5.2020

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Фото:
поверхность листа,
многократное увеличение

Повышает количество
и качество урожая

Ультрамаг Бор

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

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

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

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

www.betaren.ru

ЩЕЛКОВО
АГРОХИМ

Реклама

CPS Центр Программ Систем
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ

«AG-DATA INTEGRATOR»

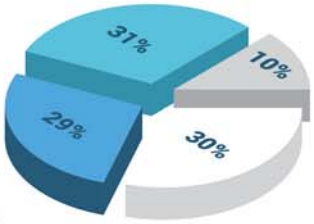
ИНТЕГРАЦИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ БОРТОВЫХ СИСТЕМ JOHN DEERE И ПРОГРАММ 1С

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

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

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В 1С

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



Графические карты работ в разрезе параметров

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

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

5.2020 ИЮЛЬ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПЛОДОРОДИЕ FERTILITY

А. Н. Власенко, П. И. Кудашкин, Н. Г. Власенко. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири 3

А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум, И. А. Лебедовский, Т. А. Илларионова. Калийный статус почв рисовых полей Кубани 6

Д. В. Жуйков. Мониторинг содержания микроэлементов (Mn, Zn, Co) в агроценозах юго-западной части Центрально-Черноземного района России 9

Н. П. Масютенко, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко, М. А. Припутнева. Влияние обработки растительных остатков сельскохозяйственных культур биопрепаратами на подвижные гумусовые вещества чернозема типичного слабоэродированного 14

С. А. Теймуров, С. Н. Имашова, Т. Т. Бабаев. Влияния видов удобрений на изменение физических свойств лугово-каштановой почвы Терско-Сулакской долины 18

Г. А. Ступакова, Е. Э. Игнатьева, Т. И. Щиплецова, Д. К. Митрофанов. Минеральные удобрения. Методы и способы контроля качества при их испытаниях 23

A. N. Vlasenko, P.I. Kudashkin, N.G. Vlasenko. Influence of resource-saving technologies on the humus content in leached chernozem of the Northern forest-steppe of Western Siberia 3

A. Kh. Sheudzhen, O. A. Gutorova, H. D. Hurum, I. A. Lebedovsky, T. A. Illarionova. Potassium status of soils in rice fields of the Kuban 6

D. V. Zhuikov. Monitoring of the content of trace elements (Mn, Zn, Co) in agrocenoses of the southwestern part of the Central Chernozem region of Russia 9

N. P. Masyutenko, A. V. Kuznetsov, M. N. Masyutenko, M.A. Priputneva. The effect of the treatment of crop residues with biopreparations on mobile humus substances of slightly eroded typical chernozem 14

S. A. Teymurov, S. N. Imasheva, T. T. Babaev. Influence of fertilizer types on changes in physical properties of meadow-chestnut soil of the Terek-Sulak valley 18

G.A.Stupakova, E.E. Ignatyeva, T.I. Schiplecova, D.K. Mitrofanov. Mineral fertilizers. Methods for quality control during their tests 23

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 12.08.20
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. В. Карасева, Д. А. Иванов, М. В. Рублюк. Эффективность применения компоста многоцелевого назначения в севообороте в различных ландшафтных условиях 28

O. V. Karaseva, D. A. Ivanov, M. V. Rublyuk. The efficiency of application of multi-purpose compost in the crop rotation under various landscape conditions

Н. В. Гоман, И. А. Бобренко, В. В. Попова, Ю. В. Аксенова. Эффективность некорневой подкормки хелатами микроэлементов при возделывании яровой пшеницы на лугово-черноземной почве 31

N. V. Goman, I. A. Bobrenko, V. V. Popova, Yu. V. Aksenova. The efficiency of foliar feeding with chelates of trace elements in the cultivation of spring wheat in meadow-chernozem soil

Е. В. Зуева, Р. Ф. Байбеков, С. Л. Белопухов, Х. В. Шарафутдинов. Влияние Никосульфурона на изменение соотношения витаминов в укропе (*Anethum graveolens* L.) 34

E. V. Zueva, R. F. Baibekov, S. L. Belopukhov, Kh. V. Sharafutdinov. Influence of Nicosulfuron on the change of the ratio of vitamins in dill (*Anethum graveolens* L.)

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ — PLANT PROTECTION

Г. В. Волкова, О. А. Кудинова, О. Ф. Ваганова. Использование сортосмешанных посевов в защите озимой пшеницы от бурой ржавчины 38

G. V. Volkova, O. A. Kudinova, O. F. Vaganova. Variety mixtures in the protection of winter wheat from brown rust

А. Ю. Кекало, В. В. Немченко, Н. Ю. Заргарян, А. С. Филиппов, Т. А. Козлова. Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей 41

A. Yu. Kekalo, V. V. Nemchenko, N. Yu. Zargaryan, A. S. Filippov, T. A. Kozlova. A modern approach to the wheat protection from diseases and pests

Уважаемые читатели!

В 2020 г. наш журнал будет, как и прежде, выходить 8 раз в год, в первый и второй месяцы каждого квартала. Наш подписной индекс в каталоге Роспечати 70329. Возможна подписка через редакцию как на бумажную, так и электронную версию журнала.

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

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10501
УДК 631.417.2:631.51.01:631.445.4

Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири

А. Н. ВЛАСЕНКО, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель научного направления (e-mail: anatoly_vlasenko@ngs.ru)
П. И. КУДАШКИН, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Н. Г. ВЛАСЕНКО, академик РАН, доктор биологических наук, главный научный сотрудник
Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН, пос. Краснообск, Новосибирский р-н, Новосибирская обл., 630501, Российская Федерация

Гумус как основное органическое вещество почвы обусловливает агрономически ценные свойства и продуктивность почв. Исследования проводили с целью определения влияния ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири. Работу выполняли в заложенном в 2008 г. длительном стационарном полевом эксперименте по сравнительному изучению No-till и традиционной технологии, основанной на глубоком рыхлении почвы. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный, среднесуглинистый. Образцы из 0...20 см слоя отбирали в двух трехпольных севооборотах, включающих два поля пшеницы и одно поле овса или полевых капустовых культур, которые выращивали с внесением $N_{60}P_{20}$ и комплекса средств защиты растений. При использовании No-till технологии на поверхности почвы накапливалось в среднем 367 г/м^2 воздушно-сухой массы растительных остатков и мульчи, что выше, чем на фоне традиционной технологии возделывания, в 1,8 раза. Содержание гумуса в слое почвы 0...20 см в начале второй ротации (2011 г.) в севообороте с капустовыми культурами в варианте с No-till технологией было выше на 0,27 %, чем при традиционной, а в севообороте с овсом, напротив, ниже на 0,22 %. После 11 лет выращивания культур содержание гумуса в слое 0...20 см в севообороте с овсом увеличилось на 0,25 %, с капустовыми культурами – на 0,68 %. В среднем по опыту величина этого показателя на фоне No-till технологии была на 0,37 % выше, чем при традиционной. Наиболее значимые изменения в содержании гумуса отмечены в севообороте с капустовыми культурами, где оно увеличилось на 0,70 %, тогда как в варианте с овсом при обеих технологиях величина этого показателя была практически одинаковой, что свидетельствует о важности подбора культур для повышения почвенного плодородия.

Ключевые слова: *плодородие почвы, гумус, ресурсосберегающие технологии, No-till технология, зерновые и капустовые культуры.*

Для цитирования: *Власенко А. Н., Кудашкин П. И., Власенко Н. Г. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2020. № 5. С. 3–5. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10501.*

В формировании плодородия почвы ведущую роль играет гумус как основное органическое вещество, которое определяет все агрономически ценные свойства и продуктивность почв. Поэтому одна из основных задач земледелия – сохранение и дальнейшее увеличение содержания гумуса в почве [1].

Большое количество пахотных земель испытывают антропогенную нагрузку в виде сокращения поступления растительных остатков, высокой аэрации пахотного слоя и изменения питательного режима. Из-за отказа от внесения органических и минеральных удобрений возникла серьезная проблема дегумификации пахотных почв и снижения плодородия в целом [2]. Распаханные земли часто подвержены воздействию водной и ветровой эрозии, и основные потери гумуса связаны с этими процессами. Интерес к гумусу в последние десятилетия вызван распространением ресурсосберегающих технологий, при которых не только растительные остатки, но и удобрения накапливаются в верхнем (0...10 см) слое почвы, что снижает их эффективность [3].

Для уменьшения потерь гумуса необходимо также использовать комплекс агротехнических мероприятий, прежде всего, это почвозащитные севообороты с почвозащитной системой обработки. В исследованиях, проведённых на южных чернозёмах Западной Сибири и Северного Казахстана, установлено, что сокращение глубины и частоты механической обработки способствует существенному сокращению потерь гумуса благодаря снижению интенсивности процессов эрозии и минерализации органического вещества [4]. Аналогичные результаты были получены на черноземе выщелоченном южной лесостепи Западной Сибири, где при минимизации обработок почвы темпы убыли запасов гумуса в пахотном слое были в 1,5...2,0 раза слабее, по сравнению со вспашкой [5]. Длительное применение нулевой системы обработки при возделывании яровой пшеницы в зернопаровом севообороте с внесением азотных удобрений и использованием химических средств защиты от сорняков, включая подготовку пара, значительно снижало интенсивность минерализации почвенного органического вещества чернозема выщелоченного в Курганской области, что поддерживало более высокий уровень общего и лабильного гумуса [6]. Система No-till обеспечивает улучшение питательного режима почвы, стимулирует ее биологическую активность, увеличивает содержание органического вещества и способствует образованию гуминовых веществ, которые улучшают физические, химические и биологические свойства почвы. Оставленная на поверхности почвы стерня разлагается с образованием различных гуминовых соединений в зависимости от отношения C:N и содержания лигнина. Это свидетельствует о том, что нужно заботиться не только о количестве стерни, которая остается на поверхности почвы, но и о ее качестве [7]. В исследованиях, проведенных на типичных черноземах, показано, что система No-till оказывает благоприятное влияние на процесс гумусообразования в слое 0...20 см, которое сопровождается накоплением $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_4$, подвижных форм фосфора и калия [8]. Результаты исследований на черноземе обыкновенном карбонатном южной сельскохозяйственной

зоны Ростовской области показали, что многолетнее использование ресурсосберегающих технологий способствует постепенной стабилизации гумусного состояния почвы. Содержание гумуса в пахотном горизонте чернозема обыкновенного на фоне прямого посева и минимальной обработки варьирует в пределах 4,2...5,0 %, что, согласно нормативам основных показателей плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области, соответствует оптимальному уровню [9]. На черноземе южном в Волгоградской области уже через 5 лет после перехода от традиционной обработки с оборотом пласта к нулевой отмечена тенденция увеличения содержания гумуса на 0,18 % [10].

Цель исследований – изучить влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири.

Работу проводили в длительном стационарном опыте, заложенном в 2008 г. на опытном поле СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, расположенном в северной лесостепи Западной Сибири. Оценку преимуществ и недостатков No-till технологии возделывания зерновых культур выполняли, в сравнении с традиционной технологией на основе безотвального глубокого рыхления. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, средней мощности, содержание гумуса в слое 0...30 см 4,4 %, общего азота – 0,34 %, валового фосфора – 0,30 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 290 мг/кг и 130 мг/кг, pH – 6,7...6,8 [11]. Традиционная технология ориентирована на максимально возможное сохранение пожнивных остатков, No-till – на сохранение растительных остатков на поверхности почвы, которое, наряду с исключением механической обработки, выступает одним из основополагающих ее принципов [12].

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

обработка почвы с соответствующим способом посева (фактор А) – осеннее рыхление орудием со стойками СибИМЭ на глубину 25...27 см, предпосевная культивация на глубину заделки семян и посев сеялкой СЗП-3,6 (традиционная технология); посев по оставленной с осени стерне сеялкой с анкерными сошниками шириной 2 см (технология No-till);

севооборот (фактор В) – пшеница – пшеница – овес; пшеница – пшеница – полевые капустовые (рапс, горчица сарептская, редька масличная).

При обеих технологиях общим фоном вносили минеральные удобрения ($N_{60}P_{20}$) и комплекс средств защиты растений по единой схеме: протравливание семян зерновых фунгицидом, в фазе кущения зерновых обработка пшеницы баковой смесью граминицида и дикотицида, овса – только дикотицидом, в фазе флаг-лист – начало колошения зерновых посевы пшеницы опрыскивали баковой смесью фунгицида и инсектицида против листостебельных инфекций и пшеничного трипса. Семена капустовых обрабатывали инсектицидным протравителем, в фазе розетки листьев посевы опрыскивали баковой смесью граминицида и дикотицида. Посев всех культур осуществляли до массового появления сорняков. Повторность опыта 3-кратная. Размер опытной делянки – 360 м^2. До закладки опыта на поле два года подряд выращивали яровую пшеницу в качестве уравнительного посева и для создания хорошего стерневого фона. Урожайность этих посевов находилась на уровне 4,0 т/га. К началу закладки эксперимента в 2008 г. на поверхности почвы накопилось 312 г/м^2 воздушно-сухих растительных остатков.

Образцы почвы отбирали тростевым буром с глубины 0...20 см в 3-х кратной повторности [13] в реперных точках двух севооборотов с использованием No-till и традиционной технологий. Содержание гумуса определяли по методу Б.А. Никитина [14].

Наиболее доступный, экологически безопасный и дешевый источник органического вещества для почвы – растительные остатки, солома и зеленые удобрения (сидераты) [15, 16]. Возвращение в почву растительных остатков способствует поддержанию и улучшению ее качества и продуктивности, благодаря чему появляется возможность снижения объемов применения минеральных удобрений. Управление растительными остатками также может оказывать влияние на поглощение углерода, сохранение его в почве и сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу [17].

В нашем опыте при использовании No-till технологии на поверхности почвы накапливалось значительное количество растительных остатков и мульчи. В среднем за годы исследований их воздушно-сухая масса достигала 367 г/м^2, что было выше, чем на фоне традиционной технологии возделывания (209 г/м^2), в 1,8 раза. Больше растительных остатков накапливалось после овса при выращивании по No-till технологии – 405 г/м^2, в варианте с традиционной технологией часть их заделывали в почву и на поверхности оставалось 234 г/м^2 растительных остатков. После полевых капустовых величина этого показателя составляла 330 г/м^2 и 185 г/м^2 соответственно. Меньшее количество растительных остатков в этом варианте связано с более быстрым разложением капустных, в сравнении с овсом. Известно, что наибольшее количество легкоразлагаемых компонентов содержится в биомассе редьки масличной и соломе гороха, меньше – в соломе озимых и яровых зерновых, еще меньше – в остатках кукурузы, при этом соотношение C:N (при N=1) в надземной массе редьки масличной составляет 17, в корневой массе – 28, яровой пшеницы – 78 и 55 соответственно [18]. После яровой пшеницы, возделываемой по No-till технологии, в севообороте с овсом накапливалось 385 г/м^2 растительных остатков, с редькой масличной – 330 г/м^2, по традиционной технологии – 252 и 201 г/м^2 соответственно.

Содержание гумуса в слое почвы 0...20 см в начале второй ротации севооборотов (2011 г.) в среднем было одинаковым при обеих технологиях. Однако в севообороте с капустовыми культурами отмечена тенденция его повышения при No-till технологии, в сравнении с традиционной, на 0,27 %, а в севообороте с овсом, напротив, снижения на 0,22 % (см. табл.). Существенных различий в содержании гумуса в зависимости от изучаемых приемов после первой ротации не установлено. После 11 лет выращивания культур гумусированность почвы в слое 0...20 см в севообороте с овсом увеличилась на 0,25 %, с капустовыми – на 0,68 %. При этом отмечена выраженная тенденция роста величины этого показателя в варианте с No-till технологией, по сравнению с традиционной, основанной на глубоком безотвальном рыхлении, в среднем по опыту на 0,37 %. Наиболее заметные изменения произошли в севообороте с капустовыми, в котором содержание гумуса при No-till технологии досто-

Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном в слое 0...20 см, %

Обработка почвы	Севооборот		Среднее
	с овсом	с капустовыми	
2011 г.			
No-till	4,50	5,00	4,75
Глубокое рыхление	4,78	4,73	4,75
Среднее	4,64	4,87	
2019 г.			
No-till	4,90	5,90	5,40
Глубокое рыхление	4,87	5,20	5,03
Среднее	4,89	5,55	
$НСР_{05}$ для обработки почвы и севооборота – 0,38, частных средних 0,54			

верно возросло на 0,70 %, тогда как в варианте с овсом различий не наблюдали. Это подтверждают результаты сравнительной оценки интенсивности разложения целлюлозы под посевом яровой пшеницы. Было показано, что целлюлозолитическая активность почвы усиливается при систематическом прямом посеве по необработанной с осени стерне, в сравнении с технологией на основе глубокого безотвального рыхления и больше в севообороте с капустовыми. При выращивании пшеницы с обработкой почвы ее биологическая активность выше в севообороте с овсом [19].

Кроме того, было показано [20], что сохранение и накопление растительных остатков на поверхности почвы, наряду с введением в севооборот культуры со стержневой корневой системой, способствует постепенному запуску механизмов восстановления почвенных агрегатов, улучшению структуры почвы, созданию оптимальной плотности сложения, изменению питательного режима почвы.

Таким образом, длительное возделывание культур в севообороте по обеим технологиям способствует увеличению содержания гумуса в слое 0…20 см чернозема выщелоченного северной лесостепи Западной Сибири. При этом в варианте с No-till технологией оно возрастает сильнее, чем на фоне с традиционной технологией, основанной на глубоком безотвальном рыхлении. Наиболее заметное увеличение содержания гумуса при No-till технологии отмечено в севообороте с капустовыми культурами, что подтверждает важность подбора культур для повышения почвенного плодородия.

Литература.

1. Органическое вещество и ферментативная активность чернозема выщелоченного в зависимости от приемов основной обработки почвы и удобрения / З. З. Аюпов, Л. В. Сидорова, Н. С. Анохина и др. //Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2010 (2). С. 11–16.

2. Еремин Д. И., Ахтямова А.А. К вопросу стабилизации гумусного состояния пахотных черноземов за счет запашки соломы зерновых культур // Вестник КрасГАУ. 2017. №4.С. 18–24.

3. Влияние элементов биологизации земледелия на динамику лабильных гумусовых веществ, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / З. З. Аюпов, Н. С. Анохина, И. Ф. Миннебаева и др. // Вестник ОГУ. 2009. №6. С. 537–539.

4. Кирюшин В. И., Лебедева И. Н. Изменение содержания гумуса черноземов Сибири и Казахстана под влиянием сельскохозяйственного использования // Докл. ВАСХНИЛ. 1984. № 5.С. 4–7.

5. Холмов В. Г., Юшкевич Л. В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири. Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. 396 с.

6. Динамика органического вещества чернозема выщелоченного при минимизации обработки почвы и применении средств химизации / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. П. Курлов и др.// Плодородие. 2015. №2. С. 34–36.

