при комплексном применении удобрений и интегрированной защите растений, где он на 789,3...1492,9 руб./га (10,7...22,4 %) был больше, чем в остальных вариантах.

Из изучаемых культур севооборота применение минеральных удобрений в наибольшей степени окупалось

4. Урожайность полевых культур при разных системах удобрений

Вариант	Урожайность культур, т/га зерна			Среднее, тыс. зерн. ед./га
	яровой ячмень, 2017 г.	подсолнечник, 2018 г.	яровая пшеница, 2019 г.	
1	2,29	2,67	0,63	2,28
2	2,34	2,79	0,63	2,36
3	2,55	2,77	0,70	2,35
4	2,72	3,05	0,70	2,63
5	2,84	3,12	0,75	2,73
6	3,31	3,12	0,73	2,88
7	3,27	3,13	0,80	2,89
8	3,23	3,12	0,77	2,89
9	3,46	3,17	0,80	2,97
10	3,48	3,25	0,81	3,02
11	3,61	3,06	0,82	2,98
12	3,70	3,20	0,85	3,08
13	3,81	3,24	0,85	3,14
14	3,93	3,45	0,83	3,28
$НСР_{05}$	0,24	0,17	0,08	0,19

при возделывании ярового ячменя и подсолнечника. Чистый доход от удобрений увеличивался на этих культурах на 504,3...3483,4 руб./га. При этом в первом случае высокие экономические показатели получены от внесения аммиачной селитры, во втором – от азофоски.

При возделывании озимой пшеницы применение подкормки аммиачной селитрой способствовало увеличению чистого дохода на 414,8...433,4 руб./га (3,9...4,0 %) При выращивании сои наибольший чистый доход и уровень рентабельности получен в варианте с применением биопрепарата Бионекс Кеми на 63,2...682,1 руб./га и 2,4...7,2 % выше других вариантов. На яровой твёрдой пшенице лучшие экономические показатели получены при совместном использовании инсектицидов и аммиачной селитры.

По результатам опыта на фоне прямого посева отмечена высокая средняя урожайность полевых культур – 2,28...3,28 тыс. зерн. ед./га, которая существенно зависела от применяемых систем удобрений (табл. 4).

Как и в предыдущем опыте, прибавка урожая от применения биопрепаратов в среднем по культурам севооборота была несущественной и составляла 0,07...0,08 тыс. зерн. ед./га (3,1...3,5 %). Увеличение урожайности, главным образом в результате изменения величины этого показателя на яровом ячмене и подсолнечнике, от применения аммиачной селитры составило 0,35...0,45 тыс. зерн. ед./га (15,4...19,7 %), от азофоски – 0,60 тыс. зерн. ед./га (26,3 %). При комплексном применении сложных удобрений с аммиачной селитрой и биопрепаратами урожайность, по сравнению с контролем, увеличивалась на 0,61...1,00 тыс. зерн. ед./га (26,8...43,9 %).

Из анализируемых культур наибольшая прибавка урожая от применения удобрений отмечена при возделывании ярового ячменя в благоприятный по погодным условиям 2017 г. Увеличение урожайности зерна от обработки посевов биопрепаратами здесь составило 0,05...0,26 т/га (2,2...11,4 %), от применения аммиачной селитры – 0,43...0,55 т/га (18,8...24,0 %), от сложных минеральных удобрений – 1,02...1,64 т/га (44,5...71,6 %).

В 2018 г. при возделывании подсолнечника прибавка от применения биопрепаратов была несущественной и составила 0,10...0,12 т/га маслосемян (3,7...4,5 %). При применении минеральных удобрений увеличение урожайности было существенным и математически доказуемым на 0,38...0,45 т/га (14,2...16,9 %). Наибольшая в этом году урожайность маслосемян подсолнечника получена при совместном применении минеральных удобрений и биопрепаратов – 3,12...3,45 т/га, при максимальных значениях в варианте $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{30} перед посевом + Борогум (вариант 14).

В острозасушливом 2019 г. урожайность яровой мягкой пшеницы была невысокой и составила 0,63...0,85 т/га зерна. Применение аммиачной селитры и последействие сложных удобрений в результате изменения элементов структуры урожая обеспечило существенное увеличение выхода зерна на 0,10...0,22 т/га (15,9...34,9 %).

При анализе экономической эффективности благодаря изменению показателей на яровом ячмене и подсолнечнике дополнительные затраты на применение всех удобрений окупились прибавкой урожая (табл. 5).

Наибольший чистый доход установлен при применении сложных удобрений под ячмень и подсолнечник, совместном использовании их с Гуми-20 М (Богатый) и с аммиачной селитрой и биактивированных удобрений Бионекс Кеми и Борогум (6-й, 8-й и 14-й варианты) – 18937...19590 руб./га, что на 245...1443 руб./га (1,3...8,0 %) было больше, чем в остальных вариантах с применением сложных удобрений. По сравнению с делянками, где вносили аммиачную селитру в чистом виде и в сочетании с биопрепаратами, величина этого показателя возрастала на 1788...2706 руб./га (10,4...16,0 %). Наименьший чистый доход отмечен в контроле и вариантах с применением биопрепаратов – на 3121...4817 руб./га (19,7...32,6 %) меньше, чем в лучших вариантах.

5. Эффективность возделывания полевых культур в пропашном звене севооборота в расчете на 1 га севооборотной площади (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Стоимость продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %
1	23420	8647	14773	171
2	24210	9171	15039	164
3	24990	9174	15816	172
4	26993	10109	16884	167
5	27910	10761	17149	159
6	29247	10100	19147	190
7	29437	10745	18692	174
8	29153	10216	18937	185
9	30220	11775	18445	157
10	30743	12421	18332	148
11	30157	12010	18147	151
12	31283	12662	18621	147
13	31827	13471	18356	136
14	33233	13643	19590	144

Наибольшая окупаемость затрат при применении удобрений установлена при применении сложных удобрений под ячмень и подсолнечник и совместного использования их с биопрепаратами (6-й...8-й варианты), где рентабельность составила 174...190 %.

Самая высокая экономическая эффективность установлена при возделывании подсолнечника. Наибольший чистый доход выявлен при максимальном уровне интенсификации $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N_{30} + Борогум – 38376,9 руб./га, что было на 1047...5070 руб./га (2,8...15,2 %) выше, чем при других изучаемых системах удобрений. При анализе окупаемости затрат наибольшие значения установлены в вариантах 2-й и 3-й, где применяли биопрепараты Гуми-20М (Богатый) и Борогум – 4,00...4,02 руб./руб., что на 0,07 руб./руб. больше контроля и на 0,03...0,88 руб./руб. значений в других вариантах.

При возделывании яровой пшеницы, несмотря на существенное увеличение урожайности (в процентном выражении) при применении средств интенсификации дополнительные затраты на применение удобрений не окупались стоимостью прибавки урожая. Чистый доход получен только в варианте 7-ом с последействием сложных удобрений и биопрепаратов – 405,6 руб./га, при уровне рентабельности 5,0 %.

Наименьший убыток при применении удобрений получен в варианте 9-ом (N_{30} перед посевом + последействие $N_{30}P_{30}K_{30}$) – -445,9 руб./га.

Таким образом, прибавка урожая от применения биопрепаратов была несущественной, составляя в зернопаропропашном севообороте за 2011–2018 гг. 0,13 тыс. зерн. ед./га (7,8 %), а в пропашном звене в среднем за 2017–2019 гг. – 0,07...0,08 тыс. зерн. ед./га (3,1...3,5 %). Применение минеральных удобрений и средств защиты растений увеличивало среднюю продуктивность зернопаропропашного севооборота на 0,22...0,38 тыс. зерн. ед./га (13,3...22,9 %), а пропашного звена – на 0,35...1,00 тыс. зерн. ед./га (15,4...43,9 %).

Наиболее отзывчивым на применение аммиачной селитры оказался яровой ячмень, а азофоски – подсолнечник, обеспечившие увеличение урожайности зерна и маслосемян на 0,30 т/га (14,2 %) и 0,24...0,35 т/га (13,2...19,2 %) соответственно. Урожайность культур севооборота находилась в тесной обратной зависимости от температуры воздуха в июне.

Наибольший чистый доход в зернопаропропашном севообороте (8448

руб./га) получен при комплексном применении удобрений и средств защиты растений, а в пропашном звене (18937…19590 руб./га) – при использовании сложных удобрений в чистом виде и в сочетании с биопрепаратами и аммиачной селитрой.

По результатам исследований при интегрированной защите культур в зональных севооборотах, внесении измельченной соломы и ПКО для получения высоких экономических показателей предлагаются следующие системы удобрений для чернозёмной степи Поволжья: весенняя подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой (N_{30}); в вегетацию сои обработка Бионекс Кеми; при возделывании ячменя внесение перед посевом аммиачной селитры (N_{30}); при возделывании подсолнечника внесение осенью сложных удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$, весной перед посевом – аммиачной селитры N_{30}, в фазе 5…6 пар настоящих листьев – обработка Борогумом; при возделывании яровой твёрдой пшеницы внесение перед посевом аммиачной селитры (N_{30}); при возделывании мягкой пшеницы обработка в фазе кущения Гуми-20М (Богатый), колошения – Бионекс Кеми.

Литература.

1. Жученко А. А. Проблемы ресурсосбережения в процессах интенсификации сельскохозяйственного производства // Проблемы адаптивной интенсификации земледелия в Среднем Поволжье: сб. науч. тр., посвящ. 135-летию со дня рождения Н. М. Тулайкова. Самара: ГНУ Самарский НИИСХ, 2012. С. 8–33.

2. Корчагин В. А., Горянин О. И., Новиков В. Г. Прямой посев яровой мягкой пшеницы в степных районах Среднего Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 8. С.17–19.

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

4. Экономическая эффективность технологий No-till в засушливой зоне Ставропольского края / В. К. Дридигер, А. Ф. Невечеря, И. Д. Токарев и др. // Земледелие. 2017. № 3. С. 16–19.

5. Scientific bases of stabilization of humus in ordinary chernozem in Russia / O. I. Goryanin, A. P. Chichkin, B. Z. Dzhangabaev, et al. // Polish Journal of Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 1. P. 113–128. DOI: 17951/pjss/2019.52.1.113.

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

7. Влияние технологии No-till на экологическое состояние черноземов южных Ростовской области / К. Ш. Казеев, Г. В. Мокриков, Ю. В. Акименко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 7–11. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10101.

8. Long-term tillage and cropping system effects on chemical and biochemical characteristics of soil organic matter in a Mediterranean environment / V. A. Laudicina, A. Novara, V. Barbera, et al. // Land Degrad. Develop. 2012 No. 6. P. 45–63. Doi.org/10.1002/ldr.2293.

9. Кислов А.В., Глинушкин А.П., Кащеев А.В. Агроэкологические основы повышения устойчивости земледелия в степной зоне // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 9-13.

10. Long-term no tillage effects on particulate and mineral associated soil organic matter under rainfed Mediterranean conditions / N. Blanco-Moure, R. Gracia, A. Bielsa, et al. // Soil Use Manage. 2013. No. 29. P. 250–259. Doi.org/10.1111/sum.12039.

11. Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California's San Joaquin Valley, USA / J. P. Mitchell, A. Shrestha, K. Mathesius, et al. // Soil and Tillage Research. 2016. Vol. 165. P. 325–335.

12. Комиссаров М.А., Клик А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии // Почвоведение. 2020. № 4. С. 473-482.

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

14. Эффективность применения минеральных, микробиологических удобрений и удобрений на основе гуминовых кислот в качестве некорневой подкормки с целью повышения урожайности и качества продукции зерновых и масличных культур: практические рекомендации / С. С. Деревягин, Т. М. Ярошенко, Н. И. Стрижков и др. Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2018. 14 с.

15. Оценка результатов мониторинга содержания и баланса гумуса в длительных опытах геосети / В. Г. Сычёв, Л. К. Шевцова, Г. Е. Мёрзлая и др. // Плодородие. 2017. № 6 (99). С.28–30.

16. Чекмарёв П. А., Обущенко С. В., Троц Н. М. Влияние системного применения минеральных удобрений на содержание гумуса в чернозёме обыкновенном // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С.32–34.

17. Черемисин А.И., Кумпан В.Н. Изучения влияния применения биопрепаратов и стимуляторов роста на полезную микрофлору и продуктивность картофеля // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 4 (51). С. 91-95.

18. Пронин В. М, Прокопенко В. А. Технико-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологий по критерию часовых эксплуатационных затрат. М.: ООО «Столичная типография», 2008. 162 с.

19. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах степной зоны Саратовского Поволжья в условиях аридного климата / М. П. Чуб, В. В. Пронько, Т. М. Ярошенко и др. // Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2014. Вып. 15. 56 с.