7. Crovetto C. No Till, the Stubble and the Soil Nutrition // Conservation Agriculture: Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socio-economy, Policy. Springer, 2003. P. 39–48.

8. Jigau Gh. Elements of evolution for typical chernozem humus moderated under various tillage conditions // Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2014. Vol. LVII. P. 25–30.

9. Содержание и запас гумуса в черноземе обыкновенном при использовании различных систем основной обработки/ А. М. Медведева, О. А. Бирюкова, Я. И. Ильченко и др. // Успехи современного естествознания. 2018. № 1. С. 29–34.

10. Изменение показателей состояния органического вещества и физических свойств чернозема южного при переходе от традиционной к нулевой обработке / Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков, Д. О. Рогожин и др. // Земледелие. 2018. № 8. С. 14–16.

11. Кирюшин В. И., Власенко А. Н., Иодко Л. Н. Влияние различных способов основной обработки на плодородие выщелоченных черноземов Приобья // Почвоведение. 1991. № 3.С. 97–106.

12. Current status of adoption of No-till farming in the world and some of its main benefits / R. Derpsh, T. Friedrich, A. Kassam, et al. // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2010. V. 3. №1. P. 1–26.

13. Пособие по проведению анализов почв и составления агрохимических картограмм / Под ред. Н. П. Карпинского. М.: Россельхозиздат, 1969. 327 с.

14. Никитин Б. А. Методика определения гумуса почвы // Агрохимия. 1999. № 5. С. 91–93.

15. Хабиров И. К., Хазиев Ф. Х., Багаутдинов Ф. Я. Влияние органических удобрений на плодородие серых лесных почв Башкирии // Почвоведение. 1995. № 4. С. 465–471.

16. Чуян Н. А., Масютенко Н. П., Еремина Р. Ф. Влияние внесения навоза и растительных остатков на плодородие чернозема и продуктивность зернопропашного севооборота в условиях лесостепи ЦЧЗ // Агрохимия. 2008.№ 9. С. 29–36.

17. Русакова И. В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии. Владимир: ФГБНУ ВНИИОУ, 2016. 131 с.

18. Лебедева Т. Б., Надежкин С. М., Арефьева М. В. Трансформация растительного вещества и гумусовое состояние чернозема выщелоченного при использовании удобрений и известкования // Агрохимия. 2006. № 11. С. 18–24.

19. Власенко Н. Г., Теплякова О. И., Коротких Н. А. Интенсивность разложения целлюлозы под влиянием технологии возделывания и предшественника // Плодородие. 2015. №4 (85). С. 35–38.

20. Власенко А. Н., Власенко Н. Г., Кудашкин П. И. Изменение показателей плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Приобья при использовании технологии No-till // Агрохимия. 2019. №12. С. 16–21.

Influence of resource-saving technologies on the humus content in leached chernozem of the Northern forest-steppe of Western Siberia

A. N. Vlasenko, P.I. Kudashkin, N.G. Vlasenko
Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization of Agriculture of the SFRCAB of the RAS, pos.Krasnoobsk, Novosibirskiir-n, Novosibirskayaobl., 630501, Russian Federation

Abstract. *Humus, as the main organic substance, determines the agronomically valuable properties and productivity of soils. The research aimed to determine the impact of resource-saving technologies on the content of humus in the leached chernozem of the Northern forest-steppe of Western Siberia. The work was carried out in a long-term stationary field experiment on the comparative study of no-till and traditional technology, based on the deep loosening of the soil. The stationary experiment was established in 2008. The soil of the experimental plot was leached medium-loamy medium-thick chernozem. The soil from the soil layer of 0–20 cm were sampled in two three-field crop rotations, included two fields of wheat and one field of oats or field cruciferous vegetables. The cruciferous crops were grown with the application of N60P20 and a complex of plant protection preparations. When using no-till technology, on average 367 g/m2 of the air-dry mass of plant debris and mulch was accumulated on the soil surface, which is 1.8 times higher than with traditional cultivation technology. The humus content in the soil layer of 0–20 cm at the beginning of the second rotation (2011) in the crop rotation with cruciferous crops in the variant with no-till technology was higher by 0.27% than in the traditional crop rotation, and in the rotation with oats, on the contrary, it was lower by 0.22%. In 11 years of growing crops, the humus content in the layer of 0–20 cm in the crop rotation with oats increased by 0.25%, with cruciferous crops – by 0.68%. On average, the value of this indicator against the background of no-till technology was 0.37% higher than of the traditional one. The most significant changes in the humus content were noted in the rotation with cruciferous crops, where it increased by 0.70%, while in the variant with oats, the value of this indicator was almost the same for both technologies, which indicates the importance of crop selection for increasing soil fertility.*

Keywords: *soil fertility; humus; resource-saving technologies; no-till technology; cereal and cruciferous crops.*

Author Details: *A. N. Vlasenko, member of the RAS,D. Sc. (Agr.), head of research group(e-mail: anatoly_vlasenko@ngs.ru); P. I. Kudashkin, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow;N. G. Vlasenko, member of the RAS,D. Sc. (Biol.), chief research fellow.*

For citation: *Vlasenko AN, Kudashkin PI, Vlasenko NG [Influence of resource-saving technologies on the humus content in leached chernozem of the Northern forest-steppe of Western Siberia].Zemledelie. 2020. (5):3-5. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10501.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10502
УДК 633.18: 631.812: 631.416.4

Калийный статус почв рисовых полей Кубани

А. Х. ШЕУДЖЕН[1,2], академик РАН, доктор биологических наук, зав. кафедрой, зав. отделом (e-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru)
О. А. ГУТОРОВА[1,2], кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник (e-mail: oksana.gutorova@mail.ru)
Х. Д. ХУРУМ[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И. А. ЛЕБЕДОВСКИЙ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Т. А. ИЛЛАРИОНОВА[1], аспирант
[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 калийный режим луговой и лугово-болотной почв рисовых полей в Республике Адыгея. Схема опыта предусматривала вариант без удобрений (контроль) и применение $N_{90}P_{60}K_{45}$, $N_{120}P_{80}K_{60}$, $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$. Почвенные образцы отбирали до затопления почв и посева риса, в период вегетации и после уборки урожая из слоя 0…20 см. В них определяли содержание валового калия и его формы. В луговой и лугово-болотной почвах на долю обменного, необменного гидролизуемого, необменного инертного и силикатного калия приходится соответственно 1,3 и 1,2; 8,9 и 8,2; 19,7 и 20,9; 70,1 и 69,7 % от валового количества (18356 и 20138 мг/кг). Доля водорастворимого калия составляла 21...23 % от обменного. Внесение калийных удобрений на фоне азотно-фосфорных в нормах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$ повышало количество валового калия в луговой и лугово-болотной почвах, по отношению к контролю, на 41 и 84 мг/кг и 55 и 76 мг/кг; водорастворимого – на 15 и 18 мг/кг и 9 и 12 мг/кг; обменного – на 16 и 30 мг/кг и 8 и 32 мг/кг; необменного гидролизуемого – на 16 и 20 мг/кг и 39 и 42 мг/кг и необменного инертного – на 70 и 179 мг/кг и 142 и 164 мг/кг соответственно. Увеличение содержания органического калия связано с дополнительным поступлением растительных остатков культуры под воздействием вносимых удобрений. На улучшение калийного режима почв в период затопления повлияли нормы удобрений $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$, при внесении которых количество обменного калия увеличилось на 10...27 мг/кг, или на 4,3...10,8 % в зависимости от фазы вегетации риса. Лугово-болотная почва лучше обеспечена валовым калием и его формами, чем луговая.

Ключевые слова: *рис (Oryza sativa), луговая почва, лугово-болотная почва, удобрения, валовой калий, водорастворимый калий, обменный калий, необменный калий, силикатный калий, органический калий.*

Для цитирования: *Калийный статус почв рисовых полей Кубани / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум и др. // Земледелие. 2020. № 5. С. 6–9. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10502.*

Калий – один из биогенных элементов, определяющих реализацию генетического потенциала районированных сортов сельскохозяйственных культур. К. А. Тимирязев писал: «Растению необходим калий, оно не может жить без калия» [1]. В то же время в отличие от азота общее содержание калия в почве мало зависит от применения калийных удобрений. Различия в его количестве в почвах отдельных регионов обусловлены в основном составом почвообразующих пород. Там где среди них преобладают первичные калийсодержащие минералы группы полевых шпатов и слюд, продукты их выветривания отличаются высоким содержанием калия (2…3 % K_2O), по сравнению с песчаными [2].

Определение масштабов и пределов использования калия почвы растениями, показателей калийного состояния почв, характеризующих оптимальные условия питания растений этим элементом, – важнейшие задачи [3, 4].

Калий в почве входит в состав первичных и вторичных минералов. Среди подвижных его форм различают: водорастворимый; обменный, который в свою очередь делится на легко- и труднодесорбируемый; необменный, находящийся в более прочной связи с почвенными коллоидами; связанный с органической частью почвы [5]. Все эти формы в той или иной степени участвуют в питании растений, но главная роль в обеспечении последних калием принадлежит водорастворимой и обменной формам. Почвы рисовых полей, по сравнению с неорошаемыми, лучше обеспечены калием, что связано с интенсивно протекающими в них процессами выветривания и гидролиза калийсодержащих алюмосиликатов. Среднегодовой вынос калия с рисовых оросительных систем Кубани дренажно-сбросными водами составляет 60…70 кг/га. Примерно в таком же количестве его ежегодно вносят под рис с удобрениями. Содержание водорастворимого и обменного калия в почве изменяется при внесении под рис азотных, фосфорных, калийных и органических удобрений, а также при химической мелиорации. Калийные и органические удобрения значительно обогащают почву доступными растениям формами этого элемента. На трансформацию его соединений в почве оказывают влияние и вносимые под рис микроэлементы, которые, взаимодействуя с почвенно-поглощающим комплексом, способствуют переходу части труднообменного калия в обменное состояние. Кроме того, они усиливают интенсивность минерализации органического вещества, что, в свою очередь, также ведет к увеличению содержания в почве подвижных форм калия. С другой стороны, микроэлементы, усиливая рост растений и увеличивая урожай, способствуют большему потреблению калия рисом [6].

Принципиально экологически важное представление о динамике содержания калия в почве заключается в понимание взаимосвязи его форм. При уменьшении содержания легкодоступного растениям калия в почвенном растворе происходит его пополнение из труднодоступных форм, что вызывает обеднение почвы этим элементом, если процесс происходит интенсивно без возобновления запасов калия вносимыми удобрениями. Принято считать, что существует уровень обеспеченности почв доступным калием, определяющий размеры урожая сельскохозяйственных культур. Так для формирования 258…266 ц/га картофеля содержание обменного калия в почве должно составлять не менее 230…260 мг/кг. Оптимальным уровнем обеспеченности этим элементом зерновых культур на суглинистых почвах считают 220…250 мг/кг, на супесчаных – 200…240 мг/кг, на песчаных – 180…200 мг/кг [7]. По данным В. Г. Минеева, этот критерий отражает параметр, называемый «достаточный уровень» калия. Его повышение не оказывает влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Этот уровень определяется экспериментально для конкретных почв [8].

В почве непрерывно протекают процессы разрушения различных калийсодержащих минералов и образование вторичных минералов, имеющих коллоидную и предколлоидную дисперсность, которые определяют её физико-химические свойства и калийное состояние, в результате чего в ней под естественной растительностью достигается определенное динамическое равновесие между различными формами калия. В агроценозах равновесное состояние форм калия встречается значительно реже, так как этот элемент постоянно отчуждается с хозяйственно ценной продукцией или, напротив, вносится с удобрениями [2].

Цель исследований – выявить влияние минеральных удобрений на содержание калия и его форм в затапливаемых почвах рисовых полей.

Работу проводили на луговой и лугово-болотной почвах рисовой оросительной системы ООО «Адыгейский научно-технический центр по рису», расположенной в Тахтамукайском районе Республики Адыгея. По почвенно-географическому районированию территория района находится в степной зоне черноземных почв в Приазово-Предкавказской степной провинции в почвенном округе низовий р. Кубань. Луговые почвы расположены в поймах р. Кубань и её притоков. Гранулометрический состав почв глинистый. Почвообразующие породы – аллювиальные глины. Лугово-болотные почвы приурочены к замкнутым понижениям поймы р. Кубань и днищам балок. Они глинистые с содержанием физической глины в пахотном горизонте 84…96 %. Почвообразующие породы – аллювиальные оглеенные глины [9].

Полевой опыт закладывали на рисовой оросительной системе по общепринятой методике [10]. Посев риса проводили рядовым способом; глубина заделки семян 1,0…1,5 см; норма высева – 7 млн всхожих зерен на 1 га; предшественник – рис по рису 2 года; режим орошения – укороченное затопление. Площадь делянки: общая – 100 м^2, учетная – 80 м^2. Повторность – 4-х кратная. Размещение вариантов – рендомизированное. Сорт риса – Хазар. Внесение удобрений осуществляли разбросным способом с заделкой в почву дисковыми боронами перед посевом в следующих нормах: $N_0P_0K_0$ (контроль), $N_{90}P_{60}K_{45}$, $N_{120}P_{80}K_{60}$, $N_{150}P_{100}K_{75}$, $N_{180}P_{120}K_{90}$. В качестве удобрения применяли карбамид, двойной суперфосфат и хлористый калий.

Почвенные образцы отбирали до затопления почв и посева, в фазы кущение и цветение, после уборки урожая из пахотного (0…20 см) слоя. В них определяли содержание валового калия методом спекания по Смиту, водорастворимого – из водной вытяжки по Александрову, обменного – в 1 н растворе CH_3COONH_4 по Масловой, необменного гидролизуемого – в 2 н HCl по Пчелкину, необменного инертного – вытеснением 10 % HCl с кипячением по методу Гедройца в модификации Петербургского и Янишевского, органического – сжиганием почвы перекисью водорода по прописи Простакова, силикатного – как разность между валовым калием и суммой его обменной и необменной форм [11]. Результаты исследований подвергали статистической оценке [12].

Луговая и лугово-болотная почвы рисовых полей характеризуются относительно высоким содержанием калия. До их затопления количество валового калия в контроле составляло 18356 и 20138 мг/кг соответственно. При этом в луговой почве на долю обменных форм приходилось 1,3 %, необменных гидролизуемых – 8,9 %, необменных инертных – 19,7 % и необменных силикатных – 70,1 %, в лугово-болотной – 1,2, 8,2, 20,9 и 69,7 % соответственно (табл. 1).

Содержание в почвах валового калия зависело от нормы внесения минеральных удобрений. Наибольшее его количество отмечали в вариантах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$. После уборки урожая риса в луговой почве оно было выше, чем в контроле, на 41 и 84 мг/кг, в лугово-болотной – на 55 и 76 мг/кг соответственно. Содержание силикатного калия минеральной части почв на фоне вносимых удобрений в луговой почве снижалось, по сравнению с контролем до посева риса, на 32…157 мг/кг, в лугово-болотной – на 144…180 мг/кг. Под действием удобрений усиливалось разрушение почвенных минералов, чему также способствовало периодическое увлажнение и иссушение почв. Это привело к уменьшению содержания валового калия в пахотном слое почв после вегетации риса в результате вымывания коллоидных частиц с фильтрационными водами в нижележащие горизонты [6, 13].

Обменная форма калия в почве служит основным источником питания растений. Ее содержание в контроле перед посевом риса в луговой почве составляло 248 мг/кг, в лугово-болотной – 252 мг/кг. После уборки урожая риса величина этого показателя снизилась, по отношению к сроку до посева, на 24 и 25 мг/кг или 10,7 и 11,0 % соответственно. Повышенные нормы удобрений $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$ способствовали увеличению содержания этой формы в луговой почве по сравнению с контролем (до посева), соответственно на 3 и 6 мг/кг, или на 1,2 и 2,4 %, в лугово-болотной – на 4 и 7 мг/кг, или на 1,6 и 2,8 %. Если же сравнивать с контролем после уборки урожая, то, в зависимости от нормы удобрений, содержание обменного калия повышалось на 16...30 мг/кг, или на 1,8...13,4 % и на 8...32 мг/кг, или на 3,5...14,0 % соответственно в основном за счет мобилизации необменного гидролизуемого, не участвующего в питании растений, но отражающего потенциальные запасы калия, и в определенных условиях переходящего в обменно-поглощенное состояние.

Необменный калий прочно удерживается кристаллической решеткой минералов и поэтому малодоступен для растений. Содержание в почвах необменного инертного калия в 2 раза выше, чем необменного гидролизуемого. Перед посевом риса в луговой почве оно составляло соответственно 3612 и 1634 мг/кг, в лугово-болотной – 4199 и 1652 мг/кг. После уборки урожая содержание в почвах необменных форм калия снижалось и в меньшей степени при внесении удобрений. В вариантах с повышенными нормами удобрений $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$ количество необменного гидролизуемого калия в луговой почве было больше контроля соответственно на 16 и 20 мг/кг, или на 1,0 и 1,2 %, в лугово-болотной – на 39 и 42 мг/кг, или на 2,4 и 2,6 %. Аналогичное увеличении отмечали в отношении необменного инертного калия – на 70 и 179 мг/кг, или на 2,0 и 5,0 % и на 142 и 164 мг/кг, или на 3,4 и 3,9 %. При этом в лугово-болотной почве содержание необменных форм калия, особенно инертной, было больше, чем в луговой. Это связано с минералогическим и гранулометрическим составами почв: чем тяжелее почва, что свойственней лугово-болотной, тем больше в ней содержится калия.

Появление водорастворимого калия в почвенном растворе – следствие ряда процессов, среди которых большое значение имеют гидролиз калийсодержащих минералов, их разрушение корневыми выделениями растений, а также вытеснение обменного калия солями, попадающими в почву с удобрениями и продуктами корневых выделений [13]. В особенности на увеличение количества этой формы калия влияют органические удобрения [14, 15]. Луговая и лугово-

1. Содержание валового калия и его форм в почвах рисовых полей, мг/кг

Вариант	Срок определения*	Калий валовой	Калий, формы					
			водорастворимый	обменный	необменный		органический	силикатный
					гидролизуемый	инертный		
Луговая почва								
$N_0P_0K_0$	1	18356	58	248	1634	3612	38	12862
	2	18248	42	224	1620	3554	36	12850
$N_{90}P_{60}K_{45}$	2	18256	44	228	1638	3560	37	12830
$N_{120}P_{80}K_{60}$	2	18267	46	240	1634	3601	40	12792
$N_{150}P_{100}K_{75}$	2	18289	57	251	1636	3624	42	12778
$N_{180}P_{120}K_{90}$	2	18332	60	254	1640	3733	37	12705
$^1НСР_{05}$		22	5	8	8	20	2	20
$^2НСР_{05}$		15	10	10	9	25	2	30
Лугово-болотная почва								
$N_0P_0K_0$	1	20138	54	252	1652	4199	46	14035
	2	20047	46	227	1618	4185	42	14017
$N_{90}P_{60}K_{45}$	2	20059	49	235	1623	4310	44	13891
$N_{120}P_{80}K_{60}$	2	20073	53	248	1624	4318	48	13883
$N_{150}P_{100}K_{75}$	2	20102	55	256	1657	4327	46	13862
$N_{180}P_{120}K_{90}$	2	20123	58	259	1660	4349	44	13855
$^1НСР_{05}$		13	5	5	10	25	2	19
$^2НСР_{05}$		22	7	15	7	33	2	28

**1 – до затопления почв и посева риса; 2 – после уборки урожая риса.*

болотная почвы характеризуются невысоким содержанием водорастворимого калия, на долю которого приходится 23 и 21 % от обменного соответственно. Внесение удобрений сопровождалось изменением его количества в почвенном растворе. До посева риса содержание калия в водной вытяжке в контроле в луговой почве составляло 58 мг/кг, в лугово-болотной – 54 мг/кг. После уборки урожая оно уменьшилось на 16 и 8 мг/кг соответственно. Внесённые минеральные удобрения в нормах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$ способствовали стабилизации величины этого показателя на уровне весеннего содержания, который в луговой почве был выше, чем в контроле после уборки, на 15 и 18 мг/кг, в лугово-болотной – на 9 и 12 мг/кг.