Efficiency of fertilizer application under arid conditions of the Volga region

O. I. Goryanin, S. V. Obushchenko, B. Zh. Dzhangabaev, E. V. Shcherbinina, E. V. Pronovich
Tulajkov Samara research Institute of agriculture, Samara Federal research center of the Russian Academy of Sciences, ul. K. Marksa, 41, pos. Bezenchuk, Bezenchukskii r-n, Samarskaya obl., 446254, Russian Federation

Abstract. *Studies aimed to identify the efficiency of fertilizers in resource-saving technologies for field crop cultivation in ordinary chernozem. They were carried out in 2011–2019 in the Samara trans-Volga region. The hydrothermal coefficient (HTC) for May-August in these years was 0.42–0.94; in 2017 the conditions for the growth and development of crops were favourable. In other years, the HTC was at the level of long-term average values or below them. We examined four resource-saving technologies with various elements of intensification in a grain-fallow-row crop rotation (bare fallow, winter wheat, soybean, spring durum wheat, barley, sunflower). The average increase from the use of biological preparations was insignificant – 0.13 thousand cereal units (CU) per hectare (7.8%). A rise from mineral fertilizers application and their complex action with plant protection mean was mathematically provable – 0.22–0.38 thousand CU/ha (13.3–22.9%). Among the analysed crops, the greatest responsiveness to the use of mineral fertilizers was characteristic for sunflower and spring barley, the increase in the yield of which was 0.24–0.35 t/ha (13.2–19.2%). The maximum net income in the crop rotation was 8163.8 rubles/ha, which was detected with the complex application of fertilizers and integrated plant protection. In the row crop rotation link (barley, sunflower, spring wheat) with direct sowing of field crops, the increase from the application of biological preparations was 0.07–0.08 thousand CU/ha on average over 2017–2019. For the application of ammonium nitrate this value was equal to 0.35–0.45 thousand CU/ha (15.4–19.7%), for azophoska – 0.61–1.00 thousand CU/ha (26.8–43.9%). The highest net income and profitability were established when using complex fertilizers in combination with ammonium nitrate and biological preparations.*

Keywords: *fertilizers; field crops; productivity; economic efficiency.*

Author Details: *O. I. Goryanin, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: gorjanin.oleg@mail.ru); S. V. Obushchenko, D. Sc. (Agr.), science advisor; B. Zh. Dzhangabaev, senior research fellow; E. V. Shcherbinina, junior research fellow; E. V. Pronovich, research fellow.*

For citation: *Goryanin OI, Obushchenko SV, Dzhangabaev BZh, et al. [Efficiency of fertilizer application under arid conditions of the Volga region]. Zemledelie. 2020. (8):29-33. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10806.*

Высокопродуктивные гибриды сахарной свеклы МарибоХиллесхог

ООО «МарибоХиллесхог» – поставщик семян гибридов сахарной свеклы материнской компании MariboHilleshog ApS в Росии. Компания представляет на рынке продукты двух брендов датского производства – Марибо и Хиллесхог. Портфели гибридов довольно разнообразны и сформированы с учетом запросов наших клиентов, дабы отвечать актуальным требованиям свеклосеющих хозяйств в России. За более чем 100-летнюю историю существования Марибо и Хиллесхог добились впечатляющих результатов в селекции и производстве семян сахарной свеклы. Гибриды Марибо и Хиллесхог отличаются высокой урожайностью, прекрасными показателями сахаристости, комплексной устойчивостью к болезням и технологичностью при уборке. Все это помогает нашим клиентам добиваться отличных результатов в полях.

Одним из наших ключевых партнеров является ГУСП совхоз «Алексеевский» Республики Башкортостан – современное, крупное, многопрофильноеаграрно-промышленное предприятие, в структуре которого имеется: тепличный комбинат по производству овощей защищенного грунта, цех открытого грунта по зернопроизводству, производству овощей, цех кормопроизводства, комплекс по хранению и упаковке овощей, молочно-племенная ферма, цех переработки молока, комбикормовый завод, мельничный комплекс и хлебопекарня, автотракторный цех, лаборатория шмелей, биолаборатория, агрохимлаборатория, лаборатория качества зерна и комбикормов, лаборатория качества молочных продуктов.

Предприятие является крупным поставщиком сельскохозяйственной продукции защищенного грунта, зеленых культуры в горшочках, овощей открытого грунта и картофеля, молочной продукции, мукомольной продукции, хлебобулочных изделий. «Алексеевский» – основной поставщик витаминной продукции в города и районы Республики Башкортостан. Также у предприятия имеется собственная торговая сеть.

Последние 4 года совхоз начал заниматься производством сахарной свеклы, располагая для этого всем необходимым комплексом СХМ. Для посева используются высокопродуктивные гибриды «Зенит» и «Армеса» компании «МарибоХиллесхог», поставщиком которых в Республике Башкортостан является ООО «НПС-Агро».

Средняя урожайность гибридов МарибоХиллесхог, по итогам 2019 года составила 450-550 ц/га в зачетном весе. Произведенное сырье сдается на давальческой основе в ООО «Раевсахар» для дальнейшей переработки в сахарный песок, жом и патоку.

Затем сахарный песок реализуется через собственные фирменные магазины ГУСП совхоз «Алексеевский» РБ.

Особенно хотелось бы отметить, что в 2020 году по результатам контрольной копки, урожайность гибрида «Зенит» составила 785 ц/га, а биологическая урожайность на отдельных участках достигала 960 ц/га у гибрида «Зенит» и 1010 ц/га. у гибрида «Армеса», что является рекордным показателем за весь период возделывания свеклы в регионе.

HILLESHÖG®
MARIBO®
your partner in sugar beet...
ГИБРИДЫ
САХАРНОЙ
СВЕКЛЫ
www.maribohilleshog.com

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10807
УДК 631.527:633.1

Новые сорта зерновых культур как результат научной кооперации

А. Я. АЙДИЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом (e-mail: kniiapp@mail.ru)
В. Т. НОВИКОВА, старший научный сотрудник, зав. лабораторией
А. А. ЕМЕЛЬЯНОВА, старший научный сотрудник
Е. В. ЛОГВИНОВА, научный сотрудник
С. А. ДУГИНА, младший научный сотрудник
Курский Федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения и выделения новых селекционно ценных генотипов из гибридных популяций оригинаторов («Московский Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко», «Федеральный Ростовский аграрный научный центр») с последующим созданием на их основе новых совместных сортов зерновых культур, адаптированных к почвенно-климатическим условиям Центрально-Черноземного региона. Работу выполняли в 2014–2020 гг. в Курской области. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом типичным тяжелосуглинистым. Предшественниками для различных зерновых культур были занятый и чистый пар. Урожайность нового сорта озимой тритикале Трудяга варьировала от 7,84 до 11,43 т/га; Богуслава – от 9,38 до 11,68 т/га, у стандартного сорта Тальва 100 она составляла 6,59 т/га. Средняя за годы исследования урожайность сорта озимой мягкой пшеницы Куряночка находилась на уровне 7,36 т/га, превышая стандарт Льговская 4 на 0,42 т/га. В 2020 г. внесен в Государственный реестр новый сорт голозерного овса Немчиновский 61 – более ценный в пищевом и кормовом отношении из-за отсутствия пленок, по сравнению со стандартом пленчатым овсом Борец. По урожайности Немчиновский 61 уступил стандарту в среднем на 14,9 %, при допустимых 20…25 %. Выведение сортов на кооперативной основе позволяет расширить ареал распространения гибридных популяций селекционных центров благодаря использованию их генетического материала для создания новых сортов в других почвенно-климатических регионах.

Ключевые слова: *экологическая селекция, озимая тритикале (Triticale), овес (Avena sativa L.), озимая мягкая пшеница (Triticum aestivum L.), урожайность и качество зерна.*

Для цитирования: *Новые сорта зерновых культур как результат научной кооперации / А. Я. Айдиев, В. Т. Новикова, А. А. Емельянова и др. // Земледелие. 2020. № 8. С. 36–39. doi:10.24411/0044-3913-2020-10807.*

Создание новых сортов – один из главных факторов увеличения урожайности зерновых культур [1]. При проявляющейся тенденции потепления климата возникает необходимость в адаптивных сортах и совершенствования их технологий возделывания [2, 3]. Курский федеральный аграрный научный центр (ФАНЦ) ведет многолетние совместные исследования на основе научной кооперации с ведущими селекционными центрами России и зарубежья с целью создания новых высокоурожайных сортов для условий Центрально-Черноземной зоны, отличающейся значительной изменчивостью климата, неоднородным почвенным покровом и применением различных технологий возделывания зерновых культур.

В основу селекции зерновых культур в Курском ФАНЦ заложен экологический принцип, заключающийся в использовании совокупности приемов и методов, обеспечивающих создание сортов и гибридов с устойчивой продуктивностью в условиях региона возделывания [4]. Сущность экологической селекции состоит в организации и использовании контрастных дифференцирующих экологических факторов среды для отбора и последующего испытания ценных адаптированных генотипов из гибридных популяций, созданных в различных почвенно-климатических условиях [4, 5].

Экологический принцип – высокоэффективный, менее затратный, по сравнению с изучением исходного селекционного материала, подбором и скрещиванием родительских пар, отборами в гибридных питомниках. Его использование позволяет выделить формы и сорта, сочетающие высокую продуктивность с устойчивостью к неблагоприятным факторам среды [6, 7].

Каким бы большим не был гибридный пул селекционера, в случае испытания его в одной экологической нише существенного сдвига для трансгрессивной селекции не получится. Селекционеры умело использовали эти биологические закономерности, то есть испытывали разнообразный видовой, сортовой, гибридный и селекционный материал в различных экологических зонах для выведения новых устойчивых генотипов [8, 9, 10].

Цель исследования – изучение и выделение новых селекционно ценных генотипов из гибридных популяций оригинатора и создание, на их основе, новых совместных сортов зерновых культур, сочетающих высокую продуктивность, устойчивость к неблагоприятным факторам почвенно-климатических условий Центрально-Черноземного региона.

Работу выполняли в лаборатории экологической селекции Курского ФАНЦ. Материалом для исследования служили созданные селекцентрами линии озимой мягкой пшеницы, озимой тритикале, голозерного овса. В 2012–2020 гг. стандартами выбраны сорта зерновых культур, рекомендованные филиалом ФГБУ «Госсортокомиссия» по Курской области: озимая тритикале – сорт Тальва 100, озимая пшеница – Льговская 4, овес – Борец. Стандартами у оригинаторов были также сорта, рекомендованные в их регионах возделывания: в Ростовском ФАНЦ конкурсное сортоиспытание проводили по гороху и чистому пару, стандарт озимой тритикале – сорт Каприз, озимой мягкой пшеницы – Донстар; в Национальном центре зерна им. П. П. Лукьяненко в 2012–2013 гг. стандарт озимой тритикале – сорт Валентин 90; в ФИЦ «Немчиновка» стандарт овса – сорт Вятский.

Экологическую селекцию в Курском ФАНЦ осуществляли следующим образом: селекционные центры «Московский Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко», «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» выполняли скрещивания, создавали и размножали гибридные популяции, изучали и проводили отборы в своих почвенно-климатических и технологических условиях. Курский ФАНЦ получал от них гибридные попу-

1. Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову в весенне-летний период вегетации зерновых культур (2014–2019 гг.)

Год	ГТК				Условия увлажнения за период
	май	июнь	июль	среднее	
2014	1,4	2,2	0,7	1,4	влажный
2015	0,3	1,7	1,0	1,0	слабозасушливый
2016	1,7	1,3	1,2	1,4	влажный
2017	1,0	1,9	1,9	1,6	высоко влажный
2018	0,8	0,8	2,7	1,4	влажный
2019	1,6	0,4	0,9	0,9	слабо засушливый
Среднемноголетнее (за 1995–2015 гг.)	1,0	1,3	1,2	1,2	умеренно влажный

ляции и проводил селекционную работу в местных условиях. В зависимости от количества семян селекционный материал высевали в гибридных, селекционных, контрольных питомниках и в конкурсном сортоиспытании.

Посев питомников отбора осуществляли широкорядно кассетной и колосовой сеялками. Посев селекционных, контрольных питомников и конкурсного сортоиспытания – сеялкой СКС-6-10 нормой высева 5 млн всхожих семян/га. Учетная площадь делянки в контрольном и конкурсном питомниках – 5 и 10 м^2, повторность – трех- и шестикратная соответственно. Проводили фенологические наблюдения, учет поражения болезнями, оценивали перезимовку и устойчивость к полеганию по методикам Государственного испытания сельскохозяйственных культур (*М.: Наука, 1989*). Лучшие отобранные линии, по согласованию с селекционными центрами, передавали на Государственное сортоиспытание.