Органический калий почвы, входящий в состав растительных остатков и микроорганизмов, в процессе минерализации переходит в почвенный раствор и становится доступным для растений. В связи со слабой гумусированностью луговой и лугово-болотной почв [9] на долю органической части калия приходилось лишь 0,21 и 0,23 % от валового соответственно. После сброса оросительной воды с рисовых полей и создания в почвах окислительных условий содержание органического калия в контрольном варианте в луговой почве снизилось на 2 мг/кг, или на 5,6 %, в лугово-болотной – на 4 мг/кг, или на 9,5 % и оставалось повышенным в вариантах с разными нормами удобрений, особенно при $N_{120}P_{80}K_{60}$ и $N_{150}P_{100}K_{75}$. Это связано с поступлением большего количества растительных остатков риса под их воздействием.

Динамика содержания обменного калия в почвах рисовых полей в период вегетации растений риса не подвержена резким колебаниям (табл. 2). Перед посевом риса в луговой почве оно составляло 236 мг/кг, в лугово-болотной – 244 мг/кг. После затопления с развитием восстановительных процессов, способствующих высвобождению фиксированного калия из глинистых минералов монтмориллонитовой группы в результате выветривания и гидролиза, отмечено пополнение запасов обменных форм этого элемента в почвах. К фазе кущения растений риса количество обменного калия в луговой и лугово-болотной почвах в контроле увеличилось на 4 и 6 мг/кг, или на 1,7 и 2,5 %, а в удобренных вариантах на 9...30 мг/кг, или на 3,8...12,7 %, и на 14...33 мг/кг, или на 5,7…13,5 %, соответственно, в зависимости от нормы внесения. Начиная с фазы кущения до выметывания риса оно постепенно снижалось. В это время интенсивность поглощения калия растениями риса начинает преобладать над мобилизацией из труднодоступных форм. Об этом свидетельствует дальнейшее, еще более значительное, уменьшение количества обменного калия в почвах в фазе выметывания растений риса. Возобновление в луговой и лугово-болотной почвах окислительных процессов в результате сброса оросительной воды с рисовых полей привело к снижению его содержания в контроле, относительно, фазы кущения на 15 и 20 мг/кг, или на 6,6 и 8,7 %, и на 18...24 мг/кг, или на 7,9...9,9 % и на 23...29 мг/кг, или на 9,8...11,7 % в вариантах с удобрениями соответственно.

Применение полного минерального удобрения позитивно отразилось на калийном режиме почвы. С увеличением нормы внесения содержание обменных форм этого элемента в почвах возрастало. Наибольшее его количество отмечено в вариантах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$. В период вегетации растений риса содержание обменного калия в луговой почве, увеличилось, по сравнению с контролем, в фазе кущения на 19 и 26 мг/кг, или на 7,9 и 10,8 %; в фазе вымётывания – на 10 и 17 мг/кг, или на 4,3 и 7,4 % и после уборки урожая – на 13 и 17 мг/кг, или на 5,8 и 7,6 %; в лугово-болотной почве – на 20 и 27 мг/кг, или на 8,0 и 10,8 %; 11 и 14 мг/кг, или на 4,5 и 5,8 %; на 15 и 18 мг/кг, или на 6,5 и 7,8 % соответственно. Причем в последней на протяжении всей вегетации риса содержание обменного калия в среднем было на 10 мг/кг, или на 4,0 %, больше, чем в луговой. Это связано с повышенным содержанием илистых частиц и более интенсивным гидролизом глинистых минералов в восстановленных условиях.

2. Динамика содержания обменного калия в почвах рисовых полей, мг/кг

Вариант	Срок определения			
	до посева	фаза кущения	фаза выметывания	после уборки урожая
Луговая почва				
$N_0P_0K_0$	236	240	230	225
$N_{90}P_{60}K_{45}$	236	245	233	227
$N_{120}P_{80}K_{60}$	236	252	237	231
$N_{150}P_{100}K_{75}$	236	259	240	238
$N_{180}P_{120}K_{90}$	236	266	247	242
$НСР_{05}$	–	3	4	4
Лугово-болотная почва				
$N_0P_0K_0$	244	250	242	230
$N_{90}P_{60}K_{45}$	244	258	244	235
$N_{120}P_{80}K_{60}$	244	264	248	239
$N_{150}P_{100}K_{75}$	244	270	253	245
$N_{180}P_{120}K_{90}$	244	277	256	248
$НСР_{05}$	–	5	4	6

Таким образом, внесение полного минерального удобрения улучшает калийный статус почв рисовых полей. Их применение в нормах $N_{150}P_{100}K_{75}$ и $N_{180}P_{120}K_{90}$ способствует увеличению содержания валового калия в луговой почве на 41 и 84 мг/кг, в лугово-болотной – на 55 и 76 мг/кг; водорастворимого – на 15 и 18 мг/кг и 9 и 12 мг/кг; обменного – на 16 и 30 мг/кг и 8 и 32 мг/кг; необменного гидролизуемого – на 16 и 20 мг/кг и 39 и 42 мг/кг и необменного инертного калия – на 70 и 179 мг/кг и 142 и 164 мг/кг соответственно. Количество обменного калия в затопленных почвах на фоне указанных норм удобрений увеличивается на 10…27 мг/кг, или на 4,3…10,8 %, что обеспечивает оптимальное калийное питание растениям риса в период вегетации.

Литература.

1. Тимирязев К. А. Жизнь растений. Избранные сочинения. Т. 3. М.: Сельхозгиз, 1949. С. 123.
2. Кидин В. В. Агрохимия азота, фосфора и калия. М.: РГАУ-МСХА, 2014. 254 с.
3. Якименко В. Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2003. 231 с.
4. Якименко В. Н. Баланс калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. 2019. № 10. С. 16–24.
5. Синягин И. И. Превращение фосфорных и калийных удобрений в почве и повышение их усвояемости. М.: ВНИТИСХ, 1968. 73 с.
6. Шеуджен А. Х. Агрохимия и физиология питания риса. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. 1012 с.
7. Особенности калийного питания сельскохозяйственных растений в оптимальных и неблагоприятных условиях / Н. В. Пухальская, В. Г. Сычев, А. А. Собачкин и др. М.: ВНИИА, 2009. 192 с.
8. Минеев В. Г. Агрохимия и экологические функции калия. М.: МГУ, 1999. 332 с.
9. Гумусное состояние почв рисовых полей / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, О. А. Подколзин и др. // Агрохимический вестник. 2019. № 6. С. 13–19.
10. Мобилизация почвенных фосфатов при возделывании риса / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Х. Д. Хурум и др. // Земледелие. 2019. № 6. С. 12–15.
11. Калий и методы его определения / А. Х. Шеуджен, В. П. Суетов, Х. Д. Хурум и др. Майкоп: Полиграф-Юг, 2017. 192 с.
12. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов. Майкоп: Полиграф-Юг, 2015. 664 с.
13. Середина В. П. Калий в автоморфных почвах на лессовидных суглинках. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984. 216 с.
14. Влияние высоких доз птичьего помета на изменение калийного состояния дерново-подзолистых почв / Р. Ф. Байбеков, В. А. Седых, Н. Л. Поветкина и др. / Плодородие. 2012. № 3 (66). С. 24–25.
15. Байбеков Р. Ф. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений. М.: ЦИНАО, 2003. 192 с.

Potassium status of soils in rice fields of the Kuban

A. Kh. Sheudzhen[1,2], O. A. Gutorova[1,2], H. D. Hurum[1], I. A. Lebedovsky, T. A. Illarionova[1]
[1]I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, ul. Kalinina, 13, Krasnodar, 350044, Russian Federation
[2]Federal scientific rice centre, pos. Belozernyi, 3, Krasnodar, 350921, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the work was to study the effect of fertilizers on the potassium regime of meadow and meadow-boggy soils in rice fields in the Republic of Adygeya. The experimental design provided for the option without fertilizers (control) and the use of N90P60K45, N120P80K60, N150P100K75 and N180P120K90. The soil was sampled before the flooding and sowing of rice, during the growing season and after harvesting from the layer of 0–20 cm. We determined the total content of potassium and its forms. In meadow and meadow-boggy soils, the share of exchange, non-exchange hydrolyzable, non-exchange inert and silicate potassium accounts for 1.3% and 1.2%; 8.9% and 8.2%; 19.7% and 20.9%; 70.1% and 69.7 % of the total amount (18,356 and 20,138 mg/kg), respectively. The proportion of water-soluble potassium was 21–23 % of the exchange potassium. The application of potassium fertilizers against the background of nitrogen-phosphorus fertilizers in the rates of N150P100K75 and N180P120K90 increased the amount of total potassium in the meadow and meadow-boggy soils, in relation to the control, by 41 and 84 mg/kg and 55 and 76 mg/kg; of water-soluble potassium – by 15 and 18 mg/kg and 9 and 12 mg/kg; of exchange potassium – by 16 and 30 mg/kg and 8 and 32 mg/kg; of non-exchange hydrolyzable potassium – by 16 and 20 mg/kg and 39 and 42 mg/kg; of non-exchange inert potassium – by 70 and 179 mg/kg and 142 and 164 mg/kg, respectively. The increase in the content of organic potassium was associated with the additional influx of plant residues into the soil under the influence of fertilizers. The improvement of the potassium regime of soils during their flooding was influenced by the norms of fertilizers of N150P100K75 and N180P120K90, with the application of which the amount of exchange potassium increased by 10–27 mg/kg, or by 4.3–10.8%, depending on the phase of rice vegetation. Meadow-boggy soil is better provided with total potassium and its forms than meadow one.*

Keywords: *rice (Oryza sativa); meadow soil; meadow-boggy soil; fertilizers; total potassium; water-soluble potassium; exchange potassium; non-exchange potassium; silicate potassium; organic potassium*

Author Details: *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.; I. A. Lebedovsky, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof.; T. A. Illarionova, post graduate student.*

For citation: *Sheudzhen AKh, Gutorova OA, Hurum HD, et al. [Potassium status of soils in rice fields of the Kuban]. Zemledelie. 2020;(5):6-9. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10502.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10503
УДК 631.416.9

Мониторинг содержания микроэлементов (Mn, Zn, Co) в агроценозах юго-западной части центрально-черноземного района России

Д. В. ЖУЙКОВ, зав. лабораторией (e-mail: oaem_agrohim_31@mail.ru)
Центр агрохимической службы «Белгородский», ул. Щорса, 8, Белгород, 308027, Российская Федерация

Исследования проводили с целью обобщения и анализа результатов государственного агроэкологического мониторинга пахотных почв по содержанию марганца (Mn), цинка (Zn) и кобальта (Co) в Белгородской области за 2015–2018 гг. Низким содержанием подвижного марганца характеризуются 38,6 % пахотных почв, цинка – 98,7 %, кобальта – 99,3 %. Главная причина дефицита подвижного цинка и кобальта в черноземе – низкое фоновое содержание. С увеличением объёмов внесения органических удобрений наметилась тенденция роста содержания в почвах подвижных форм марганца и стабилизация обеспеченности цинком и кобальтом. В почвенном профиле чернозема типичного установлена сильная связь между валовым содержанием кобальта и марганца (r = 0,88), обыкновенного (r = 0,55) – средняя, корреляция между кобальтом и цинком в черноземах обоих подтипов была одинаковой (r = 0,77). В растениях озимой пшеницы, люпина белого и сои больше микроэлементов накапливаются в семенах, чем в соломе, для растений гороха наблюдали обратную закономерность для марганца. Наибольшую аккумуляцию изучаемых минеральных элементов, особенно марганца, отмечали в люпине белом. Семена этого растения аккумулировали 1053,0 мг/кг марганца (это в 44 раза больше, чем в семенах сои), 43,5 мг/кг цинка, 0,90 мг/кг кобальта. Меньше всего микроэлементов было в растениях гороха: марганца в семенах – 9,22 мг/кг, цинка и кобальта в вегетативных органах – 3,34 и 0,10 мг/кг соответственно.

Ключевые слова: *марганец, кобальт, цинк, почва, чернозем, коэффициент накопления.*

Для цитирования: *Жуйков Д. В. Мониторинг содержания микроэлементов (Mn, Zn, Co) в агроценозах юго-западной части центрально-черноземного района России // Земледелие. 2020. №5. С. 9–13. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10503.*

Присутствие микроэлементов в микродозах от 0,1 до 0,00001 % необходимо для нормального функционирования живых организмов. Они входят в состав ферментов, витаминов и гормонов, участвуют в важнейших биохимических реакциях. Дефицит или избыточное их накопление в организме животных и растений приводит к сбоям в обмене веществ, что в конечном итоге вызывает развитие различных заболеваний [1].

Находясь в почвенном растворе в высоких концентрациях, микроэлементы поглощаются растениями и включаются в пищевые цепи, представляя опасность для здоровья человека. По степени токсичности отечественные нормативные документы относят Mn к третьему классу опасности, Co – ко второму, Zn – к первому. В то же время ряд ученых называет их «элементами жизни», подчеркивая возможность жизни и развития живых организмов только в присутствии этих минеральных элементов.

Важное значение имеет оптимальное содержание микроэлементов в кормовых растениях, что способствует повышению иммунитета и продуктивности животных [2].

Предельно допустимая концентрация (ПДК) валового марганца для всех типов почв составляет 1500 мг/кг. Ориентировочно-допустимая концентрация цинка в суглинистых и глинистых почвах с pH >5,5, согласно ГН 2.1.7.2511-09, – 220 мг/кг. Валовое содержание кобальта в почве не нормировано отечественным законодательством, в зарубежных источниках допустимым считается его содержание 250 мг/кг [3]. ПДК подвижных форм марганца, цинка и кобальта в почве составляет соответственно 140, 23 и 5 мг/кг.

Согласно ВМДУ-87 максимально допустимый уровень (МДУ) концентрации цинка в кормах для сельскохозяйственных животных (зерно, зернофураж, грубые и сочные корма) составляет 50,0 мг/кг, кобальта – 1,0 мг/кг. Содержание марганца в продовольственном сырье и пищевых продуктах не нормировано.

На сегодняшний день пахотные почвы многих регионов слабо обеспечены подвижными формами микроэлементов, что отрицательно сказывается на продуктивности растениеводства и устойчивости агроландшафтов [4, 5, 6]. Так, на всех реперных участках, расположенных в зоне деятельности ЦАС «Волгоградский», отмечен дефицит подвижных соединений цинка и кобальта при содержании этих элементов на уровне 0,60…0,64 мг/кг почвы и 0,04…0,06 мг/кг почвы соответственно. Динамика содержания марганца – отрицательная,

почвы реперных участков перешли из группы высокообеспеченных в группу со средней обеспеченностью подвижными формами этого элемента. Его средневзвешенное содержание снизилось с 27,8 мг/кг в 1995 г. до 16,2 мг/кг в 2016 г. [7]. Культурные растения на обследованной территории центральной, восточной и южной зон Курганской области испытывают острый недостаток в меди и цинке, соответственно 98,7 % и 91,5 % почв пашни бедны этими микроэлементами. Кобальтом бедны 69,5 % почв, марганцем – 42,7 %, молибденом – 26,8 % [8]. Почвы Чувашии характеризуются низкой обеспеченностью подвижным марганцем: 97 % пахотных земель содержат его в недостаточном количестве [9].

Цель исследований – изучение особенностей распределения марганца, цинка, кобальта в почвах юго-западной части ЦЧР России (на примере Белгородской области), а также их накопления в растениях на этой территории.

Для территории Белгородской области характерен умеренно-континентальный климат, изменяющийся с запада на юго-восток от влажного до недостаточно увлажненного, что отражается на закономерностях влияния факторов почвообразования. Почвенный покров зоны обследования представлен черноземами типичным (лесостепная зона, Прохоровский район, ГТК 1,1…1,2) и обыкновенными (степная зона, Ровеньский район, ГТК < 0,9) [10].

В работе проанализированы материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв и результаты локального агроэкологического мониторинга на реперных объектах (участки площадью 4…40 га в 20 административных районах) в Белгородской области. Аналитические исследования проводили в испытательной лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский». Подвижные формы микроэлементов извлекали ацетатно-аммонийным буфером (ААБ) с pH 4,8 по методу Крупского и Александровой: марганец – по ГОСТ Р 50685-94, цинк – по ГОСТ Р 50686-94, кобальт – по ГОСТ Р 50683-94. Валовое содержание изучаемых элементов измеряли на атомно-абсорбционном спектрометре Квант-2М после экстракции 5М HNO_3 согласно методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (ЦИНАО, 1992 г.).

При статистической обработки результатов исследований рассчитывали средние значения с доверительным интервалом ($\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$), а также коэффициент вариации (V).

Для количественной оценки распределения и накопления микроэлементов в отдельных генетических горизонтах при различных почвенно-геохимических условиях рассчитывали коэффициента накопления ($K_н$) – отношение валового содержания микроэлемента в генетическом горизонте к его концентрации в почвообразующей породе.

В природе поступление микроэлементов в ландшафты происходит главным образом из почвообразующих пород. Среди антропогенных источников – выбросы предприятий черной и цветной металлургии, сточные воды, микроудобрения, пестицидные препараты. На территории Белгородской области основной и наиболее значимый источник поступления микроэлементов в агроландшафты – органические удобрения (табл. 1). В результате реализации программ развития птицеводства и свиноводства начиная с 2006 г. на территории области вырос уровень их применения. В 2015–2018 гг. он достиг рекордного значения 8,1 т/га посевной площади [11].