В испытаниях в Курском ФАНЦ предшественником для различных культур был занятой и чистый пар. Почва опытного участка – чернозем типичный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном горизонте 6,1 %, подвижного фосфора P_2O_5 (по Чирикову) – 15,6 мг/100 г почвы, обменного калия K_2O (по Масловой) – 14,5 мг/100 г почвы. Кислотность солевой вытяжки нейтральная – 6,6…7,0 ед. pH.

Обработка почвы – осенняя вспашка, закрытие влаги весной, предпосевная культивация с боронованием. Минеральные удобрения под озимую пшеницу и тритикале вносили под основную обработку почвы в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$, ранне-весеннюю подкормку (N_{50}) проводили после схода снежного покрова аммиачной селитрой.

Под яровые культуры удобрения вносили под культивацию в дозе N_{50}. Проводили защиту от сорняков в фазе кущения препаратами Флорос (0,6 л/га), Гренадор (15 г/га), Микрофид Проте (100 г/га). Обработку фунгицидами и ретардантами не проводили с целью отбора селекционных линий устойчивых к болезням и полеганию.

Уборку урожая выполняли селекционным комбайном Сампо-130. Достоверность полученных результатов оценивали с помощью дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (*М.: Колос*, 1979).

Метеоусловия в годы исследований в Курской области различались. Весенне-летний сезон 2014 г. был благоприятным для роста и развития озимой пшеницы и тритикале и протекал в условиях высокой влагообеспеченности, что способствовало интенсивному росту растений и формированию высокой урожайности. Погодные условия 2015 г. были менее благоприятными для озимых культур. Возобновление вегетации началось в третьей декаде марта, что на 2 недели раньше средних многолетних сроков. Весенний период характеризовался сухой и жаркой погодой, при этом ГТК составил в мае 0,3, а температурный режим превышал многолетнюю норму на 4,0 ^{0}С. Метеоусловия 2016 г. характеризовались умеренным температурным режимом и обильными осадками в мае и июне. Развитие зерновых культур опережало средние многолетние сроки на 9…10 дней. Условия для налива созревания зерна для озимых культур были хорошие (табл. 1).

В весенне-летний сезон 2017 г. вегетация озимой пшеницы протекала на фоне высокой влагообеспеченности, при этом в мае–июле ГТК составил 1,0…1,9. В 2018 г. вегетация растений проходила при повышенных температурах и дефиците влаги (ГТК в мае–июне составил 0,8). Обильные осадки в конце второй и третьей декаде июля способствовали прорастанию зерна в колосе, что отрицательно сказалось на качестве урожая. В 2019 г. отмечали дождливый и теплый май (ГТК = 1,60), засушливый июнь и июль (ГТК = 0,4…0,9) и холодный июль. В целом, весенне-летний период оказался неблагоприятным для формирования высокого урожая, как озимых, так и яровых зерновых культур.

В результате научной кооперации Курского ФАНЦ с другими учреждениями в 2019–2020 гг. включены в Государственный реестр селекционных достижений совместные сорта озимой тритикале Трудяга («Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко) и Богуслав (Федеральный Ростовский аграрный научный центр), голозерного овса Немчиновский 61 (Московский ФИЦ «Немчиновка»). Передан на Государственное сортоиспытание новый сорт озимой мягкой пшеницы Куряночка 19, созданный совместно с Федеральным Ростовским аграрным научным центром.

Их испытание проводили в 2014–2019 гг. в селекционных центрах и в лаборатории экологической селекции Курского ФАНЦ. Новый сорт озимой тритикале Трудяга создан методом межсортовой гибридизации в пределах рода *Triticale* и однократным индивидуальном отбором в гибридной популяции (Зимогор × 96-54т53-17) × 97-48т71 в Национальном центре зерна им. П. П. Лукьяненко. В 2014 г. селекционный номер 07-126т26 передан для экологического испытания в Курский ФАНЦ. Его урожайность в условиях Курской области в 2014–2016 г. варьировала от 7,84 до 11,43 т/га и была выше стандартна Тальва 100 на 1,62…4,29 т/га (табл. 2).

Сорт Трудяга среднепоздний, высокорослый, высота растения в благоприятных условиях достигала 138 см. Зерно очень крупное, масса 1000 зерен – до 58,5 г, содержание белка варьировало от 12 до 15 % (табл. 3). Морозостойкость – на уровне стандарта сорта Валентин 90. При искусственном промораживании средняя зимостойкость растений за 2012–2014 гг. составила 63,9 %, при величине этого показателя у стандарта 64,5 %. Сорт Трудяга на фоне искусственного заражения обладает иммунностью к желтой ржавчине, мучнистой росе, пыльной головне. Высоко устойчив к твердой головне, устойчив к септориозу, умеренно восприимчив к бурой ржавчи-

2. Урожайность новых сортов озимой тритикале, созданных в результате экологической селекции, в конкурсном сортоиспытании, т/га

Сорт	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко						
Валентин 90 (St.)	4,74	8,54	6,93	–	–	6,75
Трудяга	4,62	9,81	8,48	–	–	7,63
$НСР_{05}$	0,37	0,45	0,5	–	–	
Федеральный Ростовский аграрный научный центр						
Каприз (St.)	–	–	5,9	5,8	10,0	7,25
Богуслав	–	–	8,64	7,3	1,1	8,98
$НСР_{05}$	–	–	0,5	0,47	0,62	
Курский Федеральный аграрный научный центр						
Тальва 100 (St.)	–	–	7,14	6,91	6,26	7,02
Трудяга	–	–	11,43	9,57	7,84	9,61
Богуслав	–	–	11,68	8,34	9,38	9,81
$НСР_{05}$	–	–	0,42	0,36	0,45	

3. Оценка сортов озимой тритикале по селекционно-ценным признакам в конкурсном сортоиспытании Курского ФАНЦ

Год	Сорт	Вегетационный период, сут	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см	Продуктивная кустистость	Масса 1000 зерен, г	Содержание сырого протеина, %
2014	Тальва 100 (St.)	300	5	141	2,6	42,9	13,5
	Трудяга	300	8	130	3,0	48,9	12,7
	Богуслав	300	9	95	3,3	43,7	15,5
2015	Тальва 100 (St.)	303	5	139	2,2	47,2	13,8
	Трудяга	303	9	107	2,0	58,5	12,1
	Богуслав	303	9	100	2,4	40,5	14,8
2016	Тальва 100 (St.)	307	5	143	2,7	40,4	12,1
	Трудяга	309	7	138	3,4	45,1	15,1
	Богуслав	309	9	98	3,1	42,1	12,0

не и фузариозу колоса. В связи с восприимчивостью к фузариозу колоса, посев по кукурузе на зерно запрещен в зонах с повышенной увлажненностью.

Относится к группе сортов с высокой зерновой продуктивностью. Пригоден для использования на зернофураж. В продовольственных целях может использоваться на выпечку печенья и хлеба по ржаной технологии, приготовлении спирта [1].

Содержание белка в зерне у этого сорта находится на уровне 12,0…15,5 %, он может быть использован в хлебопекарной, кондитерской и комбикормовой промышленности. Сорт Богуслав характеризуется высокой устойчивостью к повреждению злаковой мухой, не поражается вирусной карликовостью. В условиях искусственного инфекционного фона (2014–2016 гг.) он не поражался желтой ржавчиной, слабо поражался

4. Урожайность нового сорта ярового голозерного овса Немчиновский 61 в конкурсном сортоиспытании, т/га

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
Московский Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»				
Вятский (St.)	4,12	3,49	4,05	3,89
Немчиновский 61	4,03	2,60	3,88	3,50
$НСР_{05}$	0,34	0,19	0,30	
Курский Федеральный аграрный научный центр				
Борец (St.)	3,58	2,93	3,26	3,25
Немчиновский 61	2,23	2,10	3,90	2,74
$НСР_{05}$	0,20	0,30	0,23	

Совместный сорт Трудяга внесен в Государственный реестр селекционных достижений в 2019 г. по Центрально-Черноземному(5) и Северо-Кавказскому (6) регионам РФ.

Новый сорт озимой тритикале Богуслав создан путем двукратного отбора из гибридной популяции 2800/04. Союз × (ТИ 17 × Престо)/Pinokio в Федеральном Ростовском аграрном научном центре. В 2014 г. селекционный номер 3144/12 передан для экологического испытания в Курский ФАНЦ. За годы испытаний (2014–2016 гг.) высота соломины этого сорта не превышала 90…100 см (стандарт Тальва 100 – 139…143 см). Устойчивость к полеганию – высокая, 9 баллов (у стандарта – 5 баллов), масса1000 зерен – 40…44 г (у стандарта – 40…47 г).

Потенциал продуктивности сорта Богуслав – более 10,0 т/га. В среднем за 2014–2016 гг. сбор зерна нового сорта в Ростовской области по предшественнику пар достиг 8,98 т/га, что на 1,73 т/га больше, чем у стандарта Каприз. Прибавка урожая по предшественнику горох составила 0,95 т/га. Средняя урожайность в испытаниях Курского ФАНЦ за 2014–2016 гг. по пару составила 9,81 т/га, или на 2,81 т/га выше стандарта Тальва 100. Максимальный сбор зерна зафиксирован в 2014 г. – 11,68 т/га.

бурой и стеблевой ржавчиной (1…3 %), характеризовался полевой устойчивостью и пиренофорозу, слабо поражался корневыми гнилями (7…18 %). В годы испытаний новый сорт не поражался мучнистой росой, пыльной и твердой головней, был слабо восприимчив к снежной плесени, вирусной и бактериальной пятнистости, фузариозам.

Также этот сорт характеризовался высоким уровнем морозозимостойкости. За годы исследований при промораживании в камере КНТ-1М при 20 °С, зимостойкость растений варьировала от 82 до 89 %, при величине этого показателя у стандарта 68…80 %.

Выделяется, по сравнению со стандартом Каприз, высокой отзывчивостью, как на основное внесение минеральных удобрений, так и на внекорневые азотные подкормки. Высокую урожайность формирует при посеве на протяжении всех оптимальных сроков, кроме самых ранних [11].

Сорт озимой тритикале Богуслав в 2020 г. внесен в Государственный реестр и допущен к использованию по Северо-Западному (2), Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Центрально-Черноземному (5), Средневолжскому (7), Нижневолжскому (8), Уральскому (9) регионам РФ.

Новый сорт ярового голозерного овса Немчиновский 61 создан путем сложной ступенчатой гибридизации с последующим индивидуальным отбором с участием образцов крестьянский местный (Красноярский край), WZ-437 (Нидерланды), Астор (Нидерланды), Pantev (Нидерланды), Putnam 61 (США), Sorbo(Швеция). В 2015 г. селекционный номер 61h2364 передан для экологического сортоиспытания в Курский ФАНЦ.

Урожайность сорта Немчиновский 61 в Московском ФИЦ «Немчиновка» варьировала от 2,60 до 4,03 т/га (табл. 4).

В Курском ФАНЦ сбор зерна этого сорта находился в пределах от 2,10 до 3,90 т/га при средней величине этого показателя 2,74 т/га, что ниже стандартного пленчатого сорта овса Борец на 0,51 т/га. Однако в пищевом и кормовом отношении голозерный овес более ценен [12, 13, 14].

Согласно результатам конкурсного сортоиспытания в Курском ФАНЦ в 2015–2017 гг. масса 1000 зерен у нового сорта составила 22…33 г, продуктивная кустистость – 2,0…3,5 стеблей, высота растений – 72…95 см, устойчив к полеганию, продолжительность вегетационного периода – 82…92 сут. Рекомендован для использования в пищевой и комбикормовой промышленности. Сорт голозерного овса Немчиновский 61 внесен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию в 2020 г. по Северо-Западному (2), Центральному (3) и Центрально-Черноземному (5) регионам РФ.

Сорт озимой мягкой пшеницы Куряночка 19 создан путем скрещивания [Камея (Селянка × Дон 95) × (Мартон Вашари 12 × Тарасовскую 87)] и индивидуального отбора в F_2, F_4, F_6 в Федеральном Ростовском аграрном центре. В 2017 г. селекционный номер 1535/14 был передан для экологического испытания в Курский ФАНЦ.

Урожайность нового сорта Куряночка 19 варьировала от 5,86 до 8,84 т/га. В среднем за три года изучения в конкурсном сортоиспытании она составила 7,36 т/га, что выше стандарта Льговская 4 на 0,42 т/га (табл. 5).

На снижение урожайности озимой пшеницы в 2019 г. повлияли засуш-

5. Урожайность озимой мягкой пшеницы сорта Куряночка 19 в конкурсном испытании, т/га

Сорт	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средняя
Льговская 4 (St.)	8,13	7,08	5,63	6,94
Куряночка 19	8,84	7,39	5,86	7,36
$НСР_{05}$	0,20	0,15	0,19	

6. Оценка сорта озимой мягкой пшеницы Куряночка 19 по селекционно-ценным признакам в конкурсном испытании Курского ФАНЦ

Год	Сорт	Продолжительность вегетационного периода, сут	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см	Продуктивная кустистость	Масса 1000 зерен, г	Зимостойкость в полевых условиях, %
2017	Куряночка 19	309	9	88	4,7	48,7	80
	Льговская 4 (St.)	309	8	88	4,4	48,6	80
2018	Куряночка 19	297	8	83	2,9	46,2	90
	Льговская 4 (St.)	293	9	92	3,0	47,3	90
2019	Куряночка 19	288	9	85	5,0	40,8	95
	Льговская 4 (St.)	282	8	86	2,6	40,0	95
$НСР_{05}$		5,4	1,2	4,3	2,2	0,7	

ливые погодные условия в период от цветения до созревания – ГТК июня и июля 0,4…0,9. Сорт Куряночка 19 характеризовался стабильной продуктивностью, высокой засухоустойчивостью и морозостойкостью, устойчивостью к полеганию и прорастанию на корню. За годы испытаний новый сорт не уступал стандарту Льговская 4 по массе 1000 зерен, устойчивости к полеганию и полевой зимостойкости. Превышал его по продуктивной кустистости на 0,3 ед. (табл. 6). Рекомендован для испытания в Центрально-Черноземном (5), Северо-Кавказском (6), Средневолжском (7), Нижневолжском (8), Уральском (9) регионах РФ.

Таким образом, за последние годы, в результате научной кооперации, созданы четыре сорта зерновых культур – озимой тритикале Трудяга и Богуслав, озимой мягкой пшеницы Куряночка 19 и голозерного овса Немчиновский 61.

Урожайность зерна сорта озимой тритикале Трудяга, выведенного совместно с Национальным центром зерна им. П.П. Лукьяненко и включенного в Государственный реестр селекционных достижений по 3, 5 регионам РФ, варьировала от 7,84 до 11,43 т/га и была выше стандарта Тальва 100 на 1,62…4,29 т/га. Средняя урожайность сорта озимой тритикале Богуслав, внесенного в 2020 г. в Государственный реестр селекционных достижений по Центрально-Черноземному и другим (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) регионам РФ, созданного совместно с Федеральным Ростовским аграрным научным центром, по пару составила 9,81 т/га, что на 2,81 т/га выше стандарта Тальва 100. Максимальный сбор зерна зафиксирован в 2014 г. в Курском ФАНЦ – 11,68 т/га.

Средняя урожайность перспективного сорта озимой мягкой пшеницы Куряночка 19, переданного в 2019 г. на Государственное сортоиспытание совместно с Федеральным Ростовским аграрным научным центром, за три года изучения составила 7,36 т/га и превышала по величине этого показателя стандарт Льговская 4 на 0,42 т/га.

В 2020 г. внесен в Государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию в Северо-Западном (2), Центральном (3), Центрально-Черноземном(5) регионах новый сорт голозерного овса Немчиновский 61, созданный совместно с Федеральным исследо-вательским центром «Немчиновка».

Литература.

1. Сорта озимой пшеницы и тритикале: каталог / Л. А. Беспалова, А. А. Романенко, И. Н. Кудряшов и др. Краснодар: ЭДВИ, 2020. 176 с.

2. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Озимая пшеница. Ростов-на-Дону: «ОО Издательство Юг», 2007. 534с.

3. Якушев В. П., Михайленко И. М., Драгавцев В. А. Агротехнологические и селекционные резервы повышение урожаев зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. №5. С. 550–560.

4. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Экологическая селекция растений. Минск: Техналогія, 1997. 372 с.

5. Гриб С. И. Опыт организации экологической селекции яровой пшеницы и тритикале в условиях Беларуси и Нечерноземья России на основе научной кооперации / Системы интенсификации земледелия и биотехнологии как основа инновационной модернизации аграрного производства: коллективная монография. Суздаль, Иваново: Пресс 100, 2016. С. 277–282.

6. Новохатин В. В. Обоснование генетического потенциала интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 627–635.

7. Тысленко А. М., Скатова С. Е. Использование экологического принципа в организации селекционного процесса при создании сортов ярового тритикале // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. Вып. 1. С. 98–110.

8. Уразалиев Р. А. Эколого-географическая селекция зерновых культур в Центрально-Азиатском регионе. Алматы: Изд-во ТОО Алейрон, 2015. С. 202–213.

9. Борлоуг Н. Э. «Зеленая революция»: вчера, сегодня и завтра // Экология и жизнь. 2001. №4 (21). 156 с.

10. Неттевич Э. Д. Селекция и семеноводство яровых зерновых культур:Избранные труды. М.: Немчиновка, 2008. С. 46–51.

11. Сорта полевых культур. Каталог / А. И. Клименко, А. И. Грабовец, А. В. Гринько и др. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг»,2020. 168с.

12. Предварительные итоги селекции голозерного овса / А. Д. Кабашев, А. С. Колупаева, Я. Г. Лейбович и др. // Селекция, семеноводство и генетика. 2018. №4. С. 20–24.

13. Дейнес Н. В. Результаты изучения исходного материала овса в условиях Алтайского края // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. Т.178. №4. С. 36–42.

14. Разнообразие культурного овса по хозяйственно ценным признакам и их связь с устойчивостью к фузариозу / И. Г. Лоскутова, Е. В. Блинова, О. П. Гаврилова и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. №3. С. 286–294.

New varieties of cereals as a result of scientific cooperation

A. Ya. Aidiev, V. T. Novikova, A. A. Emel'yanova, E. V. Logvinova, S. A. Dugina
Kursk Federal Agricultural Center, ul. Karla Marksa, 70, Kursk, 305021, Russian, Federation

Abstract. *The studies aimed to examine and isolate new valuable genotypes from hybrid populations of originators ("Moscow Federal Research Center "Nemchinovka", "Lukyanenko National Grain Center", "Federal Rostov Agricultural Scientific Center") with subsequent development of new combined varieties of cereals, adapted to the soil and climatic conditions of the Central Chernozem region. The work was carried out in 2014–2020 in the Kursk region. The soil cover of the test plot was represented by typical heavy loamy chernozem. Seeded and bare fallows were forecrops for different cereals. The yield of new Trudyaga variety of winter triticale varied from 7.84 to 11.43 t/ha; Boguslava – from 9.38 to 11.68 t/ha. For Talva 100 standard the productivity was 6.59 t/ha. For winter common wheat Kuryanochka, the average yield was 7.36 t/ha; the excess over Lgovskaya 4 standard was 0.42 t/ha. The new joint variety of naked oats Nemchinovskiy 61 was included in the State Register of Breeding Achievements in 2020. Compared to standard hulled oats Borets, it is more nutritious and fodder valuable due to the lack of films. In terms of yield, Nemchinovskiy 61 yielded to the standard on average by 14.9%, while a difference of 20–25% is acceptable. Breeding varieties on a cooperative basis makes it possible to expand the distribution area of hybrid populations of breeding centers through the use of their genetic material to develop new varieties in other soil and climatic regions.*

Keywords: *ecological breeding; winter triticale (Triticale); oats (Avena sativa L.); winter common wheat (Triticum aestivum L.); grain yield and quality.*

Author Details: *A. Ya. Aidiev, Cand. Sc. (Agr.), head of division (e-mail: kniiapp@mail.ru); V. T. Novikova, Cand. Sc. (Agr.), head of laboratory; A. A. Emel'yanova, senior research fellow; E. V. Logvinova, research fellow; S. A. Dugina, junior research fellow.*

For citation: *Aidiev AYa, Novikova VT, Emel'yanova AA, et al. [New varieties of cereals as a result of scientific cooperation]. Zemledelie. 2020;(8):36-9. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10807.*

Проект по развитию семеноводства

Компания «Щёлково Агрохим» стремительными темпами реализует на базе ООО ОПХ «Орловское» (Орловская область) селекционно-семеноводческий проект. Помимо создания новых конкурентоспособных сортов озимой пшеницы и сои, не уступающих мировым аналогам по продуктивности и качеству, в рамках проекта будет осуществляться первичное и оригинальное семеноводство (с ежегодным объёмом – не менее 2 тыс. тонн по озимой пшенице и 1,5 тыс. тонн по сое). Общее количество семеноводческой продукции, производимой на базе ОПХ «Орловское», составит 8-10 тыс. тонн элитных и репродукционных семян по сое, а также 5 тыс. тонн семян по зерновым и другим культурам. На эти цели «Щёлково Агрохим» в течение ближайших пяти лет инвестирует полмиллиарда рублей.

Шесть новых сортов озимой пшеницы, а также три сорта сои будут переданы на госиспытания к 2025 году.

Напомним, что проект нацелен на выполнение Госпрограммы развития сельского хозяйства в части селекции и семеноводства.

Значимый проект

Селекционно-семеноводческий проект «Щёлково Агрохим», реализуемый в Орловской области и ориентированный на создание и размножение сортов озимой пшеницы и сои, в компании называют одним из наиболее значимых. Ещё один проект – по созданию новых отечественных сортов сахарной свёклы – реализуется в партнёрстве с ГК «Русагро». По мнению Александра Прянишникова, директора департамента селекции и семеноводства «Щёлково Агрохим», д. с.-х. н., члена-корреспондента РАН, селекционера по озимой пшенице, именно в Орловской области будет формироваться мощнейшее селекционное ядро, которое даст новый толчок развитию производства озимой пшеницы и сои в Центральной России.

Уже два новых сорта озимой пшеницы – Изумруд Дубовицкого и ДФ 2020 – переданы на Госсортоиспытание РФ. Помимо их, к декабрю этого года, дополнительно готовятся документы еще на один сорт, а на следующий год - ещё на два сорта селекции «Щёлково Агрохим» (патентообладатель и оригинатор), их названия пока держатся в секрете.

– Направление в селекции зерновых, которое реализует в рамках нашего проекта Александр Прянишников, совершенно новое, – рассказывает гендиректор компании «Щёлково Агрохим» Салис Каракотов. – Создание ультраранних сортов озимой пшеницы, которые созревают на две недели раньше традиционных сортов, чрезвычайно востребовано. Наши сорта Изумруд Дубовицкого и ДФ 2020 быстро созревают и раньше убираются. Я уверен, они будут востребованы не только в центре России, но и в засушливых регионах, ведь успеют созреть и налиться до наступления июльской жары. Помимо этого, нашей компанией решаются вопросы создания единой технологии выращивания пшеницы для производства системы сортов с различным целевым использованием, разнообразных по назначению, что позволит более полно использовать видовой потенциал культуры.

В Центральной России от всех 16 сортов сои получили урожай более 30 ц/га с высоким содержанием белка

Ещё на один важный ориентир «щёлковской» селекции обратил внимание руководитель компании – на создание карликовых или полукарликовых сортов. Не секрет, что российские аграрии много теряют

Откалиброванные и протравленные семена, подработанные на предприятии, выглядят идеально

На территории ОПХ "Орловское" уже построено 5 складов со стеллажами для хранения

из-за полёглости пшеницы. А вот, например, пшеница сорта Синева не подвержена этому недостатку – у неё мощнейшая солома.

– Древние сорта пшеницы отличаются тем, что солома книзу истончается, – со знанием дела комментирует Салис Каракотов. – А новые сорта имеют первый узел соломины самый мощный, а дальше соломина сужается к концу. Это чрезвычайно важный технологический признак, который мы будем культивировать в наших сортах.

– Аналогичных селекционных центров, с таким техническим оснащением, в России нет, восхищается организацией проекта Александр Прянишников. – Изюминка в том, что компания создает собственные сорта озимой пшеницы. Сегодня уже заложены питомники размножения оригинальных и элитных семян этих сортов. Селекционеры будут создавать сорта, задача семеноводческого кластера – вести первичное семеноводство сортов, размножать их до промышленных объёмов, а после подготовки на семенном заводе – реализовывать.

Что касается сои, то «Щёлково Агрохим» размножает в Орловской области несколько сортов российской селекции (Зуша, Мезенка, Шатиловская 17...), а также белорусской (Волма, Амазонка) и европейской от «Евралис Семанс» (Навигатор, Сенатор, Фавор).

– Соя в этом году «провалилась» на юге, – констатирует генеральный директор «Щёлково Агрохим». – Мы же в Центральной России получили от всех 16 сортов, которые испытали, урожай 30 ц/га и даже чуть выше. И с высоким содержанием белка.

Новые сорта – новые технологии подготовки семян

В настоящее время в ООО ОПХ «Орловское» готовится к сдаче семенной завод с нетравмирующей технологией подготовки семян.