По нашим данным, среди органических удобрений наибольшие валовые концентрации цинка в расчете сухого вещества (2401 мг/кг) и кобальта (6,76 мг/кг) содержатся в навозных стоках, марганца (284 мг/кг) – в соломопометном компосте (см. табл. 1). Самая низкая средняя валовая концентрация цинка (80 мг/кг) и кобальта (1,40 мг/кг) отмечена в навозе КРС, марганца (179 мг/кг) – в навозных стоках. При внесении средних доз органических удобрений: соломопомётного компоста 15 т/га, навоза КРС 40 т/га и навозных стоков 70 т/га в почву поступит марганца соответственно 1335; 480; 6,17 г/га, цинка – 2520; 200; 82,8 г/га, кобальта – 13,1; 3,5; 0,23 г/га.

Незначительное количество марганца, цинка, кобальта как сопутствующих элементов поступает в агроценозы с наиболее распространенными в области минеральными удобрениями: аммиачной селитрой – соответственно 1,3; 0,68; 0,26 мг/кг и азофоской (16:16:16) – 72,4; 11,8; 0,18 мг/кг.

По результатам исследований в юго-западной части Центрального Черноземья наибольшим валовым содержанием Mn, Zn и Co характеризуются верхние горизонты почвы пахотных земель: в черноземах типичных оно составляет 345; 36,5; 8,48 мг/кг; в черноземах обыкновенных – 397; 42,9; 9,51 мг/кг. Аналогичная ситуация характерна для заповедных земель. Концентрация микроэлементов в черноземе обыкновенном (природный парк «Ровеньский») выше, чем в типичном (территория участка «Ямская степь» государственного заповедника «Белогорье»). Однако абсолютные фоновые значения содержания элементов в гумусово-аккумулятивных горизонтах, по сравнению с пахотными землями, выше только по марганцу и цинку. На глубине 10…20 см целинного чернозёма типичного концентрация марганца, цинка и кобальта составляет соответственно 362; 44,7; 8,3 мг/кг, в слое 15…25 см чернозёма обыкновенного – 442; 51,2; 8,6 мг/кг.

Почвы более тяжёлого механического состава, как правило, отличаются повышенным содержанием микроэлементов. Чернозем обыкновенный сформировался на карбонатных лёссовидных глинах более тяжелого гранулометрического состава и высокодисперсные минералы способствуют закреплению элементов. Кроме того, ввиду большей окарбоначенности он обладает повышенным окислительно-восстановительным потенциалом, что также способствует переводу микроэлементов в труднодоступные для растений формы [12, 13]. С глубиной почвенный раствор подщелачивается и валовые запасы микроэлементов снижаются (табл. 2).

По результатам наших исследований установлены тесные связи между содержанием органического вещества и марганца (r = 0,77 в черноземе типичном и 0,79 в черноземе обыкновенном). Существует высокая одинаковая степень ассоциации валового содержания кобальта и цинка (r = 0,77) по почвенному профилю

1. Содержание микроэлементов в органических удобрениях и дефекате, мг/кг

Вид удобрения	Показатель	Mn		Zn		Co	
		на исходную влажность	на сухое вещество	на исходную влажность	на сухое вещество	на исходную влажность	на сухое вещество
Стоки навозные (влажность 97,78 %, n = 26)	lim	1,13…7,08	50,9…319	22,7…88,9	1023…4005	0,08…0,23	3,6…10,4
	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	3,97 ± 0,59	179 ± 27	53,3 ± 7,77	2401 ± 350	0,15 ± 0,02	6,76 ± 0,90
	V, %	36,7		36,1		25,6	
Компост соломопомётный (влажность 34 %, n = 25)	lim	66…257	118…459	139…451	248…805	0,65…2,54	1,16…4,54
	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	159 ± 21,0	284 ± 38	300 ± 42,1	536 ± 75,2	1,56 ± 0,21	2,79 ± 0,38
	V, %	32,6		34,7		33,7	
Навоз КРС (влажность 75 %, n = 32)	lim	17,4…88,4	69,6…354	11,5…37,4	46…150	0,14…0,56	0,56…2,24
	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	48,0 ± 5,32	192 ± 21,3	20,0 ± 2,44	80,0 ± 9,76	0,35 ± 0,05	1,40 ± 0,20
	V, %	30,8		33,8		36,5	
Дефекат (влажность 13 %, n = 18)	lim	97,4…268	112…308	16,6…62,7	19,1…72,1	1,81…4,35	2,08…5
	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	185 ± 26,9	213 ± 30,9	43,8 ± 7,54	50,3 ± 8,67	2,76 ± 0,40	3,17 ± 0,46
	V, %	29,3		34,6		28,8	

2. Валовое содержание Mn, Zn, Co в черноземе типичном и черноземе обыкновенном, мг/кг

Генетический горизонт*	Чернозем типичный						Чернозем обыкновенный					
	$pH_{вод}$, ед.	органическое вещество, %	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	lim	V, %	$K_н$	$pH_{вод}$, ед.	органическое вещество, %	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	lim	V, %	$K_н$
Mn												
$A_{пах}$	6,7	5,6	345 ± 14,6	245...396	9,6	1,53	7,8	5,2	397 ± 17,9	311...463	10,2	1,43
A	6,9	5,0	329 ± 15,9	254...393	10,9	1,46	7,9	4,8	390 ± 16,9	315...445	9,8	1,40
AB	7,5	3,6	308 ± 17,0	241...383	12,4	1,37	7,9	4,1	363 ± 21,8	246...434	13,5	1,31
B_{Ca}	8,0	2,1	256 ± 19,4	154...321	17,1	1,14	8,1	2,9	327 ± 19,6	238...420	13,5	1,17
BC_{Ca}	8,1	1,3	234 ± 18,8	175...328	18,1	1,03	8,3	1,9	287 ± 16,2	225...387	12,7	1,03
C_{Ca}	8,1	1,0	232 ± 21,7	123...317	21,1	1,00	8,3	1,6	279 ± 10,3	233...327	8,3	1,00
Zn												
$A_{пах}$	6,7	5,6	36,5 ± 2,91	23,2...52,5	18	1,19	7,8	5,2	42,9 ± 2,20	33,6...50,5	11,5	1,24
A	6,9	5,0	35,1 ± 2,42	23,5...44,0	15,6	1,14	7,9	4,8	42,1 ± 2,18	31,0...50,0	11,7	1,21
AB	7,5	3,6	33,6 ± 2,27	24,5...44,1	15,3	1,10	7,9	4,1	40,9 ± 2,36	25,8...48,3	13	1,18
B_{Ca}	8,0	2,1	32,1 ± 3,01	20,3...42,7	21,1	1,04	8,1	2,9	38,7 ± 2,32	28,6...46,6	13,5	1,11
BC_{Ca}	8,1	1,3	31,2 ± 2,34	21,2...41,7	16,9	1,01	8,3	1,9	36,2 ± 2,47	26,4...46,6	15,4	1,03
C_{Ca}	8,1	1,0	31,2 ± 2,91	16,8...43,0	21,1	1,00	8,3	1,6	35,3 ± 2,55	24,9...44,2	16,3	1,00
Co												
$A_{пах}$	6,7	5,6	8,48 ± 0,37	5,91...9,64	10	1,29	7,8	5,2	9,51 ± 0,46	7,80...10,9	11,0	1,24
A	6,9	5,0	8,34 ± 0,36	6,39...9,26	9,8	1,27	7,9	4,8	9,55 ± 0,44	7,10...10,9	10,3	1,25
AB	7,5	3,6	8,23 ± 0,42	6,43...10,1	11,6	1,25	7,9	4,1	9,37 ± 0,52	6,60...11,5	12,6	1,22
B_{Ca}	8,0	2,1	7,14 ± 0,55	4,87...9,68	17,3	1,08	8,1	2,9	8,67 ± 0,47	6,10...10,8	12,2	1,13
BC_{Ca}	8,1	1,3	6,61 ± 0,38	5,14...8,45	12,9	1,00	8,3	1,9	8,01 ± 0,55	6,10...10,5	15,6	1,04
C_{Ca}	8,1	1,0	6,71 ± 0,53	4,24...9,14	17,8	1,00	8,3	1,6	7,74 ± 0,47	5,90...9,50	13,7	1,00

**средняя мощность горизонтов:*
чернозем типичный – $A_{пах}$ – 0...25 см, A – 26...36 см, AB – 47...90 см, B_{Ca} – 91...111 см, BC_{Ca} – 112...134 см, C_{Ca} – > 135 см
чернозем обыкновенный – $A_{пах}$ – 0...25 см, A – 26...43 см, AB – 44...72 см, B_{Ca} – 73...90 см, BC_{Ca} – 91...124 см, C_{Ca} – >125 см

указанных подтипов черноземов, а связь между валовой концентрацией кобальта и марганца в черноземе типичном (r = 0,88) сильнее, чем в обыкновенном (r = 0,55). Между распределением марганца и цинка установлены корреляционные связи средней величины: r = 0,63 в черноземе типичном и r = 0,59 в черноземе обыкновенном.

В целом по почвенному профилю $K_н$ марганца и кобальта несколько выше в черноземе типичном, цинка – в черноземе обыкновенном. По сравнению с содержанием марганца, цинка, кобальта в породе, накопление этих элементов в пахотном горизонте ($A_{пах}$) чернозема типичного составило соответственно 1, 53; 1,19; 1,29, чернозема обыкновенного – 1,43; 1,24; 1,24.

С точки зрения жизнеобеспеченности питательными веществами растений, больший интерес вызывает доступность подвижных форм микроэлементов. Как свидетельствуют результаты сплошного агрохимического обследования почв Белгородской области, максимальное содержание подвижного марганца и цинка фиксировали в 1990–1994 гг., за 1995–2009 гг. оно снизилось до минимума (табл. 3) [14]. Такая ситуация была вызвана отрицательным балансом питательных веществ в агроэкосистемах области на протяжении 1995–2008 гг. из-за резкого снижения уровня использования органических удобрений, объем внесения которых в 2006 г. составлял 912 тыс. т (0,9 т/га посевной площади) [11]. Подвижный кобальт при сплошном агрохимическом обследовании пахотных почв начали определять в 2005–2009 гг. В 2010–2014 гг. к категории низкообеспеченных по содержанию подвижных форм цинка относилось 99,2 % пахотных почв, кобальта – 94,1, марганца – 54,4 % [15].

К 2018 гг. произошел небольшой рост содержания подвижного марганца до среднего (по существующей градации) уровня обеспеченности – 11,7 мг/кг, при этом концентрация подвижных форм цинка и кобальта не снижалась. Тем не менее, по данным сплошного агрохимического обследования 2015–2018 гг., большинство пахотных почв области относится к категории низкообеспеченных подвижными формами этих элементов (98,7 % и 99,3 % площади соответственно), что потенциально ограничивает возможности производства высококачественной сельскохозяйственной продукции. Доля почв области, низко обеспеченных подвижным марганцем, составляет 38,6 %.

Чернозем обыкновенный, несмотря на большие абсолютные значения валового содержания микроэлементов, обеспечен их подвижными формами в меньшей степени. При этом в почвах естественных ландшафтов их концентрация, за исключением марганца в черноземе типичном, выше. Содержание подвижных марганца, цинка, кобальта в верхних горизонтах заповедных черноземов типичного и обыкновенного составляет 10,9; 0,79; 0,20 и 6,10; 0,80; 0,14 мг/кг соответственно, в пахотных горизонтах – 16,7; 0,39; 0,08 и 4,14; 0,36; 0,09 мг/кг,. Пониженное содержание подвижных форм микроэлементов в верхних горизонтах пахотных почв обусловлено выносом с сельскохозяйственной продукцией.

Концентрация подвижных форм минеральных элементов варьировала по почвенному профилю сильнее, чем их валовое содержание. В процентном выражении доля подвижных марганца, цинка, кобальта к валовому их содержанию в среднем по почвенному профилю чернозема типичного составила 5,27; 1,11; 1,38 %, чернозема обыкновенного – 2,2; 1,07; 1,30 % соответственно,

Наибольшую концентрацию подвижных марганца и цинка отмечали в горизонтах $A_{пах}$ (16,7 и 0,39 мг/кг) и C_{Ca} (17,7 и 0,43 мг/кг) чернозема типичного (см. рисунок). Самое низкое содержание подвижных марганца (9,24 мг/кг), цинка (0,26 мг/кг) и кобальта (0,06 мг/кг) фиксировали в горизонте AB, ввиду закрепления микроэлементов щелочным барьером ($pH_{вод}$ между горизонтами A и B резко возрастал с 6,9 до 8,0 ед.). Концентрация подвижных форм кобальта в горизонтах $A_{пах}$, A, AB изменялась незначительно (0,06...0,08 мг/кг), увеличиваясь к горизонту C_{Ca} (0,14 мг/кг),

3. Динамика средневзвешенного содержания подвижных Mn, Zn, Co в пахотных почвах Белгородской области

Годы	Средневзвешенное содержание подвижных форм микроэлементов, мг/кг почвы		
	Mn	Zn	Co
1990–1994	17,5	1,40	нет данных
1995–1999	12,1	0,66	нет данных
2000–2004	9,8	0,51	нет данных
2005–2009	9,2	0,50	0,08
2010–2014	10,3	0,52	0,10
2015–2018	11,7	0,50	0,08

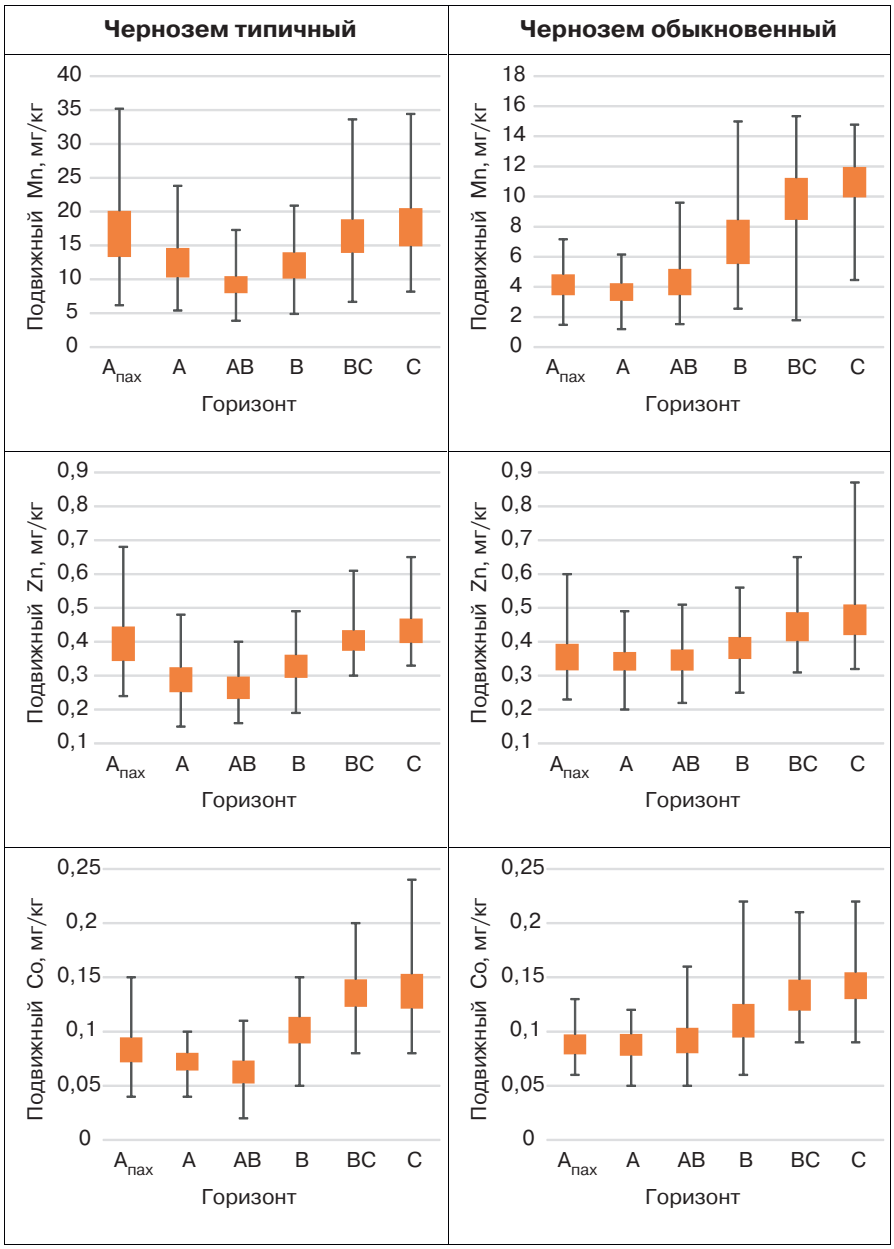


Рисунок. *Распределение подвижных форм микроэлементов (Mn, Zn, Co) в профиле черноземов типичного и обыкновенного («коробки» – средние значения содержания подвижных форм микроэлементов с доверительным интервалом ($\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$, «усы» – максимальные и минимальное значения для соответствующих групп наблюдений).*

Содержание подвижных форм марганца (4,14 мг/кг) в горизонте $А_{пах}$ чернозема обыкновенного в 4 раза ниже, чем в черноземе типичном, ввиду подщелачивания почвенной среды. Концентрация подвижного цинка и кобальта в горизонтах $А_{пах}$, А, АВ почвы этого типа находилась на одном уровне. Лучше всего марганцем, цинком и кобальтом были обеспечены нижние горизонты $С_{Са}$ – 11,0, 0,47 и 0,14 мг/кг, соответственно,

Результаты исследования растениеводческой продукции свидетельствуют, что у озимой пшеницы, люпина белого и сои микроэлементы больше накапливаются в зерне, чем в соломе, у гороха наблюдалось обратное соотношение по марганцу (табл. 4).

По обобщенным данным, количество марганца в растениях в среднем составляет 10…300 мг/кг сухой массы, дефицит его проявляется при концентрациях 15…25 мг/кг, а токсичное воздействие – при 500 мг/кг [16, 17]. Однако существуют виды, содержание этого элемента в которых может достигать 1000 мг/кг сухой массы без проявления каких-либо признаков физиологического стресса [18, 19]. По результатам наших исследований установлена гиперакумуляция марганца в семенах люпина белого – 1053 мг/кг, что в 44 раза больше, чем в семенах сои. В зерне озимой пшеницы, семенах сои и гороха величина этого показателя составляет 33,3; 24,1 и 9,22 мг/кг соответственно. В кормовых травах содержание марганца примерно одинаковое (28,5…31,2 мг/кг) и меньше, чем в заповедном степном разнотравье (41,2 мг/кг).