Высокое качество семян – обязательная составляющая современной культуры земледелия. Надо сказать, уровень травмирования семенного материала, подготовленного по старым технологиям, достигает 80-100%! Помимо травм, возникающих в результате механических воздействий (ссадины, надрывы оболочки, внутренние трещины, вмятины и «синяки»), существуют и микротравмы, вызванные деятельностью микроорганизмов и вредителей. В результате усилия селекционеров практически сводятся на нет агрессивной (травмирующей) технологией обработки семенного материала. Всех этих минусов позволяет избегать технология подготовки семян «Щёлково Агрохим». Её принцип – недопущение макро- и микротравмирования семян на всех этапах обработки.

Сущность щадящей подготовки семян исчерпывающе передал руководитель компании «Щёлково Агрохим» всего в нескольких словах: «Никаких шнеков не должно быть!»

– На заводе будет работать высокотехнологичное калибровочное оборудование с нетравмирующей технологией. Не будет ни мятых, ни битых семян! – уверен директор ООО ОПХ «Орловское» Магомед Чадаев. – Оборудование закуплено, в скором времени начнется его установка, и уже в начале следующего года завод заработает. Обрабатывать завод будет 10 тонн семян в час. Кроме того, построено пять складов со стеллажами для хранения. Мы можем принять до 15 тысяч тонн зерна и сои.

Хороших семян можно сеять меньше

«Сей густо – не уродится пусто» – гласит народная пословица. Но генеральный директор «Щёлково Агрохим» Салис Каракотов уверен: эта истина устарела. Нормы высева можно и нужно понижать. С одной оговоркой – при наличии сильных семян. Таких, которые будет выпускать семенной завод компании в Орловской области.

– Наша цель – выпускать семена такого качества, чтобы смело можно было уменьшить норму высева: вместо традиционных 5 млн шт./га сеять всего 1,5 млн шт./га. Мы провели эксперимент: посеяли семенами, подготовленными по стандартной технологии, с традиционной нормой высева и получили около 60 ц/га, а при посеве семенами, подготовленными по щадящей технологии, с меньшей нормой высева получили 62 ц/га. И уровень белка в зерне получился выше. Теперь эту схему посева будем использовать и для ускоренного размножения особо ценных сортов. Секрет в том, что в широкорядных семеноводческих посевах с уменьшенной нормой высева мы наблюдаем высокий коэффициент кущения. В благоприятных условиях растения формируют по 5-10 продуктивных стеблей!

Надо сказать, что в США, Канаде и Австралии широкорядные посевы пшеницы с нормой высева от 1 до 3 млн семян/га весьма распространены. Таким образом, из одного «доброго» зёрнышка может вырасти чуть ли не сноп пшеницы! Итак, до пуска семенного завода «Щёлково Агрохим» остались считанные месяцы. Уверены, это начало новой эры в семеноводстве РФ!

Betaren Agro №10, 2020

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10808
УДК 631.421:631.416: 635.657

Повышение эффективности инсектицидов в посевах нута при использовании гуминовых веществ

Е. А. ПОЛИЕНКО, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: polienkoe468@gmail.com)
О. С. БЕЗУГЛОВА, доктор биологических наук, главный научный сотрудник
А. В. ГРИНЬКО, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: grinko82@mail.ru)
В. А. ЛЫХМАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Е. С. ПАТРИКЕЕВ, аспирант
Федеральный Ростовский аграрный научный центр, ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский р-н, Ростовская обл., 346735, Российская Федерация

Эксперименты по изучению влияния гуминовых препаратов на эффективность инсектицидов проводили в 2016–2019 гг. в Ростовской области. Возделываемая культура – нут (сорт Донплаза), почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Схема опыта включала следующие варианты: контроль (без пестицидов); BIO-Дон-10 (0,3 л/га); Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га); Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га) + BIO-Дон-10 (0,3 л/га); Амплиго, МКС (0,2 л/га); Амплиго, МКС (0,2 л/га) + BIO-Дон-10 (0,3 л/га). По результатам фитосанитарного мониторинга в посевах установлено наличие хлопковой совки (Helicovera armigera Hb) и бобовой тли (Aphis fabae). Против хлопковой совки наиболее эффективным был препарат Амплиго, МКС (0,2 л/га) – снижение поврежденности бобов составило 93,7 %. Эффективность Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га) не превышал 45,0 % в виду выработавшейся устойчивости вредителя к действующему веществу препарата. Против бобовой тли изучаемые препараты показали высокую эффективность – снижение численности вредителя составляло 93,9 и 90,9 % соответственно. Гуминовый препарат BIO-Дон10 на величину этого показателя не повлиял, но позволил увеличить сохраненный урожай в варианте с Амплиго с 46,4 до 56,0 %, с Би-58 Новый – с 29,6 до 40,0 %. В ходе фенологических наблюдений отмечено фитотоксическое действие инсектицидов, но гуминовый препарат как адаптоген обеспечил нормальное развитие растений, провоцируя при этом отрицательную динамику содержания элементов питания. Наиболее эффективным приемом защиты нута от вредных объектов было сочетание гуминового препарата BIO-Дон10 (0,3 л/га) и инсектицида Амплиго, МКС (0,2 л/га). Использование такой композиции позволяет сохранить дополнительно 9,6 % урожая, относительно варианта с Амплиго, и 56,0 % урожая, по сравнению с контролем.

Ключевые слова: *нут (Cicer arietinum), инсектициды, гуминовый препарат, биологическая эффективность, хлопковая совка (Helicoverpa armigera Hb.), бобовая тля (Aphis fabae), урожайность, элементы питания, чернозем обыкновенный.*

Для цитирования: *Повышение эффективности инсектицидов в посевах нута при использовании гуминовых веществ / Е. А. Полиенко, О. С. Безуглова, А. В. Гринько и др. // Земледелие. 2020. № 8. С. 42–47. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10808.*

Зернобобовые культуры занимают в структуре посевных площадей России 8,7 %, что составляет 74 тыс. га [1]. Интерес к нуту, как сельскохозяйственной зернобобовой культуре обусловлен ценностью зерна – высоким содержанием белка, обогащенного незаменимыми аминокислотами, а также высокой технологичностью и засухоустойчивостью этой культуры. Кроме этого, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями бобовые культуры хорошие предшественники [2].

Защита посевов от вредителей – важное условие для сохранения количества и качества сформированного урожая помимо обеспеченности влагой и элементами питания. Нут повреждают различные вредные объекты, среди которых есть как специализированные, питающиеся только бобовыми растениями, так и многоядные виды, повреждающие многие сельскохозяйственные культуры. Основные вредители нута в Ростовской области – хлопковая совка (*Helicovera armigera Hb.*) и бобовая тля (*Aphis fabae*) (рис. 1). Из-за повреждения посевов хлопковой совкой потери урожая могут достигать 100 % [3]. В природно-климатических условиях Ростовской области хлопковая совка, как правило, развивается в одном поколении. Когда среднесуточная температура воздуха и почвы достигает 17…19 °С, начинается вылет имаго перезимовавшего поколения. Он длится около 30 дней. Для следующего этапа развития имаго хлопковой совки интенсивно питается, сохраняя свою активность и в ночное время суток, а затем приступает к яйцекладке. Вначале гусеницы питаются на молодых верхних листочках, а затем переходят на генеративные органы растений. По мере образования бобов гусеницы заселяют

Рис. 1. *Основные вредители нута в Ростовской области [7]: 1 – хлопковая совка (Helicovera armigera Hb.): а – куколка; б – гусеница; в – имаго. 2 – бобовая тля (Aphis fabae).*

все растение. Сдерживающим фактором для развития вредителя могут быть неблагоприятные погодные условия (температура и осадки), а также энтомофаги (хищники и паразиты) и вирусные заболевания. Тем не менее, в отдельные годы с интервалом 5…8 лет происходят вспышки ее массового размножения. После вылета имаго посевы нута заселяются хлопковой совкой в течение 7…10 дней в фазе бутонизации, и происходит это неравномерно. Наибольшее превышение порога вредоносности отмечается на участках, прилегающих к лесополосам. Здесь плотность гусениц может быть более 10 экз./м^2 [4].

Другой вредитель – бобовая тля, высасывая клеточный сок, способен привести к повреждению и искривлению побегов растений, как следствие, вызывать задержку развития и снижение продуктивности. Под влиянием вредных организмов у зернобобовых культур степень комплексного поражения – гибель целых растений и повреждение отдельных элементов урожая, бывает гораздо выше, чем у других полевых культур [5]. Это связано с отсутствием у этой группы сельскохозяйственных растений компенсационной способности – замены одного компонента структуры урожая другим. Например, под воздействием какого-либо неблагоприятного фактора снижение густоты стояния растений не может быть компенсировано более интенсивным ветвлением [6].

Наиболее эффективный метод защиты – интегрированная система защиты, которая предполагает использование химических средств на основе фитосанитарного мониторинга и знаний о биологических и фенологических особенностях вредных организмов. Однако использование инсектицидов, особенно на основе фосфорорганических соединений, сопряжено с риском проявления фитотоксичности, особенно в жаркую погоду [8]. При этом неблагоприятные погодные условия, такие как высокая температура, почвенная и атмосферная засуха вызывают у растений стрессовое состояние. Создание стрессоустойчивых сортов с широкой агроэкологической адаптацией –приоритетное направление селекции зернобобовых культур [9], но для снижения стресса и повышения адаптивности можно использовать и физиологически активные гуминовые соединения. Они, благодаря регулированию концентрации фитогормонов, помогают растению быстрее приспособиться к условиям токсической нагрузки [10]. При этом достигается включение в агроэкосистему элементов, обеспечивающих рост растений, а также усиливающих интенсивность микробиологических и физико-химических процессов в почве [11].

Цель работы – выявить наиболее эффективный инсектицид для борьбы с хлопковой совкой и бобовой тлей из ряда препаратов химической защиты, а также оценить его эффективность и влияние на свойства почвы при совместном использовании с гуминовым препаратом.

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в Ростовской области на нуте сорта Донплаза. Опыт заложен на стационаре агрохимии и защиты растений Федерального Ростовского аграрного научного центра. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, агрохимические показатели: гумус – 3,7…4,0 % (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор и калий (ГОСТ 26205-91) – 10…15 и 330…380 мг/кг соответственно, pH водной вытяжки – 7,0…7,8, сумма обменных оснований в гумусовом горизонте – 30…40 мг-экв./100 г почвы.

Климат Ростовской области – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. По многолетним наблюдениям (1988–2019 гг.) период вегетации нута (апрель–июль) в месте проведения эксперимента характеризуется как слабозасушливый (ГТК = 1,2).

Сумма активных температур в годы исследования значительно превышала среднее многолетнее значение, Гидротермические условия, близкие по значению к среднестатистическим, сложились в 2016 г. (ГТК = 1,1), сумма осадков за период вегетации превысила норму и составила 249,3 мм. В другие годы исследования (2017–2019 гг.) сложились засушливые условия из-за недостаточного увлажнения в период вегетации (табл. 1).

1. Климатические условия в годы исследования (2016–2019 гг.), по данным метеостанции п. Рассвет

Год	Сумма осадков за период вегетации, мм	Сумма активных температур за период вегетации, °С	ГТК
2016	249,3	2290	1,1
2017	180,2	2146	0,8
2018	137,5	2448	0,6
2019	164,9	2259	0,7
Среднее за 2016–2019 гг.	183,0	2285,5	0,8
Среднее многолетнее за 1988–2019 гг.	203,0	1694,4	1,2

Численность хлопковой совки на нуте в период проведения исследований в фазе бутонизации до проведения обработок варьировала в годы исследования от 4,5 до 6 экз./м^2, бобовой тли – от 16 до 21 экз. на 1 стебле. Для борьбы с вредителями применяли различные инсектициды и баковую смесь на основе инсектицида с гуминовым препаратом. Схема опыта включала следующие варианты: контроль (без пестицидов); BIO-Дон-10 (0,3 л/га); Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га); Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га) + BIO-Дон10 (0,3 л/га); Амплиго, МКС (0,2 л/га); Амплиго, МКС (0,2 л/га) + BIO-Дон10 (0,3 л/га).

Би-58 Новый – препарат на основе фосфорорганических соединений. Его действующее вещество (диметоат) обладает сильным контактным и системным инсектицидным действием, при этом оно умеренно токсично для животных. Препарат также проявляет акарицидные свойства. При проникновении в растение через корневую систему и вегетативную массу диметоат распространяется по тканям растения восходящими и нисходящими токами. Он придает клеточному соку токсичность для сосущих вредителей. Механизм действия заключается в воздействии на фермент холинэстеразу – передатчик нервного импульса. Их нормальная передача нарушается, возникает судорожная активность мышц, переходящая в паралич. Период полураспада диметоата составляет более 1 месяца, поэтому его применяют в начале вегетации [12].

2. Биологическая эффективность инсектицидов против хлопковой совки на нуте (M±m*)

Вариант	Среднее число поврежденных бобов на растение в период уборки урожая		Повреждено бобов, %	Снижение поврежденности бобов относительно контроля, %
	всего	из них повреждено		
Контроль (без инсектицидов)	32,0±0,4	24,8±1,6	77,2±3,9	0
BIO-Дон 10 (0,3 л/га)	32,8±0,8	24,8±1,6	75,7±5,1	4,0±5,4
Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га)	32,8±0,8	14,8±1,9	45,1±11,9	42,1±5,6
Би-58 Новый, КЭ + BIO-Дон 10 (1,0 + 0,3 л/га)	32,0±0,8	13,8±0,8	43,0±2,2	43,7±4,8
Амплиго, МКС (0,2 л/га)	31,8±1,0	1,5±0,3	4,7±1,1	93,7±1,4
Амплиго, МКС + BIO-Дон 10 (0,2 +0,3 л/га)	32,5±0,3	1,3±0,3	3,9±0,8	95,0±1,0

** M – среднее значение показателя, m – средняя квадратическая ошибка, M±m – доверительный интервал, $F_{факт.}$ =141,70 > $F_{теор.}$ =3,94 (α = 5 %).*

3. Биологическая эффективность инсектицидов против тли на нуте (*M*±*m*)*

Вариант	Среднее число тли на 1 стебель, экз.				Снижение численности относительно исходной с поправкой на контроль после обработки по суткам учета, %		
	до обработки	после обработки					
		3-й	7-й	14-й	3-й	7-й	14-й
Контроль (без инсектицидов)	17,5±1,2	18,8±0,9	21,8±0,5	25,5±1,0	–	–	–
BIO-Дон 10 (0,3 л/га)	16,3±0,7	18,3±1,3	20,0±0,8	23,5±0,9	2,7±2,2	8,1±1,7	7,5±4,8
Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га)	17,0±0,4	0,0±0,0	1,5±0,3	2,3±0,5	100±0,0	93,0±1,3	90,9±1,9
Би-58 Новый, КЭ + BIO-Дон 10 (1,0 + 0,3 л/га)	17,3±0,9	0,0±0,0	1,5±0,3	2,5±0,6	100±0,0	93,1±1,1	90,0±2,4
Амплиго, МКС (0,2 л/га)	17,3±0,6	0,0±0,0	1,3±0,3	1,5±0,3	100±0,0	94,1±1,4	93,9±1,5
Амплиго, МКС + BIO-Дон 10 (0,2 + 0,3 л/га)	17,5±0,7	0,0±0,0	1,5±0,3	2,0±0,5	100±0,0	93,4±1,0	92,2±1,7

** M – среднее значение показателя, m – средняя квадратическая ошибка, M±m – доверительный интервал, $F_{факт.}$ =503,99 > $F_{теор.}$ =3,94 (α = 5 %).*

Препарат Амплиго относится к классу «пиретроиды + прочие вещества», кишечный и контактный инсектицид. Эта группа химических соединений отличается высокой селективностью, а также обладает липофильностью. Это свойство позволяет препарату прилипать и удерживаться на поверхности кутикулы листьев. При этом действующие вещества (лямбда-цигалотрин, хлорантранилипрол) в ткань растения проникают постепенно, а через покровы насекомого мгновенно, вызывая быстрое поражение нервной системы, затем паралич и смерть [13].

4. Урожайность нута при использовании инсектицидов с гуминовым препаратом, ц/га

Вариант	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Контроль (без инсектицидов)	12,4	12,1	12,6	12,7	12,5
BIO-Дон10 (0,3 л/га) (без инсектицидов)	13,7	13,4	13,6	14,0	13,7
Би-58 Новый, КЭ (1,0 л/га)	16,3	15,9	16,6	16,1	16,2
Би-58 Новый, КЭ + BIO-Дон10 (1,0 + 0,3 л/га)	17,7	17,3	17,4	17,6	17,5
Амплиго, МКС (0,2 л/га)	18,4	18,0	18,5	18,3	18,3
Амплиго, МКС + BIO-Дон10 (0,2 +0,3 л/га)	19,6	19,0	19,5	19,7	19,5
$НСР_{05}$	2,6	2,0	2,5	2,7	2,5

Гуминовый препарат BIO-Дон10 получают путем щелочной экстракции из вермикомпоста – продукт переработки навоза (крупного рогатого скота, свиной, конский, а также птичьего помета), посредством популяции дождевых (компостных) червей вида *Eisenia foetida*. В его составе присутствуют соли гуминовых кислот (ГК), которые считают природными регуляторами (стимуляторами) роста и развития растений [14]. ГК обладают адаптогенными свойствами, обеспечивающими такой эффект, как снятие стресса после применения средств защиты и воздействия неблагоприятных погодных факторов [15, 16, 17].

Обработку химическими и биологическими препаратами проводили в фазе бутонизации. Площадь одной делянки 144 м^2, повторность – трехкратная. Предшественник – озимая пшеница. После сева до появления всходов было внесено сложное удобрение – азофоска (16:16:16), 250 кг в физической массе.

Учеты численности вредителей и оценку эффективности проводили в соответствии с [18]. Подсчет вели путем вскрытия поврежденных гусеницами бобов на 5 растениях в каждой из 4-х повторностей. Также проводили учет биологической урожайности [19].

Влияние химических и биологических препаратов на агрохимические свойства почвы оценивали по динамике содержания подвижных форм азота (ГОСТ 26489-85, 26951-86), фосфора и калия (ГОСТ 26205-91), а также гумуса (ГОСТ 26213-91). Почвенные образцы отбирали в слое 0…20 см до посева нута и через две недели после проведения обработок вегетирующих растений химическими и биологическими препаратами, повторность 12-ти кратная.

Препарат Амплиго, МКС с нормой расхода 0,2 л/га обладал самой высокой эффективностью против хлопковой совки (табл. 2). Снижение поврежденности бобов вредителем к моменту уборки, по сравнению с контролем, составило 93,7 %. В варианте Би-58 Новый – 42,1 %. Регулярное применение последнего вызывает у вредителей приобретенную устойчивость, что обусловливает снижение биологической эффективности [20], именно поэтому его эффективность в эксперименте в 2 раза ниже, чем у препарата Амплиго, МКС.

При изучении влияния инсектицидов на численность тли установлено, что пестициды на основе фосфорорганических веществ и пиретроидов обладают высокой биологической эффективностью. На третий день после обработки препаратом Би-58 Новый, КЭ снижение численности, по отношению к контролю, составило 100 %, Амплиго, МКС – 100 %. Через 7 и 14 дней после обработки сохранялась высокая эффективность – 93,0…94,1 и 90,9…93,9 % соответственно (табл. 3).

Гуминовый препарат не проявляет инсектицидные свойства, поэтому на снижение поврежденности бобов никак не повлиял. Поврежденность бобов от хлопковой совки в варианте с BIO-Дон 10 (0,3 л/га) была на уровне контроля – 75,7 %, также как и численность тли – 23,8 экз. на одно растение. При использовании баковой смеси инсектицида с гуминовым препаратом значимой разницы между вариантами не отмечено: снижение поврежденности от тли в варианте с Би-58Новый – 42,1 %, в варианте Би-58Новый + ГП – на 1,6 % больше; варианте с Амплиго снижение поврежденности совкой – 93,7 %, в варианте с Амплиго + ГП – выше на 1,3 %.

Без применения каких-либо средств защиты урожайность нута составила 12,5 ц/га. Обработка вегетирующих растений гуминовым стимулятором роста позволила повысить урожайность на 1,2 ц/га, но это значение находится в пределах ошибки опыта ($НСР_{05}$=2,5).

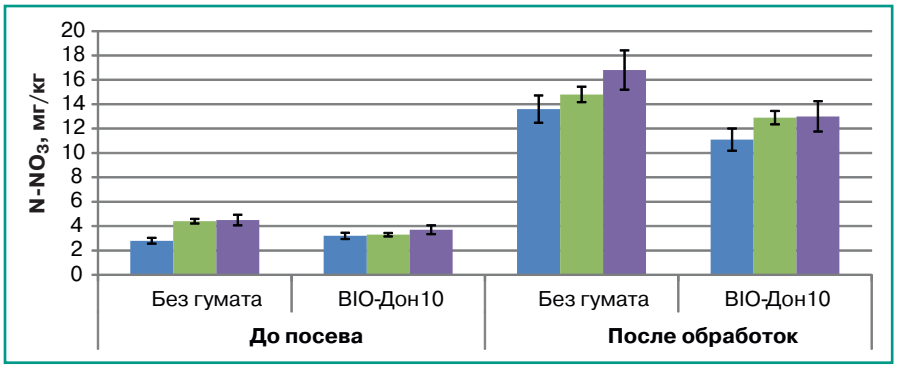


***Рис. 2.** Динамика содержания нитратного азота в черноземе обыкновенном при использовании инсектицидов и гуминового препарата (среднее за 2016–2019 гг.); $F_{факт.}$ =4,30 > $F_{табл.}$ =3,94 (α = 5 %) при сравнении вариантов с гуматом и без гумата: ■ – контроль; ■ – Би-58 Новый; ■ – Амплиго.*

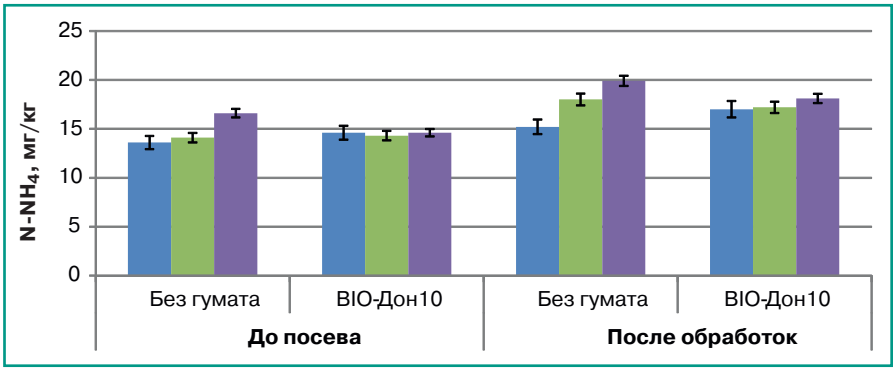


Рис. 3. Динамика содержания аммонийного азота в черноземе обыкновенном при использовании инсектицидов и гуминового препарата. (среднее за 2016–2019 гг.); $F_{факт.}$=4,12 > $F_{табл.}$=3,94 (α = 5 %) при сравнении вариантов с гуматом и без гумата: ■ – контроль; ■ – Би-58 Новый; ■ – Амплиго.

Использование инсектицидов Би-58 Новый и Амплиго позволяет сохранить 3,7 и 5,8 ц/га урожая нута, что составляет 29,6 и 46,4 % соответственно. Однако в ходе фенологических наблюдений отмечено фитотоксическое действие Би-58 Новый на растения, это связано со специфической реакцией на фосфорорганические соединения – незначительное искривление стебля и желтоватый цвет самого растения, что подтверждает литературные данные [21]. В вариантах с совместным применением с BIO-Дон-10 растения визуально не отличались от необработанных. Снижение стрессовой нагрузки позволило сформировать статистически достоверную прибавку, по отношению к контролю, в варианте с Би-58 Новый + ГП – 5,0 ц/га (40,0 %), в варианте с Амплиго + ГП – 7,0 ц/га (56,0 %). Таким образом, удалось повысить эффективность инсектицидов на 10,4 и 9,6 % соответственно (табл. 4).

Стресс от применения инсектицидов проявляется не только ухудшением роста и развития растений, но и снижением способности их поглощать элементы питания [22]. Засушливые условия в период вегетации (ГТК=0,8) способствуют тому, что подвижные элементы с осадками не вымываются вниз по почвенному профилю, напротив, они аккумулируются в пахотном горизонте.

При посеве обеспеченность почвы подвижными формами азота в диапазоне 17,2…18,7 мг/кг оценивалась как средняя, при этом содержание нитратных форм было очень низким – всего 2,8…4,5 мг/кг. Через две недели после проведения обработок биологическими и химическими препаратами вегетирующих растений в вариантах опыта отмечали увеличение нитратной формы азота до 13,6…16,8 мг/кг. Однако при использовании гуминового препарата такой рост был менее сильно выражен. Это связано с физиологической активностью гуминовых соединений. Образуемые в результате нитрификации нитрат-ионы более интенсивно потребляются растением, чтобы справиться со стрессом от химических средств. На фоне гуминового стимулятора роста в варианте с BIO-Дон-10 содержание $N\text{-}NO_3$ было меньше и составляло 11,1 мг/кг, а в вариантах с инсектицидами – 13,0 мг/кг (рис. 2).