Нормальное содержание цинка в растениях составляет 20…60 мг/кг [20], а при 300 мг/кг они испытывают вредное воздействие этого минерального элемента [21, 22]. В наших исследованиях цинк преимущественно был сосредоточен в семенах растений: люпин белый – 43,5 мг/кг, соя – 25,3 мг/кг, озимая пшеница – 28,6 мг/кг, горох – 26,5 мг/кг. Содержание цинка в люцерне, клевере и эспарцете

4. Содержание Mn, Zn, Co в растениеводческой продукции, мг/кг абсолютно сухого вещества

Микроэлемент	Показатель	Озимая пшеница		Люпин белый		Соя		Горох		Клевер (сено)	Эспарцет (сено)	Люцерна (сено)	Луговое разнотравье (сено) – фон
		зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома				
Mn	n	22	22	20	20	22	22	22	22	22	22	22	22
	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	33,3± 2,7	23,7± 2,0	1053± 50	841± 91	24,1± 1,2	12,4± 1,1	9,2± 0,5	18,0± 1,7	31,2± 1,7	30,7± 1,0	28,5± 1,5	41,2± 3,0
	lim	23,0… 48,1	15,3… 30,9	857… 1221	594… 1207	16,9… 27,9	7,50… 17,6	7,3… 10,9	7,76… 22,5	24,5… 37,6	27,4… 34,9	22,9… 37,5	31,6… 53,9
	V, %	18,9	19	10,3	23,2	10,8	20	11,6	21,0	12,3	7,1	11,8	16,3
Zn	n	20	20	20	20	22	22	22	22	22	22	22	22
	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	28,6± 1,6	10,4± 0,7	43,5± 1,9	9,0± 1,2	35,6± 3,5	6,4± 0,6	26,5± 1,5	3,3± 0,6	16,5± 0,8	17,8± 1,0	14,0± 1,8	21,7± 1,2
	lim	23,4… 34,0	8,55… 13,7	36,5… 51,1	6,1… 16,2	25,3… 47,3	4,49… 8,54	17,3… 30,9	1,3… 5,5	13,0… 19,2	12,7… 20,7	6,9… 19,8	16,3… 26,3
	V, %	11,6	14,1	9,4	28,5	22,5	20,7	12,6	38,5	11,0	12,7	29,3	12,8
Co	n	20	20	20	20	20	20	22	22	22	22	22	22
	$\bar{x} \pm t_{05}s\bar{x}$	0,12± 0,01	0,11± 0,01	0,90± 0,11	0,60± 0,07	0,21± 0,01	0,14± 0,01	0,18± 0,01	0,10± 0,01	0,21± 0,01	0,07± 0,01	0,07± 0,01	0,09± 0,01
	lim	0,08… 0,15	0,09… 0,14	0,64… 1,41	0,38… 0,93	0,16… 0,25	0,11… 0,19	0,15… 0,21	0,06… 0,12	0,17… 0,24	0,04… 0,08	0,05… 0,12	0,04… 0,15
	V, %	15,4	13,9	27,0	25,1	14,3	18,4	10,0	16,0	9,3	17,0	21,7	30,6

варьировало от 14,0 до 17,8 мг/кг, а в заповедном разнотравье составляло 21,7 мг/кг.

Содержание кобальта в растительных кормах в количестве менее 0,08…0,10 мг/кг сухой массы препятствует нормальному развитию животных. В наших исследованиях близкие к этим величины отмечены в эспарцете и люцерне (0.07 мг/кг), в клевере его содержание было в 3 раза выше (0,21 кг/кг). В семенах люпина белого, сои, гороха и озимой пшеницы концентрация кобальта превышало величину этого показателя в соломе и составляло 0,90; 0,21; 0,18 и 0,12 мг/кг соответственно, что свидетельствует о более интенсивной его аккумуляции бобовыми растениями, по сравнению со злаковыми. Содержание этого элемента в луговом разнотравье заповедника составляло 0,09 мг/кг.

Таким образом, пахотные почвы в Белгородской области практически полностью относятся к категории низко обеспеченных подвижными формами цинка и кобальта. Важное значение для восполнения микроэлементов в агроценозах имеет применение органических удобрений, среди которых наибольшее количество марганца (284 мг/кг сухого вещества) содержится в соломопометном компосте, цинка и кобальта (2401 и 6,76 мг/кг) – в навозных стоках.

В пахотном горизонте ($A_{пах}$) валовое содержание марганца, цинка, кобальта в степном черноземе обыкновенном выше, чем в лесостепном черноземе типичном в 1,15; 1,18; 1,12 раза, соответственно. Для указанных микроэлементов характерно биофильное накопление в пахотном слое, которое составило 1,53; 1,19; 1,29 в черноземе типичном и 1,43; 1,24; 1,24 в черноземе обыкновенном.

Содержание подвижных форм марганца и кобальта выше в пахотном слое чернозема типичного (в 4,03 и 1,08 раза), цинка – в черноземе обыкновенном (в 1,13 раза).

Наибольшие концентрации марганца, цинка, кобальта фиксировались в зерне люпина – 1053; 43,5; 0,90 мг/кг сухой массы, а наименьшие – в зерне гороха – 9,22; 26,5; 0,18 мг/кг, соответственно. Содержание микроэлементов в озимой пшенице, люпине белом и сое было выше в основной продукции, а в растениях гороха – в побочной.

Литература.

1. Глинка Н. Л. Общая химия: учебное пособие для вузов. 30 изд., испр. М.: Интеграл-Пресс, 2003. 727 с.

2. Пейве Я. В., Айзупиет И. П. Краткий обзор результатов исследований по проблеме «микроэлементы в растениеводстве и животноводстве» за 1972 г. // Микроэлементы в СССР: методические материалы. 1974. С. 23–32.

3. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety // Environment International. 2016. Vol. 88. P. 299–309. doi: 10.1016/j.envint.2015.12.017.

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

5. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв Брянской области / П. В. Прудников, С. В. Карпеченко, А. А. Новиков и др. Брянск: Издательство ГУП «Клинцовская городская типография», 2007. 608 с.

6. Мониторинг агрохимических показателей почв Липецкой области / П. А. Чекмарев, Ю. И. Сискевич, Н. С. Бровченко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 9–16.

7. Сухова О. В., Болдырев В. В., Акулов А. В. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах Волгоградской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 20 -21. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10405.

8. Лысухин Д. В. Агрохимическая характеристика почв центральной, восточной и южной зон Курганской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 35 -41. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10409.

9. Лисицын С. В., Ахметшин Ш. М., Белов О. А. Состояние и динамика плодородия почв пахотных земель в Чувашской Республике // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 31 -34. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10408.

10. Марганец и цинк в почвах Каменной Степи при различной степени гидроморфизма / Д. И. Щеглов, Н. С. Горбунова, Л. А. Семенова и др. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2012. № 2. С. 220–226.

11. Лукин С. В. Биологизация земледелия в Белгородской области: итоги и перспективы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 20–23.

12. Побилат А. Е., Волошин Е. И. Марганец в почвах и растениях южной части Средней Сибири // Микроэлементы в медицине. 2017. № 2 (18). С. 43–47.

13. McKenzie R. M., Varentsov I. M., Grasselly G. The manganese oxides in soils // Geology and Geochemistry of Manganese. Budapest: Akademiai Kiado, 1980. 259 p.

14. Лукин С. В., Авраменко П. М., Меленцова С. В. Динамика содержания подвижных форм цинка и марганца в почвах Белгородской области // Агрохимия. 2006. № 7. С. 5–8.

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

16. Дуглас П. О. Воздействие загрязнения микроэлементами на растения // Загрязнение воздуха и жизнь растений. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. С. 327–356.

17. Loneragan J. F., Nicholas D. J. D., Egan A. R. The availability and absorption of trace elements in soil-plant systems and their relation to movement and concentration of trace elements in plants // Trace Elements in Soil-Plant-Animal Systems. New York: Academic Press, 1975. 109 p.

18. Manganese accumulation in the leaf mesophyll of four tree species: a PIXE/EDAX localization study / D. R. Fernando, E. J. Bakkaus, N. Perrier, et al. // New Phytologist. 2006. Vol. 171. No. 4. P. 751–758.

19. Effects of manganese on the microstructures of Chenopodium ambrosioides L. / S. Xue, F. Zhu, C. Wu, et al. // International Journal of Phytoremediation. 2015. Vol. 18. No. 7. P. 710–719.

20. Ковальский В. В., Раецкая Ю. И., Грачева Т. И. Микроэлементы в растениях и кормах. М.: Колос. 1971. 235 с.

21. Воропаев В.Н., Машкова О.М. Цинк в почвах и растениеводческой продукции стационарного опыта // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2009. № 2. С. 26–31.

22. Хижняк Р. М. Экологическая оценка содержания микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo, Cr, Ni) в агроэкосистемах лесостепной зоны юго-западной части ЦЧО: автореф. дис. … канд. биол. наук. М., 2016. 24 с.

Monitoring of the content of trace elements (Mn, Zn, Co) in agrocenoses of the south-western part of the Central Chernozem region of Russia

D. V. Zhuikov
Center of Agrochemical Service "Belgorodsky", ul. Shchorsa, 8, Belgorod, 308027, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to summarize and analyze the results of state agro-ecological monitoring of arable soils for the content of manganese (Mn), zinc (Zn) and cobalt (Co) in the Belgorod region during 2015–2018. The low content of mobile manganese in the federal subject is characteristic for 38.6% of arable soils, of zinc – for 98.7%, of cobalt – for 99.3%. The main reason for the deficiency of mobile zinc and cobalt in chernozem is the low background content. With an increase in the application of organic fertilizers, there was a tendency for an increase in the content of mobile forms of manganese in soils and a stabilization of the supply with zinc and cobalt. In the soil profile of typical chernozem, a strong relationship was established between the total content of cobalt and manganese (r = 0.88). This correlation in ordinary chernozem was average (r = 0.55). The correlation between cobalt and zinc in chernozems of both subtypes was the same (r = 0.77). In plants of winter wheat, white lupine, and soybeans more microelements accumulate in seeds than in straw; for pea plants, the opposite pattern was observed for manganese. The greatest accumulation of the studied mineral elements, especially manganese, was noted in white lupine. The seeds of this plant accumulated 1053.0 mg/kg of manganese (this is 44 times more than in soybean seeds), 43.5 mg/kg of zinc, 0.90 mg/kg of cobalt. The least trace elements were in pea plants: 9.22 mg/kg of manganese in seeds, 3.34 mg/kg and 0.10 mg/kg of zinc and cobalt, respectively, in vegetative organs.*

Keywords: *manganese; cobalt; zinc; soil; chernozem; accumulation coefficient.*

Author Details: *D. V. Zhuikov, head of laboratory (e-mail: oaem_agrohim_31@mail.ru).*

For citation: *Zhuikov DV [Monitoring of the content of trace elements (Mn, Zn, Co) in agrocenoses of the southwestern part of the Central Chernozem region of Russia]. Zemledelije. 2020. (5):9-13. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10503.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10504
УДК 631.46:631.417.2

Влияние обработки растительных остатков сельскохозяйственных культур биопрепаратами на подвижные гумусовые вещества чернозема типичного слабоэродированного

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

Исследования проводили с целью изучения влияния обработки растительных остатков сельскохозяйственных культур биопрепаратами, а также совместного внесения азотных минеральных удобрений и растительных остатков на содержание и состав подвижных гумусовых веществ и связи со скоростью разложения растительных остатков. Работу выполняли в 2018–2019 гг. на двух полях в стационарном полевом опыте в Курской области. Почва – чернозем типичный слабоэродированный. Схема опыта включала следующие варианты: измельченная побочная продукция – контроль; измельченная побочная продукция + N10 кг д.в. на 1 т побочной продукции; измельченная побочная продукция + биопрепараты (Грибофит, 5 л/га + Имуназот, 3 л/га). В поле 1 возделывали ячмень (2018) и гречиху (2019), в поле 2 – подсолнечник (2018) и ячмень (2019). После разложения поступающих в почву соломы зерновых, обработанной биопрепаратами, и пожнивно-корневых остатков содержание подвижных гуминовых кислот, степень гумификации и качество подвижных гумусовых веществ (Спгк:Спфк) были больше, чем в контроле и варианте с внесением растительных остатков совместно с N. После разложения стеблей подсолнечника, обработанных биопрепаратами, отмечена только тенденция к увеличению содержания подвижных гумусовых веществ и улучшению их качества. Под влиянием биопрепаратов скорость разложения растительных остатков изучаемых культур в почве увеличивалась, по сравнению с контролем, в 1,2…4,0 раза. В 2019 г. она была выше, чем в 2018 г., который отличался высокой засушливостью. Установлена прямая средняя корреляция скорости разложения растительных остатков изучаемых культур в пахотном слое почвы в 2018 г. с соотношением Спгк:Спфк (r =0,60…0,70), в 2019 г. тесная и очень тесная (r=0,82…0,98) с содержанием подвижных гумусовых веществ, подвижных гуминовых кислот, степенью гумификации и соотношением Спгк:Спфк.

Ключевые слова: *биопрепараты, растительные остатки, азотные минеральные удобрения, подвижные гумусовые вещества, степень гумификации, качество, скорость разложения, чернозем типичный слабоэродированный.*

Для цитирования: *Влияние биопрепаратов на содержание и состав подвижных гумусовых веществ чернозема типичного слабоэродированного / Н. П. Масютенко, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко и др. // Земледелие. 2020. № 5. С. 14–18. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10504.*

Органическое вещество формирует и поддерживает основные режимы, свойства и функции почвы, выступает важным фактором формирования высокого и стабильного урожая сельскохозяйственных культур. Сохранение и накопление органического вещества – важнейшее условие предотвращения деградации почвы и оптимизации ее плодородия [1].

В условиях недостаточного поступления в пахотные почвы органического вещества и снижения содержания органического углерода важнейшим источником его пополнения служат побочная продукция и пожнивно-корневые остатки сельскохозяйственных культур. Для усиления положительного воздействия растительных остатков на почву необходимо повышение их разложения и гумификации. Один из способов увеличения скорости этих процессов, получающих распространение в последние годы в практике агропромышленного комплекса, – инокуляция побочной продукции перед заделкой в почву микробиологическими препаратами-деструкторами, которая обеспечивает интродукцию активных штаммов микроорганизмов на солому и в дальнейшем – в почву [2].

Имеются сведения о том, что внесение биопрепаратов приводит к улучшению минерального питания растений, подавляет рост фитопатогенных микроорганизмов, способствует усиленному развитию корневой системы растений [3, 4, 5]. Кроме того, их применение на стерне увеличивает скорость разложения послеуборочных растительных остатков, обогащает почву органическим веществом, повышает биологическую активность почвы [6, 7, 8]. По данным ряда авторов [9, 10], существует тенденция к увеличению содержания органического углерода в почве или углерода, экстрагируемого горячей водой, при внесении инокулированной микробной культуры, по сравнению с вариантами, где этот прием не использовали. Однако работ по исследованию влияния биопрепаратов на органическое вещество почвы недостаточно, чтобы прогнозировать изменение гумусного состояния почв при их применении.

Сильнее всего влиянию внешних факторов подвержена лабильная, наиболее трансформируемая, часть органического вещества почвы. Среди гумусовых веществ черноземов выделяют подвижные гумусовые вещества (Спгв), к которым относят молодые формы гумуса, непрочно связанные с минеральной частью почвы и обогащенные азотом (C:N не более 12), способные относительно быстро трансформироваться и освобождать азот для растений [11].

Цель работы – изучение влияния обработки растительных остатков сельскохозяйственных культур биопрепаратами, а также совместного внесения азотных минеральных удобрений и растительных остатков на содержание и состав подвижных гумусовых веществ и связи этих агроприемов со скоростью разложения растительных остатков в черноземе типичном слабоэродированном.

Исследование проводили в 2018–2019 гг. в стационарном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская обл., Медвенский р-н, с. Панино) в черноземе типичном слабоэродированном тяжелосуглинистом на двух полях.

Опыт заложен в соответствии с общепринятыми методиками *(Б. А. Доспехов, 1985)* в трехкратной повторности на каждом из двух полей. Размещение вариантов систематическое. Общая площадь делянки составляла 600 м^2 (12 м × 50 м), учетная – 480 м^2. Глубина отвальной обработки под кукурузу 25…28 см, под остальные культуры – 20…22 см. На первом поле в 2018 г. возделывали яровой ячмень Суздалец, в 2019 г. – гречиху Деметра; на втором – соответственно подсолнечник масличный Имерия и яровой ячмень Суздалец. Предшественником была озимая пшеница сорта Синтетик. Технологии возделывания культур общепринятые в регионе.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) измельченная побочная продукция – контроль; 2) измельченная побочная продукция + N_{10} кг д.в. на 1 т побочной продукции; 3) измельченная

побочная продукция + биопрепараты (Грибофит, 5 л/га + Имуназот, 3 л/га).

В качестве азотных минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, в качестве биопрепаратов – Грибофит и Имуназот. В состав Грибофита входят споры и мицелий гриба *Trichoderma*, а также, продуцируемые грибом в процессе производственного культивирования биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны). Этот экологически безопасный препарат обладает биофунгицидными, ростостимулирующими и фосфатмобилизирующими свойствами. В состав Имуназота входят ризосферные бактерии *Pseudomonas*. Это биофунгицид, ростостимулятор, фосфатмобилизатор контактного и системного действия [12].

Обработку измельченных растительных остатков биопрепаратами проводили ОП-2000/24, внесение аммиачной селитры – навесным разбрасывателем РН-0,8, измельченные растительные остатки заделывали в почву дисковыми боронами на глубину 10…12 см.

Для изучения изменения содержания и состава подвижных гумусовых веществ отбирали смешанные образцы почвы по диагонали делянок из 5 точек буром в слоях 0…10 и 10…20 см: после уборки культур и через 39…70 дней после заделки растительных остатков. Содержание и состав подвижных гумусовых веществ в почвенных образцах определяли в 0,1 н вытяжке NaOH без декальцирования в модификации Почвенного института им. В. В. Докучаева [11] с предварительным 7-дневным компостированием (ВНИИЗиЗПЭ) в термостате при оптимальных влажности и температуре почвы (60 % от общей влагоемкости и 26…28 °С). Степень гумификации подвижных гумусовых веществ ($СГ_{пгв}$) рассчитывали по формуле [13] $СГ_{пгв}$ (%)= Спгк:Спгв × 100, где Спгк – углерод подвижных гуминовых кислот, мг/кг почвы; Спгв – углерод подвижных гумусовых веществ, мг/кг почвы; 100 – коэффициент для перевода в проценты

Скорость разложения растительных остатков (Vpo) рассчитывали по формуле $Vpo=(PO_0-PO_t)/(PO_0 n)$, где PO_0 и PO_t – соответственно начальное и конечное количество растительных остатков в почве, т/га; n – число дней, в течение которых происходило разложение растительных остатков в почве. Соответствующие экспериментальные данные были получены в процессе проведения исследований. Количество растительных остатков (солома зерновых или стебли подсолнечника и пожнивно-корневые остатки) в почве определяли после уборки урожая и внесения в почву побочной продукции (PO_0), затем после их разложения (PO_t) через n дней в монолитах, отобранных буром объемом 500 см^3 в трехкратной повторности в слоях 0…10 и 10…20 см во всех вариантах с последующей отмывкой на ситах [12]. Влажность почвы определяли общепринятым весовым методом.

Почва – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый малогумусный на лессовидном карбонатном суглинке. В пахотном слое почвы поля 1 содержание гумуса составляет 5,06…5,10 %; подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 129…134 и 97…104 мг/кг; обменного кальция – 22,0…22,9 мг-экв./100 г, реакция среды – нейтральная или близкая к нейтральной ($pH_{вод}$ – 6,3…6,5 ед.). В пахотном слое почвы поля 2 содержание гумуса находится на уровне 5,01…5,10 %; подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 94…100 мг/кг и 90…104 мг/кг соответственно; обменного кальция – 22,0…22,7 мг-экв./100 г, реакция среды нейтральная или близкая к нейтральной ($pH_{вод}$ – 6,5…6,7 ед.).

Периоды исследования (июль–начало октября 2018 г. и июль–октябрь 2019 г.) характеризовались различными гидротермическими условиями. В 2018 г. отмечали неравномерное выпадение осадков. Так, в июле их сумма составила 228 %, в августе – 6 %, а в сентябре – 52 % от климатической нормы. Средняя температура воздуха была выше нормы в июле на 0,8 °С, в августе – на 3,0 °С, в сентябре – на 3,9 °С, в октябре – на 2,3 °С. В 2019 г. средняя температура воздуха в июле была ниже нормы на 0,9 °С, в августе – выше на 0,7 °С, а в сентябре и октябре – ниже соответственно на 0,4 °С и 1,1 °С. Осадков за август–октябрь выпало на 55 мм больше, чем в 2018 г. В период разложения растительных остатков гидротермический коэффициент в 2018 г. был равен 0,20, в 2019 г. – 0,63.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики *(Б.А. Доспехов, 1985)* с использованием программных средств Microsoft office EXCEL, STATISTIKA.

В 2018 г. на поле 1 через 55 дней после заделки соломы ячменя в почву отмечали повышение содержания подвижных гумусовых веществ в слое 0…10 см в контроле на 136 мг/кг и в варианте с биопрепаратами на 187 мг/кг (табл. 1), в слое 10…20 см только при использовании биопрепаратов (на 147 мг/кг). В пахотном слое почвы после разложения растительных остатков увеличение содержания подвижных гумусовых веществ выявлено только в варианте с биопрепаратами (на 147 мг/кг). В контроле и при внесении растительных остатков с N отмечено снижение их количества соответственно на 221 и 66 мг/кг.

При этом увеличение $С_{ПГВ}$ в контроле в слое 0…10 см происходило, в основном,

1. Содержание и состав подвижных гумусовых веществ в черноземе типичном слабосмытом в опыте с биопрепаратами в 2018 г.

Вариант	Слой, см	До заделки растительных остатков					После разложения растительных остатков				
		$С_{ПГВ}$*	$С_{ПГК}$	$С_{ПФК}$	$СГ_{пгв}$	$С_{ПГК}$:$С_{ПФК}$	$С_{ПГВ}$	$С_{ПГК}$	$С_{ПФК}$	$СГ_{пгв}$	$С_{ПГК}$:$С_{ПФК}$
Ячмень (поле 1)											
1	0…10	4728±142	2202±88	2526±50	47	0,87	4864±146	1940±78	2924±58	40	0,66
	10…20	5332±218	2335±93	2997±90	44	0,78	4654±186	1952±79	2703±81	42	0,72
	0…20	5030±180	2269±91	2762±70	45	0,83	4759±166	1946±78	2813±69	41	0,69
2	0…10	4669±140	1885±75	2784±56	40	0,68	4537±136	1731±69	2806±56	38	0,62
	10…20	4316±172	1716±69	2600±78	40	0,66	4316±172	1642±66	2673±80	38	0,61
	0…20	4493±156	1801±72	2692±67	40	0,67	4427±154	1687±67	2740±68	38	0,62
3	0…10	4566±137	1826±73	2740±55	40	0,67	4743±142	2062±82	2681±54	43	0,77
	10…20	4669±186	2018±81	2651±79	43	0,76	4787±192	2099±84	2688±81	44	0,78
	0…20	4618±187	1922±77	2696±67	42	0,72	4765±167	2081±83	2685±67	44	0,78
Подсолнечник (поле 2)											
1	0…10	3027±121	1281±51	1745±35	42	0,73	3645±146	1245±50	2401±48	34	0,52
	10…20	3822±191	1399±56	2422±73	37	0,58	3587±179	1200±48	2386±72	33	0,50
	0…20	3425±156	1340±54	2084±54	39	0,66	3616±153	1223±49	2394±60	34	0,51
2	0…10	3483±139	1274±51	2209±44	37	0,58	3686±147	1242±50	2444±49	34	0,51
	10…20	3424±171	1134±45	2290±69	33	0,50	3585±179	1201±48	2384±71	33	0,50
	0…20	3454±155	1204±48	2250±56	35	0,54	3635±163	1221±49	2414±60	34	0,51
3	0…10	3557±142	1215±49	2342±47	34	0,52	3741±150	1289±52	2452±49	34	0,53
	10…20	3822±191	1274±51	2548±76	33	0,50	3601±180	1200±48	2401±72	33	0,50
	0…20	3690±166	1245±50	2445±47	34	0,51	3671±165	1245±50	2427±60	34	0,52

** $С_{ПГВ}$ – углерод подвижных гумусовых веществ, мг/кг почвы; $С_{ПГК}$ – углерод подвижных гуминовых кислот, мг/кг почвы; $С_{ПФК}$ – углерод подвижных фульвокислот, мг/кг почвы; $СГ_{пгв}$ – степень гумификации подвижных гумусовых веществ, %.*

благодаря росту количества подвижных фульвокислот на 398 мг/кг почвы при снижении содержания подвижных гуминовых кислот на 262 мг/кг почвы, в варианте с биопрепаратами – в результате увеличения количества более зрелых, по сравнению с фульвокислотами, подвижных гуминовых кислот на 236 мг/кг почвы. При обработке соломы ячменя биопрепаратами в процессе разложения растительных остатков отмечена тенденция к увеличению степени гумификации подвижных гумусовых веществ в пахотном слое почвы, по сравнению с контролем и вариантом с внесением азота. Коэффициент гумификации подвижных гумусовых веществ в пахотном слое почвы при использовании биопрепаратов составил 44 %, в контроле и варианте с N – соответственно 40 % и 38 %.

В контроле и в варианте с внесением совместно с соломой ячменя азотных минеральных удобрений в пахотном слое почвы отмечено значимое снижение содержания подвижных гуминовых кислот и незначительное повышение подвижных фульвокислот.

Отношение Спгк:Спфк в подвижных гумусовых веществах, характеризующее их качество, на поле ячменя в варианте с биопрепаратами было в 1,16 раз больше, чем в контроле. Это происходит потому, что процесс минерализации и гумификации растительных остатков ячменя в почве до гуминовых кислот под влиянием биопрепаратов проходит более интенсивно. Скорость разложения растительных остатков в пахотном слое в варианте с биопрепаратами составляла 0,0031 сутки$^{-1}$, в контроле – 0,0010 сутки$^{-1}$, в варианте с N – 0,0018 сутки$^{-1}$ (см. рисунок). B.M. Peterson at al. [14] показал, что константы скорости минерализации (разложения) корней разных культур изменялись от 0,06…0,25 сутки$^{-1}$ в быстро разлагаемом пуле до 0,0012…0,0019 сутки$^{-1}$ в медленноразлагаемом пуле, наземной массы – соответственно от 0,013…0,16 сутки$^{-1}$ до 0,0012…0,0065 сутки$^{-1}$. В результате наших исследований установлена прямая средняя корреляционная зависимость между скоростью разложения растительных остатков в пахотном слое почвы и соотношением Спгк:Спфк (r = 0,70).

Через 39 суток после заделки стеблей подсолнечника в почву поля 2 происходило увеличение $C_{ПГВ}$ в слое 0…10 см во всех вариантах опыта. Использование биопрепаратов обеспечивало тенденцию к большему росту содержания подвижных гумусовых веществ, по сравнению с контролем и вариантом с минеральным азотом, в которых оно было связано с увеличением количества Спфк, тогда как при внесении биопрепаратов – с повышением содержания обеих фракций гуминовых кислот. Степень гумификации подвижных гумусовых веществ по вариантам различалась незначительно. Отмечена некоторая тенденция к росту величины показателя качества подвижных гумусовых веществ при использовании биопрепаратов, по сравнению с контролем и вариантом с N.

В слое почвы 10…20 см за этот период отмечено снижение содержания подвижных гумусовых веществ в контроле и варианте с биопрепаратами, а при внесением N совместно с растительными остатками – некоторое увеличение.

На поле с подсолнечником после частичного разложения его стеблей и пожнивно-корневых остатков не выявлено установленной на поле ячменя закономерности увеличения степени гумификации подвижных гумусовых веществ, а только тенденция к некоторому улучшению их качества. Это, возможно, связано с тем, что продолжительность периода разложения растительных остатков подсолнечника была на 16 суток меньше, чем у ячменя, и процесс (минерализация + гумификация) еще не дошел до стадии, когда происходит накопление подвижных гуминовых кислот в составе подвижных гумусовых веществ. Однако в варианте с биопрепаратами отмечена большая скорость разложения растительных остатков (см. рисунок) и тенденция к увеличению содержания в почве в начале октября Спгв, Спгк и Спфк, по сравнению с контролем. Скорость разложения растительных остатков подсолнечника в пахотном слое почвы при использовании биопрепаратов составляла 0,0040 сутки$^{-1}$, в контроле – 0,0010 сутки$^{-1}$, в варианте с N – 0,0036 сутки$^{-1}$. То есть биопрепараты даже в засушливых условиях способствуют улучшению процессов разложения органических веществ в почве. К варианту с внесением совместно с растительными остатками N это относится в меньшей степени. Установлена средняя корреляционная связь между скоростью разложения растительных остатков подсолнечника в пахотном слое почвы и соотношением Спгк:Спфк (r =0,60).

В 2019 г. на поле 1 через 55 дней после заделки в почву соломы гречихи, обработанной биопрепаратами, отмечена тенденция к повышению содержания подвижных гумусовых веществ в слое 0…10 см на 89 мг/кг почвы. При этом происходило значимое увеличение подвижных гуминовых кислот на 260 мг/кг почвы, и было выявлено повышение степени гумификации подвижных гумусовых веществ, которая составила 54 %, против 50 % и 44 % соответственно в контроле и варианте с внесением N, в рассматриваемом слое почвы которых за указанный период отмечено снижение содержания подвижных гумусовых веществ на 392 и 196 мг/кг.

В слое почвы 10…20 см за этот период произошло снижение содержания подвижных гумусовых веществ в контроле на 158 мг/кг, в варианте с биопрепаратами – на 216 мг/кг, а при внесении N совместно с растительными остатками оно увеличилось на 216 мг/кг. Через 55 дней после заделки соломы гречихи, обработанной биопрепаратами, содержание подвижных гумусовых веществ в пахотном слое достигло 4458 мг/кг, что было выше, чем в контроле, на 358 мг/кг, а по сравнению с вариантом с N – на 334 мг/кг.

Внесение биопрепаратов с соломой гречихи способствовало увеличению количества подвижных гуминовых кислот в пахотном слое почвы, а использование азота совместно с растительными остатками –подвижных фульвокислот при уменьшении содержания гуминовых кислот. В варианте с биопрепаратами степень гумификации подвижных гумусовых веществ в пахотном слое почвы составляла 53 %, Спгк:Спфк – 1,15, в контроле – соответственно 50 % и 1,0,

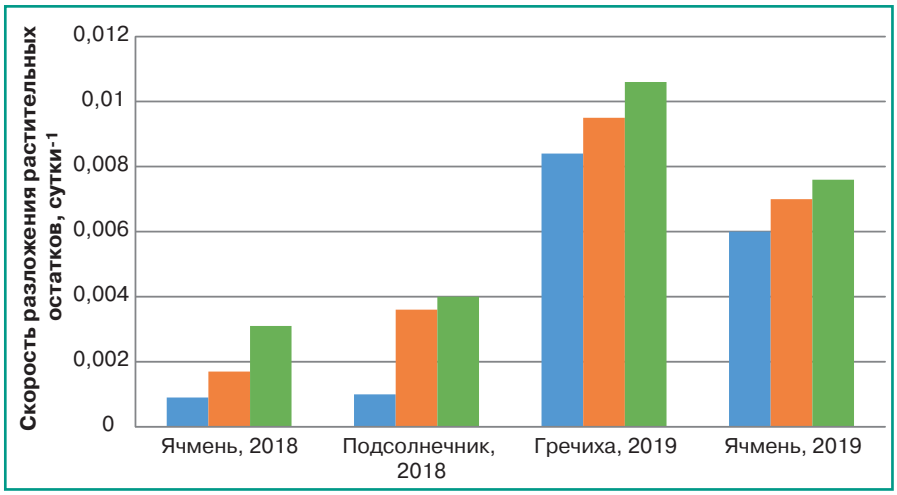


Рисунок. *Скорость разложения растительных остатков (побочная продукция + пожнивно-корневые остатки) в черноземе типичном слабоэродированном в слое 0...20 см: ■ – контроль – растительные остатки; ■ – растительные остатки + N; ■ – растительные остатки + биопрепараты.*

при использовании N – 43 % и 0,75. Таким образом, внесение биопрепаратов с растительными остатками гречихи обеспечивало увеличение степени гумификации подвижных гумусовых веществ в пахотном слое и улучшение их качества, по сравнению как с контролем, так и с вариантом с N.

Скорость разложения растительных остатков гречихи в пахотном слое почвы в варианте с биопрепаратами составляла 0,0106 сутки$^{-1}$, в контроле – 0,0084 сутки$^{-1}$, варианте с азотом – 0,0095 сутки$^{-1}$ (см. рисунок). Установлена тесная корреляционная связь между скоростью разложения растительных остатков гречихи в пахотном слое почвы и содержанием подвижных гумусовых веществ (r = 0,88).

На поле 2 через 70 дней после заделки в почву соломы ячменя в варианте с биопрепаратами отмечено уменьшение содержания подвижных гумусовых веществ в слое 0…10 см на 148 мг/кг вследствие резкого снижения количества подвижных фульвокислот при увеличении содержания подвижных гуминовых кислот. В контроле количество подвижных гумусовых веществ в этом слое почвы снизилось на 333 мг/кг почвы в результате уменьшения содержания подвижных фульвокислот (табл. 2). В варианте с N произошло увеличение количества подвижных гумусовых веществ на 275 мг/кг почвы из-за повышения содержания подвижных фульвокислот и подвижных гуминовых кислот. В слое почвы 10…20 см, наоборот, в контроле и варианте с биопрепаратами содержания подвижных гумусовых веществ возрастало, а в варианте с N – уменьшалось.

После разложения соломы ячменя в пахотном слое почвы самое высокое содержание подвижных гумусовых веществ установлено в варианте с биопрепаратами (3565 мг/кг почвы), наименьшее – в контроле (3344 мг/кг почвы), с наибольшей их концентрацией в обоих случаях в слое 10…20 см. При этом в варианте с биопрепаратами отмечено максимальное в опыте количество подвижных гуминовых кислот – 1608 мг/кг почвы, что на 390 и 360 мг/кг почвы больше, чем соответственно в контроле и при использовании азота. Степень гумификации подвижных гумусовых веществ в варианте с биопрепаратами в пахотном слое почвы составляла 45 %, что на 8 и 9 % выше, чем в контроле и в варианте с N соответственно. Отношение Спгк:Спфк в пахотном слое почвы при использовании биопрепаратов находилось на уровне 0,82, что в 1,4 и 1,5 раза больше, чем соответственно в контроле и варианте с N. Таким образом, при внесении биопрепаратов с соломой ячменя в пахотном слое выявлено увеличение содержания Спгк и степени гумификации подвижных гумусовых веществ, а также улучшение их качества, по сравнению как с контролем, так и с вариантом с внесением совместно с растительными остатками минерального азота.

Скорость разложения растительных остатков ячменя в пахотном слое почвы в варианте с биопрепаратами составляла 0,0076 сутки$^{-1}$, в контроле – 0,0063 сутки$^{-1}$, при использовании азота – 0,0070 сутки$^{-1}$ (см. рисунок). Установлена очень тесная прямая корреляционная связь между скоростью разложения растительных остатков ячменя в пахотном слое почвы и содержанием подвижных гумусовых веществ (r = 0,98), подвижных гуминовых кислот (r = 0,88), соотношением Спгк:Спфк (r = 0,82).

Во все годы исследований под всеми культурами наибольшую скорость разложения растительных остатков отмечали при обработке их биопрепаратами (см. рисунок). В 2018 г. процесс происходил в более засушливых условиях, чем в 2019 г. Поэтому и скорости разложения растительных остатков ячменя, возделываемого в 2018 г., в контроле были меньше, чем в 2019 г., в 7,0 раз, в варианте с минеральным азотом – в 4,1 раза, при использовании биопрепаратов – в 2,4 раза. Следовательно, внесение N и, особенно, биопрепаратов препятствует снижению скорости разложения растительных остатков в засушливых условиях.

Таким образом, обработка растительных остатков ячменя и гречихи биопрепаратами (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га) и заделка их в почву (чернозем типичный слабоэродированный) способствует увеличению степени гумификации подвижных гумусовых веществ и улучшению их качества, а также повышению скорости разложения растительных остатков, по сравнению с контролем и вариантом с внесением растительных остатков совместно с N. Использование минерального азота также ускоряет разложение растительных остатков, однако в меньшей степени, чем биопрепараты. Выявленные закономерности сохраняются в разные по степени засушливости годы. При применении биопрепаратов на подсолнечнике в очень засушливый год выявлена только тенденция к увеличению содержания подвижных гумусовых веществ и улучшению их качества, по сравнению с контролем и вариантом с N.

Между содержанием и составом подвижных гумусовых веществ и скоростью разложения растительных остатков гречихи и ячменя в пахотном слое почвы установлена прямая корреляционная связь, изменяющаяся от очень тесной и тесной в благоприятных гидротермических условиях в 2019 г. до средней в засушливых условиях 2018 г.

Полученные результаты имеют важное значение для разработки инновационных путей оптимизации содержания,

2. Содержание и состав подвижных гумусовых веществ в черноземе типичном слабосмытом в опыте с биопрепаратами в 2019 г.