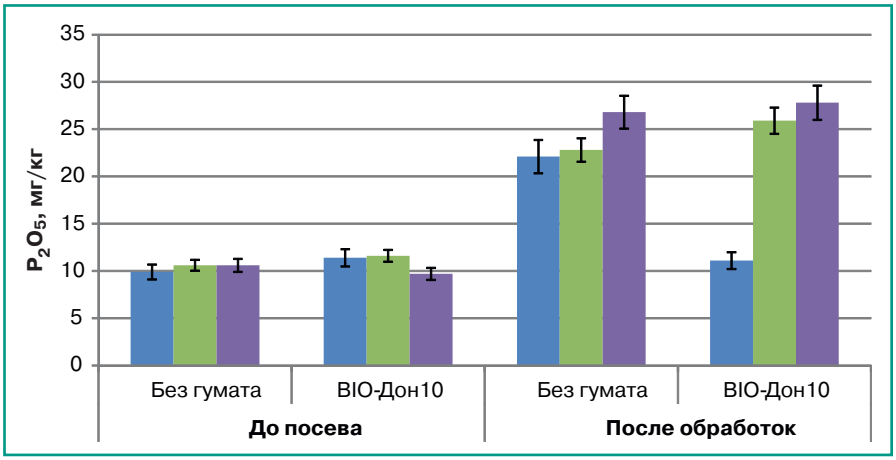


Рис. 4. Динамика подвижных форм фосфора в черноземе обыкновенном при использовании инсектицидов и гуминового препарата (среднее за 2016–2019 гг.); $F_{факт.}$=5,38 > $F_{табл.}$=3,94 (α = 5 %) при сравнении вариантов с гуматом и без гумата: ■ – контроль; ■ – Би-58 Новый; ■ – Амплиго.

Содержание в почве аммонийного азота после обработок во всех вариантах при использовании гумата также несколько снижается. Если до внесения удобрения обеспеченность аммонийной формой составляла 13,6…16,6 мг/кг, то после внесения увеличилась до 20,0 мг/га. Однако, в вариантах с гуминовым препаратом несколько меньше – 17,5 мг/га (рис. 3).

Таким образом, минеральное удобрение, содержащее и аммонийную, и нитратную форму, способствовало увеличению количества подвижных форм азота до 36 мг/га, что оценивается как хорошая обеспеченность. В этих вариантах также отмечали снижение содержания нитратов при обработке гуматом на 2…4 мг/кг. Что касается ионов аммония, то эта форма гораздо лучше усваивается растением для построения белка, так как для перевода в амидную форму тратится меньшее количество АТФ, поэтому уже через две недели после проведенных обработок содержание аммонийного азота возвращалось к исходному значению в 14…16 мг/кг. Однако при использовании высокотоксичных инсектицидов содержание этой формы азота остается повышенным, вероятно, растение в состоянии стресса не спо-

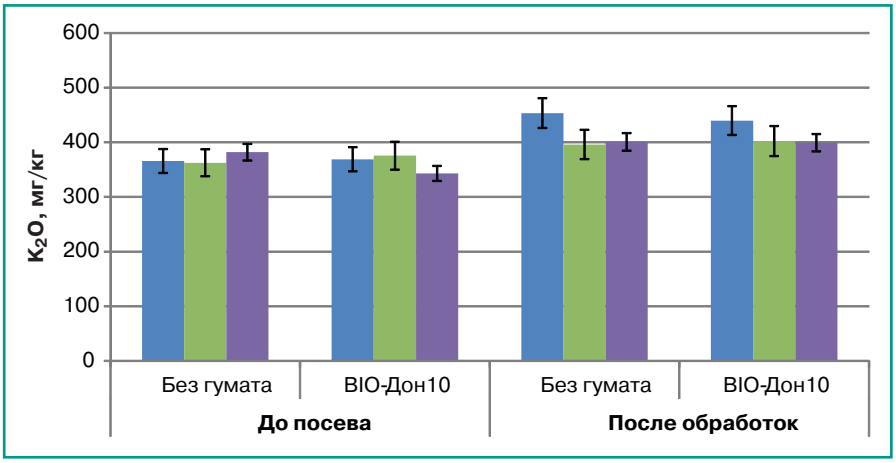


Рис. 5. Динамика обменных форм калия в черноземе обыкновенном при использовании гуминового препарата в различных системах защиты (среднее за 2016–2019 гг.); $F_{факт.}$ =2,00 < $F_{табл.}$ =3,94 (α = 5 %) при сравнении вариантов с гуматом и без гумата: ■ – контроль; ■ – Би-58 Новый; ■ – Амплиго.

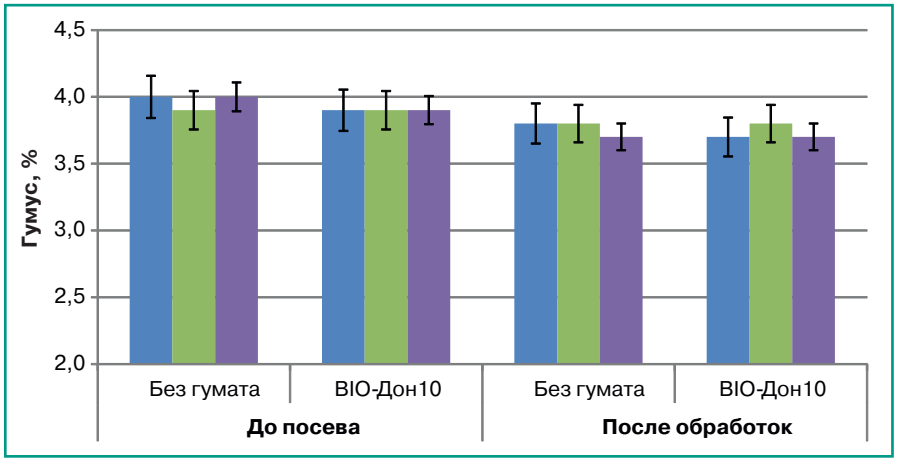


Рис. 6. *Динамика содержания гумуса в черноземе обыкновенном при использовании гуминового препарата в различных системах защиты (среднее за 2016–2019 гг.); $F_{факт.} = 0,78 < F_{табл.} = 3,94$ ($\alpha = 5$ %) при сравнении вариантов с гуматом и без гумата: ■ – контроль; ■ – Би-58 Новый; ■ – Амплиго.*

собно нормально развиваться и полноценно усваивать элементы питания.

Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора характеризуется как низкая. После внесения удобрения содержание подвижных фосфатов увеличивалось до 25 мг/кг. В контрольном варианте содержание подвижных фосфатов составляло 22 мг/кг, в то время как в вариантах с инсектицидами сохранялось на высоком уровне – до 27 мг/кг, а использование гуминового препарата вызывало их снижение до 11 мг/кг (рис. 4). Причины этого явления рассмотрены нами ранее [23, 24, 25].

Распределение обменного калия в почве носит равномерный характер, и его содержание оценивается как повышенное. При внесении минерального удобрения в контрольном варианте величина этого показателя увеличивалась до 400 мг/кг, и оценивалось как высокое (рис. 5). В вариантах с использованием гуминового препарата отмечали тенденцию к снижению обменного калия, по сравнению с вариантами без гуматов, на 5…10 мг/кг.

Содержание гумуса в почве сохранялось в течение всего вегетационного периода на всей площади опытного участка в диапазоне 3,7…4,1 %. Прослеживалась тенденция к его снижению после проведенных обработок на 0,2…0,3 %, однако эта величина лежит в пределах ошибки опыта (рис. 6).

В ходе эксперимента было установлено, что применением инсектицидов при возделывании нута позволяет сохранить до 46,0 % урожая, при этом в условиях Ростовской области предпочтительнее использование Амплиго. Использование гуминового препарата совместно с высокотоксичными инсектицидами позволяет повысить эффективность последних на 9,0…10,0 % благодаря адаптагенному действию гуминового препарата на растения, снимающему пестицидный стресс полностью либо частично [25]. Прибавка к урожайности нута при совместном применении средств химической защиты и гуминового препарата составляет 56 % к контролю.

Применение гуминового препарата на нуте сопровождается отрицательной динамикой содержания подвижных форм азота (нитратного азота на 10…20 %, аммиачного на 5…10 %, по отношению к вариантам с инсектицидами).

Таким образом, наиболее эффективный прием защиты нута от вредных объектов – сочетание гуминового препарата BIO-Дон10 (0,3 л/га) и инсектицида Амплиго, МКС (0,2 л/га), это позволяет сохранить дополнительно 9,6 % урожая относительно варианта с Амплиго и 56,0 % урожая, по сравнению с контролем.

Литература

1. Регионы России. Социально-экономические показатели: стат. сб. / под ред. С.Н. Егорова. М.: Росстат, 2018. 1164 с.

2. Агротехнологические особенности возделывания зернобобовых культур: коллективная монография / под ред. И. Н. Романова. М.: Издательство «Научный консультант», 2018. 116 с.

3. Черкашин В. Н., Малыхина А. Н., Черкашин Г. В. Хлопковая совка на полевых культурах // Земледелие. 2014. № 5. С. 35–36 (дата обращения: 27.07. 2020).

4. Полтавский А. Н., Артохин К. С., Зверев А. А. Колебания численности вредных чешуекрылых в Ростовской области и их связь с погодными условиями // Вестник защиты растений. 2013. № 4. С. 30–36.

5. Вьюгин С. М., Вьюгина Г. В. Технологические приемы регулирования фитосанитарного состояния агроценозов в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального региона России: монография. Смоленск: ФГОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. 139 с.

6. Гринько А. В. Вредоносность личинок клопа вредной черепашки в условиях Приазовской зоны Ростовской области // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2007. № 34. С. 217–223.

7. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Ростовской области в 2018 году и прогноз развития вредных объектов на 2019 год / Д. Н. Говоров, А. В. Живых, Е. С. Новоселов и др. Азов: ООО «АзовПринт», 2018. 280 с.

8. Гринько А. В. Защита нута от хлопковой совки (Helicoverpa Armigera HB.) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 56–59.

9. Зернобобовые культуры в экономике России / В. И. Зотиков, Н. В. Грядунова, В. И. Зотиков и др. // Земледелие. 2014. № 4. С. 6–8.

10. Шакирова Ф. М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.

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

12. Choudri B. S., Yassine Ch., Mushtaque A. Pesticides and Herbicides // Water Environ. Res. 2018. Vol. 90. No. 10. P. 1663–1678. doi: 10.2175/106143018X15289915807362.

13. Стеблевой кукурузный мотылек: вредитель с характером. Как защитить посевы? Сингента рекомендует // Наше сельское хозяйство. Агрономия. 2014. №7. [Электронный ресурс]. URL: http://nsh.by/articles/agro/protection/199.html (дата обращения: 28.10.2020).

14. Способ получения жидкого гуминового препарата. Патент на изобретение №2612210 от 10.02.2017 / О. С. Безуглова, Е. А. Полиенко, А. В. Горовцов и др. // Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. №7. 2017. С. 1–7.

15. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress / Garcia A. C., Santos L. A., Izquierdo F. G., et al. // Ecological Engineering. 2012. No. 47. P. 203–208.

16. Fallahi E., Fallahi B., Seyedbagheri M. M. Influence of humic substances and nitrogen on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of 'Early Spur Rome'apple // Journal of plant nutrition. 2006. Vol. 29. No. 10. P. 1819–1833.

17. Mostafa G. G. Improving the Growth of Fennel Plant Grown under Salinity Stress using some Biostimulants // American Journal of Plant Physiology. 2015. Vol. 10. No. 2. P. 77–83.

18. Долженко В. И. Методические указания по регистрационным испытаниям: инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. СПб: ВНИИЗР РАСХН (Пушкин), 2013. 280 с.

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

20. Коломыцева В. А., Черкашин Г. В. Изучение эффективности химических средств защиты растений против хлопковой совки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 112–115.

21. Эмирова Д. Э. Сравнительный анализ фитотоксического действия пестицида БИ-58 на сельскохозяйственные культуры // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2009. Т. 22 (61). № 4. С. 295–301.

22. Canellas L. P., Olivares F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter // Chem. Biol. Technol. Agric. 2014. No. 1, 3. [Электронный ресурс]. URL: https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/2196-5641-1-3#citeas (дата обращения: 28.10.2020) doi: 10.1186/2196-5641-1-3.

23. Применение гуминового препарата BIO-Дон на посевах озимой пшеницы / Полиенко Е.А., Безуглова О.С., Горовцов А.В. и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 24–28.

24. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria / J. G. Busatoa, L. S. Lima, N. O. Aguiar, et al. // Bioresource Technology. 2012. Vol. 110. P. 390–395.

25. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress / O. S. Bezuglova, A. V. Gorovtsov, E. A. Polienko, et al. // J. Soils&Sediments. 2019. Vol. 19. Iss. 6. P. 2665–2675. doi: 10.1007/s11368-018-02240-z.

Referensis.

1. Regions of Russia. Socio-economic indicators: stat. Sat. (Edited by S.N. Egorov). Moscow: Rosstat, 2018. 1164 p. ISBN978-5-89476-458-0.