Вариант	Слой, см	До заделки растительных остатков					После разложения растительных остатков				
		$С_{ПГВ}$*	$С_{ПГК}$	$С_{ПФК}$	$СГ_{пгв}$	$С_{ПГК}:С_{ПФК}$	$С_{ПГВ}$	$С_{ПГК}$	$С_{ПФК}$	$СГ_{пгв}$	$С_{ПГК}:С_{ПФК}$
Гречиха (поле 1)											
1	0…10	4595±184	2111±84	2484±99	46	0,80	4203±168	2116±85	2087±83	50	1,00
	10…20	4154±166	2155±65	1998±60	52	1,10	3996±160	2038±61	1959±59	51	1,00
	0…20	4375±175	2133±74	2241±79	49	0,95	4100±164	2077±73	2023±71	51	1,00
2	0…10	4232±169	2170±87	2062±82	51	1,10	4036±161	1787±71	2249±90	44	0,80
	10…20	3996±160	1684±50	2312±69	42	0,70	4212±168	1792±72	2420±73	43	0,70
	0…20	4114±164	1927±69	2187±76	47	0,90	4124±165	1790±71	2335±81	43	0,75
3	0…10	4438±177	2165±87	2273±91	49	1,00	4527±181	2425±97	2101±84	54	1,20
	10…20	4605±184	2273±68	2332±70	49	1,00	4389±175	2332±70	2057±62	53	1,10
	0…20	4522±181	2219±78	2303±80	49	1,00	4458±178	2379±83	2079±73	53	1,15
Ячмень (поле 2)											
1	0…10	3510±105	1164±46	2347±47	33	0,50	3177±95	1227±49	1949±39	39	0,63
	10…20	3393±137	1213±48	2180±65	36	0,56	3510±140	1208±48	2303±69	34	0,52
	0…20	3452±121	1189±47	2264±56	34	0,53	3344±118	1218±48	2126±54	37	0,57
2	0…10	3309±99	1183±47	2126±42	36	0,56	3584±107	1272±51	2312±46	35	0,55
	10…20	3677±147	1139±45	2538±46	31	0,45	3358±134	1223±49	2136±64	36	0,57
	0…20	3493±123	1161±46	2332±58	33	0,50	3471±120	1248±50	2224±55	36	0,56
3	0…10	4075±122	1414±56	2661±53	35	0,53	3363±101	1659±66	1704±34	49	0,97
	10…20	3756±150	1262±50	2494±75	34	0,51	3766±151	1556±62	2209±66	41	0,70
	0…20	3916±136	1338±53	2578±64	0,34	0,52	3565±126	1608±64	1957±50	45	0,82

**условные обозначения см. в табл. 1.*

состава и качества почвенного органического вещества в черноземах в целях сохранения и повышения их плодородия, продуктивности и рационального землепользования.

Литература.

1. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. Москва: ГЕОС, 2015. 233 с.
2. Русакова И. В. Влияние микробных препаратов и минерального азота на разложение соломы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3-1. С. 107-111.
3. Богатырева Е. В. Эффективность соломоразлагающих биопрепаратов в зоне неустойчивого разложения Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 9. С. 31–33.
4. Безлер Н. В., Черепухина И. В. Запашка соломы ячменя и продуктивность культур в зернопропашном севообороте // Земледелие. 2013. № 4. С. 11–13.
5. Survival and performance of two cellulose-degrading microbial systems inoculated into wheat straw-amended soil / P. Li, D. D. Zhang, X. J. Wang, et al. // Journal Microbiology and Biotechnology. 2012. V. 22 (1). P.126–132.
6. Esther O. J., Hong T. X., Hui G. C. Influence of straw degrading microbial compound on wheat straw decomposition and soil biological properties // African Journal of Microbiology Research. 2013. V. 7(28). P.3597–3605.
7. Microbial mechanisms of the contrast residue decomposition and priming effect in soils with different organic and chemical ertilization histories / F. Fan, B. Yu, B. Wang, at al. // Soil Biology and Biochemistry. 2019. V. 135. P.213–221. doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.05.001
8. Русакова И. В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах // Juvenis scientia. Биологические науки. 2018. № 9. С. 4–9. DOI:10.32415/scientia.2018.09.01
9. Русакова И. В., Воробьев Н. И. Влияние биопрепарата Баркон на процесс гумификации соломы // Агрохимия. 2011. № 1. С. 48–55.
10. Аэробное целлюлозолитическое сообщество ассоциантов сфагнового мха Sphagnum fallax как основа в процессах деструкции пожнивных остатков / А. В. Щербаков, И. В. Русакова, О. В. Орлова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 1. С.54–62.
11. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1984. 96 с.
12. Брескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2020. № 3. С.30–33.
13. Гришина Л. А., Орлов Д. С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. М.: Наука,1978. С.42–47.
14. CN-SIM: a model for the turnover of soil organic matter. II. Short-term carbon and nitrogen development / B. M. Petersen, L. S. Jensen, S. Hansen, et al. // Soil Biology Biochemistry. 2005. V. 37. P. 375–393.

The effect of the treatment of crop residues with biopreparations on mobile humus substances of slightly eroded typical chernozem

N. P. Masyutenko, A. V. Kuznetsov, M. N. Masyutenko, M.A. Priputneva
Kursk Federal Agricultural Research Center, ul. Karla Marxa, 70b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the work was to determine the effect of treating crop residues with biological preparations and of the combined application of nitrogen mineral fertilizers and plant residues on the content and composition of mobile humus substances and the rate of decomposition of plant residues. The studies were carried out in 2018–2019 in two fields of a stationary field experiment in Kursk region. The soil was slightly eroded typical chernozem. The experiment design included the following treatments: crushed by-products (the control); crushed by-products + N10 per 1 ton of by-products; crushed by-products + biological preparations (Gribophyt, 5 L/ha + Imunazot, 3 L/ha). In the first field, we cultivated barley (2018) and buckwheat (2019); in the second field, we grew sunflower (2018) and barley (2019). After the decomposition of the cereal straw treated with biological preparations and afterharvesting residues, the content of mobile humic acids, the degree of humification, and the quality of mobile humus substances (Csha : Csfa) were better than in the control and the variant with the application of plant residues together with nitrogen. And after the decomposition of sunflower stems treated with biological preparations, there was only a tendency to an increase in the content of mobile humus substances and improvement of their quality. Under the influence of biological preparations, the decomposition rate of the plant residues of the studied crops in the soil increased 1.2–4.0 times in comparison with the control. In 2019 it exceeded those in 2018, which was characterized by high aridity. A direct average correlation was established between the rate of the decomposition of plant residues of the studied crops in the arable soil layer in 2018 with the ratio of Csha to Csfa (r = 0.6–0.7). In 2019 we revealed close and very close correlation (r = 0.82–0.98) of decomposition rate with the content of mobile humus substances, mobile humic acids, the degree of humification, and the ratio Csha : Csfa.*

Keywords: *biological preparations; plant residues; nitrogen mineral fertilizers; mobile humus substances; humification degree; quality; decomposition rate; slightly eroded typical chernozem.*

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

For citation: *Masyutenko NP, Kuznetsov AV, Masyutenko MN, et al. [The effect of the treatment of crop residues with biopreparations on mobile humus substances of slightly eroded typical chernozem]. Zemledelie. 2020. (5):14-8. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10504.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10505
УДК 631.42: 631.45

Влияния видов удобрений на изменение физических свойств лугово-каштановой почвы Терско-Сулакской долины

С. А. ТЕЙМУРОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: samteim@rambler.ru)
С. Н. ИМАШОВА, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Т. Т. БАБАЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан,
ул. А. Шахбанова, 30, Научный городок, Махачкала, 367014, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки влияния органических (сидераты, навоз, солома) и минеральных удобрений на агрофизические свойства почвы (плотность, структурность, аэрация, влажность) в условиях Терско-Сулакской равнины. Работу выполняли в двухфакторном полевом опыте в 2015–2019 гг. в двух севооборотных звеньях (озимая пшеница – кукуруза на зерно, озимая пшеница – сорго зерновое). После всходов яровых зерновых культур плотность почвы по сидератам была такой же, как и по навозу, а перед уборкой отмечено преимущество сидератов. Минимальная в опыте величина этого показателя отмечена в варианте с заделкой гороха посевного: в 1-ом звене севооборота под кукурузой на зерно в слое 0…10 см она была ниже, чем в варианте без удобрений, на 0,11…0,13 г/см^3; в слое 10…20 см – на 0,10…0,13 и в слое 20…30 см – на 0,06…0,08 г/см^3; во 2-ом звене севооборота (под сорго зерновым) – соответственно слоям на 0,02…0,07; 0,07…0,08 и 0,06…0,08 г/см^3. Влажность почвы перед запашкой сидератов зависела от того, какую зеленую массу успели сформировать культуры. Наименьшие величины этих показателей отмечали после рапса ярового. Оструктуренность почвы в первом и втором севооборотных звеньях в среднем за 4 года несколько изменялась (+0,27 ед.) благодаря положительному воздействию корней сидеральных культур, которое значительно усиливалось при заделке их надземной массы на зеленное удобрение и способствовало повышению водопрочности структуры От-

мечено некоторое преимущество первого севооборотного звена, в котором общее содержание в пахотном слое почвы агрегатов размером 0,25…10 мм оказалось выше, чем во втором, на 2,8 %, а водопрочных агрегатов – на 6,4 %.

Ключевые слова: *физические свойства почв, плодородие, сидерация, зеленые удобрения, яровые зерновые культуры, биологизация, севооборот.*

Для цитирования: *Теймуров С. А., Имашова С. Н., Бабаев Т. Т. Влияния видов удобрений на изменение физических свойств лугово-каштановой почвы Терско-Сулакской долины // Земледелие. 2020. №5. С. 18–22. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10505.*

Плодородие почвы характеризуют агрофизические, биологические и агрохимические показатели, которые определяют оптимальные условия жизни для растений. Физические свойства почвы нуждаются в постоянном улучшении, а там, где они неудовлетворительны, снижается возможность формирования стабильного и высокого урожая.

При агрогенной трансформации почвенных ресурсов сельскохозяйственных земель вследствие изменения и усиления деградационных процессов часто происходит ухудшение структуры и других агрофизических свойств почвы пахотного горизонта [1, 2, 3]. Большое влияние на физические свойства почвы оказывают органические удобрения [4].

Известно, что один из важных приемов повышения плодородия почвы – заделка зеленной массы растений, которая благотворно влияет на комплекс агрофизических свойств [5, 6]. Удобрительная ценность и средообразующая способность сидератов зависят от количества питательных веществ, которые высвобождаются при разложении их биомассы [7].

В случае невозможности применения традиционных органических удобрений, решение проблемы обогащения почвы органическим веществом следует искать в биологизации и экологизации земледелия, в том числе с использованием сидеральных культур [8, 9]. Низкая стоимость сидерации и высокая ее эффективность способствуют уменьшению затрат энергоресурсов и себестоимости возделываемых культур [10, 11].

При разработке систем применения удобрений в биологическом земледелии основное внимание уделяется почве, ее экологическому состоянию, обеспечивающему нормальное протекание биологических процессов, в отличие от традиционного земледелия, в котором упор делается на растение. Практическая реализация такого положения предусматривает расширение посевов ряда сельскохозяйственных культур на зеленое удобрение (сидерат), которое обеспечивает изменение направленности биохимических процессов превращения органического вещества в агроэкосистемах в сторону гумусонакопления [12, 13].

В природно-климатической зоне Терско-Сулакской равнины продолжительность периода с температурой выше +10 °С после уборки озимых составляет до 120 дней, а ее сумма за это время достигает 2400…2500 °С. Этот почвенно-климатический резерв можно использовать для выращивания зеленой массы сидеральных культур. Высокая температура воздуха (32…36 °С) при посеве в пожнивный период и оптимальная влажность почвы (60…65 % НВ), поддерживаемая вегетационными поливами, обеспечат формирование дружных всходов.

В качестве промежуточных культур возделывают бобовые, злаковые и их смеси, а также культуры семейства капустовых, обеспечивающие поступление в почву до 14...23 ц/га органического вещества. Бобовые культуры особенно эффективно улучшают азотный режим [14], злаковые – структуру, водно-воздушные свойства [15].

Цель исследований – оценка влияния видов удобрений (сидераты, навоз, солома, минеральные удобрения) на изменение физических свойств почв (плотность, структурность, аэрация, влажность) в условиях Терско-Сулакской равнины.

Исследования проводили в 2015–2019 гг. на базе ФГБУ «Опытная станция имени Кирова» Хасавюртовского района в двухфакторном полевом опыте, схема которого предполагала изучение следующих вариантов:

звено севооборота (фактор А) – озимая пшеница – кукуруза на зерно; озимая пшеница – сорго зерновое;

удобрения (фактор В) – без удобрений; солома озимой пшеницы; сидерат горох посевной; сидерат яровой рапс; минеральные удобрения $N_{150}P_{75}K_{75}$; навоз 30 т/га; сидерат амарант.

Посев сидеральных культур осуществляли пожнивно после озимой пшеницы в 2016–2017 гг. Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов систематическое последовательное, общая площадь делянки 109,2 м^2 (8,4 м × 13 м).

Рельеф опытного участка – ровный, почва – лугово-каштановая тяжелосуглинистая. Грунтовые воды находятся на глубине 3…5 м, реакция почвенного раствора слабощелочная (pH водной вытяжки = 7,1 ед.). Плотность почвы в пахотном слое – 1,19…1,32 г/см^3, пористость 47…52 %, наименьшая влагоемкость – 27,1 %, плотность твердой фазы почвы – 2,52 г/см^3. Перед закладкой опыта почва пахотного слоя опытных участков имела следующие агрохимические показатели: содержание гумуса (по ГОСТ 26213-91) – 4,3 %, легкогидролизуемого азота (по ГОСТ 26951-86) – 3,41 мг, подвижного фосфора и калия (по ГОСТ 26205-91) – соответственно 1,92 мг и 32,1 мг на 100 г почвы.

Территория, на которой расположен исследуемый участок, характеризуется устойчивым умеренно-континентальным климатом, с жарким летом и сравнительно мягкой зимой. Средняя многолетняя температура наиболее холодного месяца января составляет -1,7 °С и колеблется от -3,1 на севере до 1,1 °С на юге, но в отдельные годы отпускается в среднем за месяц до -10,2 °С, а в отдельные дни – до -20 °С, что не сказывается на перезимовке основных озимых культур, возделываемых на равнине Дагестана. Сумма активных температур воздуха (выше +10°С) в Хасавюрте составляет 3669 °С.

Среднее количество осадков – 482 мм в год. В годы исследований в период вегетации (весна-лето) выпадало 167…203 мм осадков, что в большинстве лет было близко климатической норме для этих периодов (весна – 112 мм, лето – 134 мм). В 2019 г. сумма осадков весной была выше нормы на 25 мм, летом – ниже на 10,1 мм. Величина испарения с поверхности почвы достигает 800…900 мм, недостаток влаги восполняется орошением.

Переход температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения происходит 14…16 февраля, через +5 °С – 24…25 марта, через +10 °С – 16…20 апреля. Наиболее жаркие месяцы – июль-август, среднесуточная температура которых не опускается ниже 23,4 °С. В период наших исследований в 2017 г. она составляла 26,3 °С, в 2018 г. – 27,4 °С.

По степени естественного увлажнения зона исследований относится к сухой с гидротермическим коэффициентом 0,54…0,91. Вегетационный период в среднем за годы исследований можно охарактеризовать как среднесухой (ГТК=0,67).

Закладку полевых опытов, проведение наблюдений, лабораторных анализов, отбор почвенных и растительных образцов выполняли по общепринятым методикам. Фенологические наблюдения проводили согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [16]; плотность почвы определяли методом Качинского [17]; структурно-агрегатный состав – по Савинову [18]; влажность почвы – термостатно-весовым методом. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа.

После уборки озимой пшеницы проводили лущение стерни на глубину 6…8 см, затем вспашку на 20…22 см, выравнивание МВ-6,0 и два дискования БДТ-3,0. Количество соломы, оставшейся после уборки озимой пшеницы, считали равным 2 т/га. Навоз крупного рогатого скота (КРС) подстилочный вносили в дозе 30 т/га (средняя влажность 65 %, содержание общего азота 0,54 %, фосфора – 0,28 %, калия – 0,60 %, pH – 8,1 ед,

C:N – 19). Минеральные удобрения использовали в количестве эквивалентном по содержанию основных питательных веществ 30 т полуперепревшего навоза – $N_{150}P_{75}K_{75}$ (фосфорные, калийные и 50 % азотных удобрений – под основную обработку почвы, 50 % азотных удобрений – в подкормку). Вносили вручную. Зелёную массу гороха посевного, рапса ярового и амаранта запахивали в фазе бутонизации – в конце октября. Затем проводили влагозарядковый полив нормой 1000…1200 м³/га. В течение вегетации предполивной порог влажности в активном слое почвы поддерживали на уровне не ниже 60…65 % НВ (наименьшей влагоемкости) посредством трех вегетационных поливов по полосам нормой 300…400 м³/га.

Посев гороха Рокет и ярового рапса Викинг осуществляли рядовым способом с нормами высева соответственно 160…180 кг/га (750 тыс. шт./га) и 6…8 кг/га (1,8 млн шт./га), на глубину 6...8 см и 2...3 см. Сорт амаранта Крепыш высевали широкорядным способом (70 см) с нормой высева 0,2…0,5 кг/га (350 тыс. шт./га) на глубину 1,5…2 см.

Норма высева гибрида кукурузы ТК 150 – 18…20 кг/га (60 тыс. шт./га) способ посева пунктирный с междурядиями 70 см на глубину 8…10 см. Сорт сорго зернового Зерноградское 88 высевали с нормой 6...8 кг/га (580 тыс. шт./га) сеялкой СЗ-3,6 рядовым способом на глубину 2...3 см.

Площадь опытной делянки – 109,2 м² (8,4 м × 13 м), учетной – 100,8 м² (8,4 м × 12 м), повторность опыта – 3-кратная, площадь опыта – 1505 м² с учетом защитных полос. Размещение делянок систематическое.

Ко времени запашки сидератов наибольшую вегетативную массу формировали посевы гороха. В первом звене севооборота в среднем за 3 года она составила 4,6 т/га, против 3,4 т/га в посевах рапса и 4,0 т/га в варианте с амарантом, во втором величины этого показателя были равны соответственно 4,5, 3,3 и 3,8 т/га.

Наибольшую корневую массу в почвенном слое 0…60 см отмечали при запашке гороха, внесении минеральных удобрений и навоза: у кукурузы на зерно соответственно 19,3, 18,7 и 18,1 ц/га воздушно-сухого вещества; у сорго зернового – в 1,5 раза больше. В этих же вариантах посевы сформировали самые высокие урожаи: кукурузы на зерно – соответственно 5,6, 5,5 и 4,0 т/га; сорго зернового – 4,7, 4,6 и 4,4 т/га.

Содержание легкогидролизуемого азота в пахотном слое почвы под яровыми культурами после запашки гороха (316,4 мг/кг), минеральных удобрений (325,5 мг/кг) и навоза (315,8 мг/кг) увеличивалось, по сравнению с вариантом без удобрений (139,0 мг/кг), более чем в два раза.