2. Agrotechnological features of cultivation of leguminous crops. Collective monograph (Edited by I.N. Romanov). Moscow: Scientific Consultant Publishing House. 2018. 116 p. ISBN 978-5-6040844-6-5

3. Cherkashin V.N., Malykhina A.N., Cherkashin G.V. Cotton scoop on field crops // Agriculture/ 2014. No 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/hlopkovaya-sovka-na-polevyh-kulturah (date accessed: 07/27/2020).

4. Poltavsky A.N., Artokhin K.S., Zverev A.A. Fluctuations in the number of harmful Lepidoptera in the Rostov region and their relationship with weather conditions // Bulletin of plant protection. 2013. No. 4. P. 30-36.

5. Vyugin S.M., Vyugina G.V. Technological methods for regulating the phytosanitary state of agrocenoses in adaptive landscape agriculture in the Central region of Russia: monograph. Smolensk: FGOU VPO “Smolensk State Agricultural Academy”, 2014. 139 p.

6. Grinko A.V. The harmfulness of the bug larvae of the harmful turtle in the conditions of the Azov zone of the Rostov region // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2007. No. 34. P. 217-223.

7. Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Rostov region in 2018 and the forecast of the development of harmful objects for 2019 / Govorov D.N., Zhivykh A.V., Novoselov E.S., et al. Azov: OOO AzovPrint, 2018. 280 p.

8. Grinko A.V. Protection of chickpeas from cotton scoop (Helicoverpa Armigera HB.) // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 4 (60). P. 56-59.

9. Legumes in the Russian economy / Zotikov V.I., Gryadunova N.V., Zotikov V.I. et al. // Agriculture, 2014. No. 4. P. 6–8.

10. Shakirova F.M. Non-specific plant resistance to stress factors and its regulation. Ufa: Gilem, 2001. 160 p.

11. Van Mansvelt Y.D., Temirbekova S.K. Organic agriculture: principles, experience and perspectives // Agricultural biology, 2017. V. 52. No. 3. P. 478-486.

12. Choudri B. S., Yassine Ch., Mushtaque A. Pesticides and Herbicides Water Environ. Res., 2018. Oct 1; 90(10):1663-1678. doi: 10.2175/106143018X15289915807362.

13. Stem corn moth: a pest with character. How to protect crops? Syngenta recommends // Our agriculture. Agronomy, 2014. No. 7: http://nsh.by/articles/agro/protection/199.html (date accessed: 10/28/2020).

14. A method of obtaining a liquid humic preparation. Patent for invention No. 2612210 dated 02/10/2017 / Bezuglova O.S., Polienko E.A., Gorovtsov A.V., et al. // Inventions. Utility models. Official Bulletin of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks. No. 7. 2017. P. 1-7.

15. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress / García, A. C., Santos, L. A., Izquierdo, F. G.,et al.. Ecological Engineering, 2012. No 47. P. 203-208.

16. Fallahi, E., Fallahi, B., & Seyedbagheri, M. M. Influence of humic substances and nitrogen on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of ‘Early Spur Rome’apple. Journal of plant nutrition, 2006/ No 29(10), P.1819-1833.

17. Mostafa, G. G. Improving the Growth of Fennel Plant Grown under Salinity Stress using some Biostimulants // American Journal of Plant Physiology. 2015. No 10(2). P. 77-83.

18. Dolzhenko V.I. Methodical instructions for registration tests: insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture. St. Petersburg: VNIIZR RAAS (Pushkin), 2013. 280 p.

19. Dospekhov B.A. Field experiment technique. – M .: Agropromizdat, 1985. 351 p.

20. Kolomytseva V.A., Cherkashin G.V. Study of the effectiveness of chemical plant protection agents against cotton bollworm // News of the Orenburg State Agrarian University. 2019. No 6 (80). P. 112-115.

21. Emirova D.E. Comparative analysis of the phytotoxic effect of the BI-58 pesticide on agricultural crops // Scientific notes of the Tavricheskiy National University named after V.I. Vernadsky. Series “Biology, Chemistry”. 2009. V. 22 (61). No. 4. P. 295-301.

22. Canellas, L.P., Olivares, F.L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. Chem. Biol. Technol. Agric. 2014/ No. 1, 3. https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3. (date accessed: 10/28/2020)

23. Application of humic preparation BIO-Don on winter wheat crops // Polienko E.A., Bezuglova O.S., Gorovtsov A.V., et al. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, 2016. V. 30. No. 2. P. 24-28.

24. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria / Busatoa J. G., Lima L.S., Aguiar N.O., et al. // Bioresource Technology, 2012. V. 110, April, P. 390–395.

25. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress / Bezuglova O.S. , Gorovtsov A.V. , Polienko E.A. , et al. // J. Soils & Sediments, 2019. V. 19, Is. 6, June. P. 2665-675. https://doi.org/10.1007/s11368-018-02240-z.

The increase in the efficiency of insecticides in chickpea crops when using humic substances

E. A. Polienko, O. S. Bezuglova, A.V. Grin’ko, V. A. Lykhman, E. S. Patrikeev
Federal Rostov Agrarian Scientific Center, ul. Institutskaya, 1, pos. Rassvet, Aksaiskii r-n, Rostovskaya obl., 346735, Russian Federation

Abstract. *In 2016–2019 in the Rostov region, we determined the effect of humic preparations on the efficiency of insecticides. The cultivated crop was chickpea (Donplaza variety), the soil was ordinary carbonate chernozem. The experimental design included the following treatments: control (without pesticides); BIO-Don-10 (0.3 L/ha); Bi-58 New, EC (1.0 L/ha); Bi-58 New, EC (1.0 L/ha) + BIO-Don-10 (0.3 L/ha); Ampligo, MES (0.2 L/ha); Ampligo, MES (0.2 L/ha) + BIO-Don-10 (0.3 L/ha). According to the results of phytosanitary monitoring, cotton bollworms (Helicovera armigera Hb.) and legume aphids (Aphis fabae) were found in the crops. Ampligo, MES (0.2 L/ha) was the most effective against the cotton bollworm; the reduction in the damage to beans was 93.7%. The efficiency of Bi-58 New, EC (1.0 L/ha) did not exceed 45.0% due to the developed pest resistance to the active ingredient of the preparation. The studied preparations showed high efficiency against the legume aphid; the decrease in the number of the pest was 93.9 and 90.9%, respectively. The humic preparation BIO-Don-10 did not affect the value of this indicator but made it possible to increase the saved yield in the variant with Ampligo from 46.4 to 56.0%, with Bi-58 New – from 29.6 to 40.0%. In the course of phenological observations, the phytotoxic effect of insecticides was noted, but the humic preparation as an adaptogen ensured the normal development of plants while provoking negative dynamics of the content of nutrients. The most effective method of protecting chickpea from harmful objects was the combination of the humic preparation BIO-Don10 (0.3 L/ha) and the insecticide Ampligo, MES (0.2 L/ha). The use of such a combination allows you to save an additional 9.6% of the yield, relative to the variant with Ampligo, and 56.0% of the yield, compared to the control.*

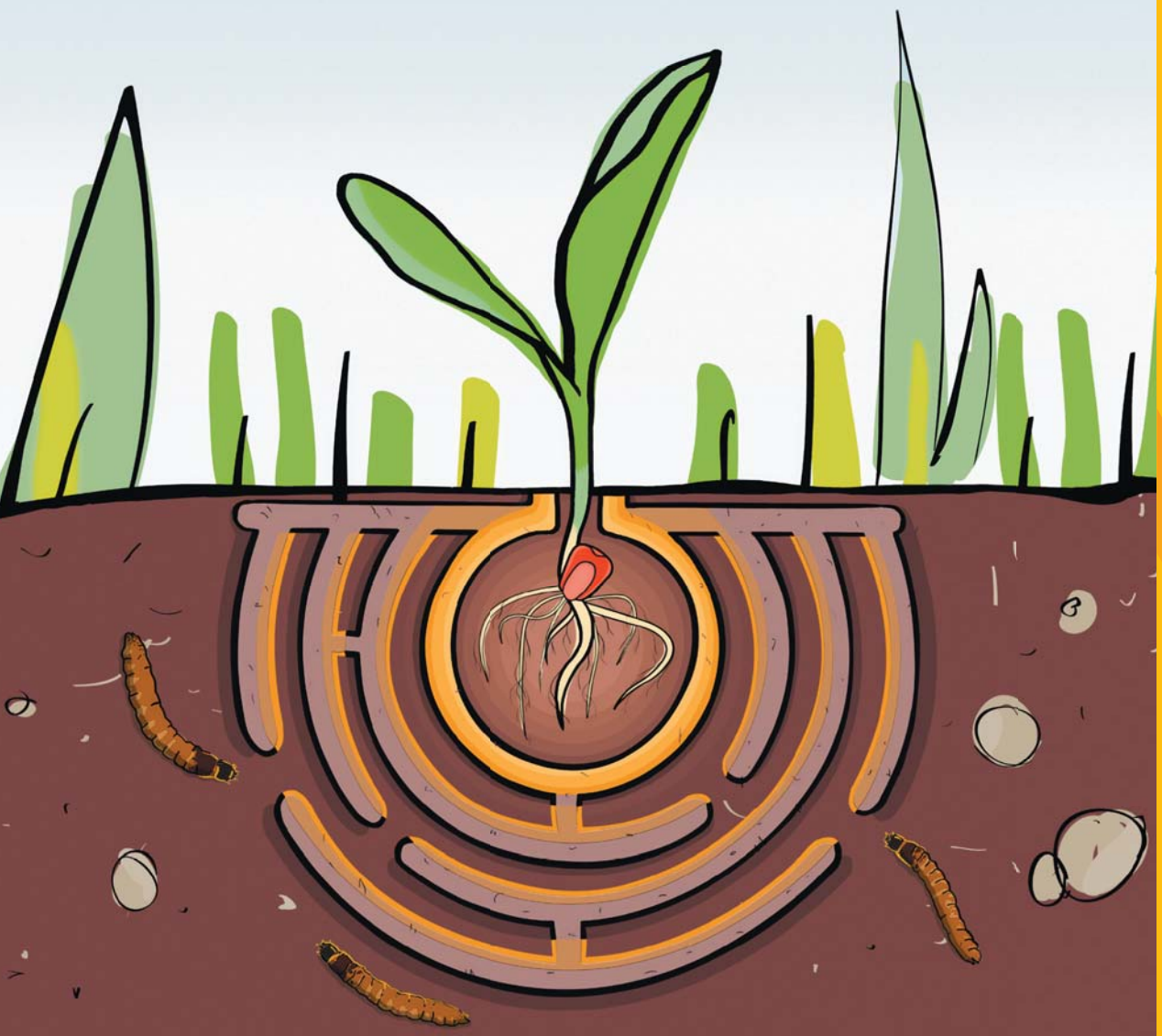
Keywords: *chickpea (Cicer arietinum); insecticides; humic preparation; biological effectiveness; cotton moth (Helicoverpa armigera Hb.); legume aphid (Aphis fabae); productivity; nutrients; ordinary chernozem.*

Author details: *E. A. Polienko, Cand. Sc. (Biol.), Leading Researcher (e-mail: polienkoe468@gmail.com); O. S. Bezuglova, D. Sc. (Biol.), Chief Researcher; A.V. Grin’ko, Cand. Sc. (Agr.), Leading Researcher (e-mail: grinko82@mail.ru); V. A. Lykhman, Cand. Sc. (Biol.), Senior Researcher; E. S. Patrikeev, post graduate student.*

For citation: *Polienko EA, Bezuglova OS, Grin’ko AV, et al. [The increase in the efficiency of insecticides in chickpea crops when using humic substances]. Zemledelie. 2020;(8):42-7. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10808.*

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»

Центр Прøграмм Систем
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ

«AG-DATA INTEGRATOR»

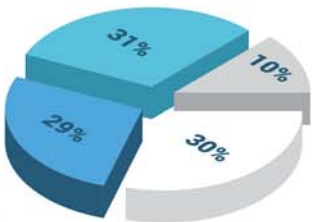
ИНТЕГРАЦИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ БОРТОВЫХ СИСТЕМ JOHN DEERE И ПРОГРАММ 1С

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

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

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В 1С

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



Графические карты работ в разрезе параметров

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

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

С нами расти легче.
С нами растет наука

Компания «Август» создала современный научно-исследовательский центр. Его специалисты занимаются поиском наиболее эффективных действующих веществ и формированием их комбинаций для разработки оригинальных препаративных форм пестицидов.

110
препаратов
и их комплектов
для сельского хозяйства

60
препаратов для
дачников и ЛПХ

40
патентов на изобретения

С нами расти легче. С нами растет страна.
avgust
30 лет

avgust.com

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2020. № 8. 1 - 48. Индекс 70329.