Однако даже при достаточной обеспеченности элементами минерального питания растений формирование стабильных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур на почвах, физические свойства которых неудовлетворительны, невозможно. Среди них важную роль играет плотность сложения пахотного и подпахотного слоев почвы. Для каждого типа почв характерна своя равновесная плотность [19, 20]. Повышение плотности тяжелосуглинистой почвы до 1,4…1,5 г/см³ может снизить урожайность в два раза. Негативное воздействие оказывает и увеличение плотности подпахотного слоя до 1,40…1,45 г/см³ [21]. Для большинства полевых культур, к которым относятся все известные сидераты, оптимальная плотность почвы находится в интервале 1,15…1,25 г/см³ [22].

1. Физические свойства почвы под яровыми зерновыми культурами в зависимости от внесения различных видов удобрений, 2017–2019 гг.

Вариант	Глубина, см	Общая пористость, %				Аэрация, %				Плотность, г/см³			
		кукуруза		сорго		кукуруза		сорго		кукуруза		сорго	
		по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой	по всходам	перед уборкой
Без удобрений	0…10	46,5	47,0	45,7	47,2	37,2	60,1	37,0	59,2	1,31	1,32	1,31	1,31
	10…20	40,7	42,3	41,1	42,5	24,8	43,9	24,9	44,7	1,32	1,33	1,33	1,33
	20…30	37,0	37,9	37,0	37,7	19,8	42,6	19,7	42,4	1,34	1,35	1,35	1,36
	0…30	41,4	42,4	41,3	42,5	27,3	48,8	27,2	48,7	1,33	1,33	1,33	1,33
Солома озимой пшеницы (2 т/га)	0…10	47,5	51,3	47,7	51,5	40,9	63,7	41,8	64,6	1,24	1,23	1,28	1,28
	10…20	44,8	46,1	45,1	46,0	28,6	52,2	27,5	51,0	1,26	1,24	1,31	1,29
	20…30	38,2	45,5	37,6	44,8	20,4	43,0	20,4	42,4	1,30	1,28	1,34	1,33
	0…30	43,5	47,6	43,5	47,4	29,9	52,9	29,9	52,2	1,26	1,25	1,31	1,30
Зеленая масса гороха посевного	0…10	49,5	52,2	49,1	52,1	49,7	69,1	49,5	68,7	1,20	1,19	1,25	1,24
	10…20	42,6	46,0	43,1	45,8	28,7	56,7	28,8	56,6	1,22	1,20	1,26	1,25
	20…30	39,3	40,6	39,1	40,2	22,4	50,5	22,3	50,1	1,28	1,27	1,29	1,28
	0…30	43,8	46,3	43,7	46,1	21,0	58,7	33,5	58,5	1,23	1,22	1,26	1,26
Зеленая масса рапса ярового	0…10	49,2	51,5	48,9	51,3	47,4	67,3	46,5	66,4	1,22	1,22	1,26	1,25
	10…20	40,9	46,9	41,1	45,4	29,0	54,4	28,3	54,3	1,25	1,23	1,27	1,26
	20…30	39,0	45,7	39,2	45,4	21,3	49,7	21,5	49,2	1,30	1,28	1,30	1,29
	0…30	43,1	48,1	43,1	47,4	32,6	57,2	32,1	56,6	1,26	1,24	1,27	1,26
$N_{150}P_{75}K_{75}$	0…10	46,8	48,0	46,2	47,8	41,7	63,2	41,1	62,7	1,29	1,29	1,28	1,28
	10…20	41,0	39,7	41,2	39,3	30,4	51,1	31,0	50,6	1,31	1,31	1,29	1,30
	20…30	37,2	37,9	37,0	37,4	20,6	43,3	21,2	43,0	1,33	1,32	1,31	1,32
	0…30	41,6	41,8	41,5	41,5	30,9	52,5	31,1	52,1	1,31	1,31	1,29	1,30
Навоз КРС (30 т/га)	0…10	49,3	52,0	49,2	52,0	45,2	65,6	45,1	64,5	1,23	1,23	1,28	1,26
	10…20	42,0	45,9	42,2	45,5	30,2	53,9	31,1	52,8	1,26	1,25	1,29	1,27
	20…30	39,0	39,6	39,0	39,6	20,9	43,4	21,2	42,8	1,30	1,28	1,32	1,30
	0…30	43,4	45,8	43,5	45,7	32,1	54,3	32,5	53,4	1,26	1,25	1,28	1,27
Зеленая масса амаранта	0…10	49,0	51,1	48,8	50,9	47,5	67,4	48,5	66,3	1,23	1,23	1,26	1,26
	10…20	42,1	45,6	41,9	44,9	28,8	55,6	28,3	55,1	1,25	1,24	1,28	1,27
	20…30	38,8	40,3	38,4	40,3	21,3	49,9	20,9	48,7	1,29	1,30	1,31	1,30
	0…30	43,3	45,7	43,1	45,4	32,5	57,6	32,6	56,7	1,26	1,26	1,28	1,27
Среднее	0…10	48,3	50,4	47,9	50,4	44,2	65,2	44,2	64,6	1,25	1,24	1,27	1,27
	10…20	42,1	44,6	42,3	44,2	28,6	52,5	28,5	52,2	1,27	1,26	1,29	1,28
	20…30	38,3	41,1	38,2	40,7	20,9	46,1	20,9	45,5	1,31	1,29	1,32	1,31
	0…30	42,8	45,4	42,8	45,2	29,5	54,6	26,7	54,1	1,27	1,26	1,29	1,28
$НСР_{05}$:													
частных различий		0,4				1,1				0,34			
фактор А		0,3				0,2				0,10			
фактор В		0,3				0,3				0,31			
S_x, %		0,31				0,67				8,32			

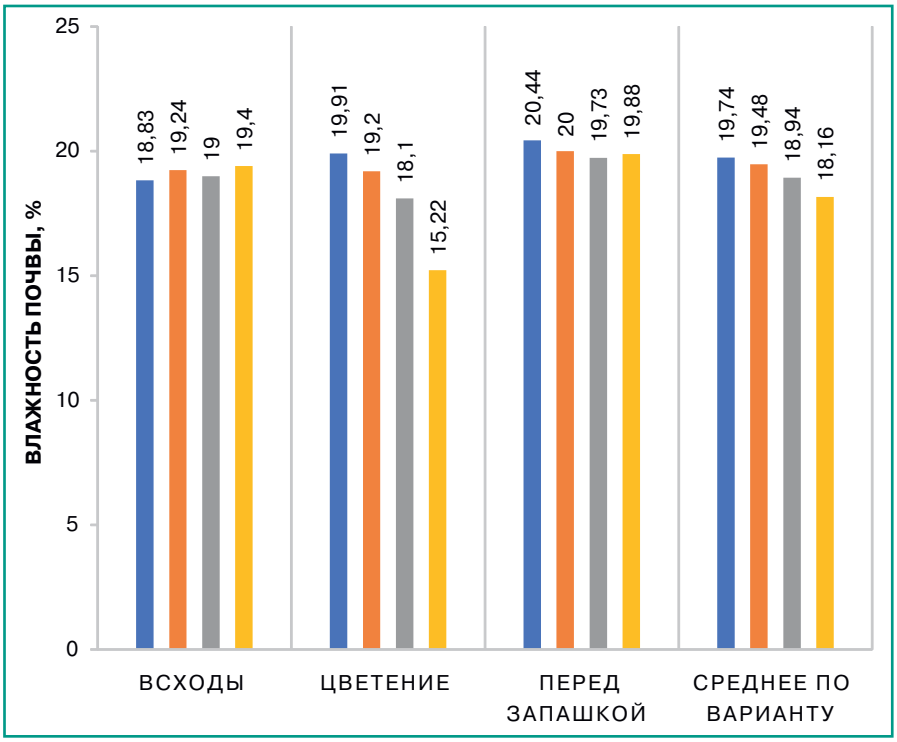


Рисунок. *Влажность почвы в слое 0...20 см под сидеральными культурами (среднее за 2016–2018 гг.): ■ – контроль (без удобрений); ■ – зеленая масса гороха посевного; ■ – зеленая масса рапса ярового; ■ – зеленая масса амаранта.*

Развитые мощные корневые системы сидеральных растений пронизывают пахотный и подпахотный слои почвы, после их отмирания увеличивается относительный объем свободных промежутков между структурными отдельностями, называемый пористостью, которая в свою очередь обусловливает такие свойства почвы, как влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность, определяет направленность и интенсивность биохимических процессов. В наших исследованиях после запашки сидератов значительно улучшались показатели аэрации и пористости, снижалась плотность почвы в пахотном и подпахотном слоях (табл. 1). Общая пористость при запашке гороха и навоза весной и особенно осенью была выше, чем в варианте без удобрений, по всему профилю почвы. Так, на глубине 20...30 см перед уборкой кукурузы она была выше на 2,1 %, сорго – на 2,5 %.

После всходов культур в вариантах с сидератами плотность почвы была практически такой же, как с навозом, а перед уборкой отмечено явное преимущество сидератов. Лучшие величины этого показателя отмечены под кукурузой в варианте с горохом, где она была ниже, чем в варианте без удобрений, в слое 0...10 см на 0,11...0,13 г/см^3; в слое 10...20 см – на 0,10...0,13 и в слое 20...30 см – на 0,06...0,08 г/см^3, под сорго разница по слоям составила соответственно 0,02...0,07; 0,07...0,08 и 0,06...0,08 г/см^3.

Эффективность использования зеленых удобрений зависит от водного режима почвы. Помимо прямого удовлетворения потребностей растений во влаге на формирование урожая, она оказывает большое влияние на многие свойства почвы и обеспеченность подвижными формами питательных веществ. Запасы влаги считаются очень хорошими при величине этого показателя в метровом слое более 160 мм, хорошими – 160...130 мм, удовлетворительными – 130...90 мм и плохими – 90...60 мм [23].

В качестве недостатка сидерации можно отметить иссушение почвы во время вегетационного периода, поэтому в засушливые годы их эффективность снижается. Влажность почвы варьировала в течение вегетации и в зависимости от культуры. Самые большие различия отмечали в фазе цветения сидератов. Наименьшую влажность почвы в этот период и в среднем по срокам определения (всходы, цветение, перед запашкой) отмечали под амарантом – 15,2 и 18,2 % соответственно (см. рисунок), самую высокую – в контроле, где она была выше на 4,7 и 1,5 %. В варианте с горохом она находилась на уровне контроля

Запашка удобрений оказала значительное влияние на содержание агрономически ценных агрегатов размером 0,25...10,0 мм, которое под кукурузой на зерно возросло, по сравнению с вариантом без удобрений, на 2,5...10,6 %, под сорго зерновым – на 1,5...8,6 % (см. табл. 2).

Структуру почвы точнее всего характеризует коэффициент структурности (К), отражающий соотношение между массой агрегатов размером 0,25...10,0 мм, пыли (<0,25 мм) и агрегатов крупнее 10,0 мм. Чем выше величина этого показателя, тем лучше структура почвы. При более высоких величинах этого показателя общее содержание агрономически и биологически ценных структурных агрегатов диаметром 10,0...0,25 мм повышается, а микро- и глыбистых агрегатов (<0,25 мм и >10 мм) уменьшается. В нашем опыте наибольший коэффициент структурности отмечен в звене севооборота с кукурузой на зерно в вариантах с заделкой гороха и рапса, где он был равен 2,4...2,6, а наименьший – в звене с сорго зерновым при внесении $N_{150}P_{75}K_{75}$ и соломы озимой пшеницы (1,3...1,7).

При сравнении средних за 4 года коэффициентов структурности почвы

2. Агрегатный состав почвы в пахотном слое (0...20 см) под яровыми зерновыми культурами, среднее за 2016–2019 гг. (1-я декада июня)

Вариант	Фракция 0,25...10 мм, %	Коэффициент структурности	Содержание водопрочных агрегатов, %	Коэффициент водопрочности
Кукуруза на зерно				
Без удобрений	61,5	1,6	49,2	1,0
Запашка соломы озимой пшеницы	63,0	1,7	61,8	1,6
Зеленая масса гороха посевного	72,1	2,6	68,6	2,2
Зеленая масса рапса ярового	70,2	2,4	51,9	1,1
$N_{150}P_{75}K_{75}$	64,1	1,8	65,4	1,9
Навоз КРС	67,4	2,1	61,1	1,6
Зеленая масса амаранта	67,7	2,1	57,7	1,4
Среднее	66,6	2,0	59,4	1,5
Сорго зерновое				
Без удобрений	60,0	1,5	53,4	1,1
Запашка соломы озимой пшеницы	61,5	1,6	49,2	1,0
Зеленая масса гороха посевного	68,6	2,2	65,8	1,9
Зеленая масса рапса ярового	67,1	2,0	41,7	0,7
$N_{150}P_{75}K_{75}$	63,0	1,7	61,8	1,6
Навоз КРС	63,2	1,7	51,8	1,1
Зеленая масса амаранта	63,7	1,7	47,2	0,9
Среднее	63,8	1,8	53,0	1,1
$НСР_{05}$:				
частных различий	0,4	0,1	0,8	0,3
фактора А	0,1	0,4	0,6	0,1
фактора В	0,3	0,1	1,1	0,2
S_x, %	0,22	2,54	0,97	7,47

отмечено некоторое преимущество первого звена севооборота (+0,2 ед.), в почве которого содержание агрегатов 0,25…10 мм было на 2,8 % выше (см. табл. 2). О преимуществе этого варианта, свидетельствует и тот факт, что содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы в звене с кукурузой также оказалось выше на 6,4 %. В целом структурное состояние почвы в посевах кукурузы на зерно и сорго зернового по содержанию агрегатов 0,25…10 мм можно классифицировать как хорошее, характерное для лугово-каштановых почв Терско-Сулакской равнины.

Таким образом, при запашке сидеральных культур лугово-каштановая почва в слое 0…30 см была лучше оструктуренной, имела меньшую (1,19…1,26 г/см^3) плотность, чем в варианте без удобрений. Общая пористость почвы при сидерации классифицировалась как хорошая, составляя 50,9…52,2 %, и даже в слое 20…30 см перед уборкой кукурузы и сорго была на 2,1…2,5 % выше, чем в варианте без удобрений.

Лучшие показатели пористости, аэрации и плотности почвы в слое 0…30 см отмечали в вариантах с запашкой гороха и рапса, которые перед уборкой кукурузы были равны соответственно 46,3 и 48,1 %, 58,7 и 57,2 %, 1,22 и 1,24 г/см^3, в те же сроки в варианте с сорго – соответственно 47,4 и 46,1 %, 58,5 и 56,6 %, 1,26 и 1,26 г/см^3 при величине этих показателей в контроле 42,4…42,5 %, 48,7…48,8 % и 1,33 г/см^3.

Структурность почвы в слое 0…20 см в вариантах с запашкой рапса и амаранта можно классифицировать как хорошую (коэффициент структурности 1,78…2,05), с горохом – как отличную (2,2…2,6). Содержание агрономически ценных агрегатов размером 0,25…10,0 мм в почве под кукурузой и сорго увеличилось, по сравнению с контролем, на 1,5…10,6 %.

Литература.

1. Кузнецова И.В. Изменения физического состояния черноземов типичных и выщелоченных Курской области за 40 лет // Почвоведение. 2013. № 4. С. 434.

2. Бабаев М.П., Гурбанов Э.А., Рамазанова Ф.М. Основные виды деградации почв в Кура-Аразской низменности Азербайджана // Почвоведение. 2015. № 4. С. 501.

3. 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.

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

5. Довбан К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики. Минск: Белорус. наука, 2009. 404 с.

6. Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Продуктивность зернотравяного севооборота в зависимости от заделки навоза, соломы и промежуточного сидерата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4-2 (56). С. 11-15.

7. Гребенников А. А. Обеспеченность культур элементами минерального питания в смешанных посевах // Агрохимия. 2004. № 5. С. 26–35.

8. Прянишников Д. Н. Об удобрении полей и севооборотах. М.: МСХ РСФСР, 1962. 422 с.

9. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства / А. В. Коршунов, Е. А. Симаков, Ю. Н. Лысенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12-20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10303.

10. Дудкин В. М., Лобков В. Т. Биологизация земледелия: основные направления // Земледелие. 1990. № 11. С. 43–46.

11. Абашев В. Д., Козлова Л. М. Сидераты в адаптивном земледелии // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005. № 6. С. 1–10.

12. Влияние сидератов на урожайность яровых зерновых культур в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции / А. А. Айтемиров, М. Б. Халилов, Т. Т. Бабаев и др. // Юг России: Экология. Развитие. 2018. Т. 13. № 2. С. 145.

13. Роль сидератов в экологизации и биологизации земледелия / Н. С. Матюк, Г. Д. Гогмачадзе, С. С. Солдатова и др. // АгроЭкоИнфо. 2010. № 1.

14. Галеев Р. Ф., Шашкова О. Н. Оценка действия приёмов биологизации и химизации на продуктивность кормового севооборота в лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 22 -25. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11005

15. Биоэкологическая и фитомелиоративная роль промежуточных культур / А. А. Тайлаков, С. А. Ахмедов, Б.Т. Холматов и др. // Инновационные технологии в сельском хозяйстве: мат. межд. науч. конф. М.: Буки-Веди, 2015. С. 28–31.

16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. М.: Калининская областная типография Калининского облисполкома, 1985. Вып. 1. 269 с.

17. Качинский Н. А. Почва, ее свойства и жизнь. М.: Наука, 1975. 293 с.

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

19. Кузнецова И.В., Уткаева В.Ф., Бондарев А.Г. Нормативы изменения физических свойств пахотных черноземов лесостепной зоны европейской России в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 2014. № 1. С. 71.

20. Слесарев В. Н. Влияние сложения пахотного слоя на его плодородие и урожайность в зернопаровом севообороте // Пути повышения урожайности зерновых культур в Западной Сибири: Сб. науч. тр. Омск: Омский с.-х. ин-т, 1984. С. 9–13.

21. Доклад ЕЭК. Комитет по вопросам сельского хозяйства. 30-я сессия, 15–18 октября 1984 г. EAO/ECE/A. 16 с.

22. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии / под ред. В. Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2012. 44 с.

23. Айтемиров А. А., Бабаев Т. Т. Влажность почвы как важный критерий продуктивности в звеньях севооборота в Терско-Сулакской подпровинции // Основные направления развития науки и образования в АПК: мат. межд. науч.-практ. конф. Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джамбулатова, 2018. С. 12–17.

Influence of fertilizer types on changes in physical properties of meadow-chestnut soil of the Terek-Sulak valley

S. A. Teymurov, S. N. Imasheva, T. T. Babaev
Federal Agrarin Scientific Center of the Republic of Dagestan, ul. A. Shakhbanova, 30, Nauchnyi gorodok, Makhachkala, 367014, Russian Federation

Abstract. *The work aimed to assess the impact of organic fertilizers (green manure, manure, straw) and mineral fertilizers on soil physical properties (density, structure, aeration, humidity) under conditions of the Terek-Sulak plain. A two-factor field experiment was carried out in 2015-2019 in two crop rotation links (winter wheat – corn for grain, winter wheat – grain sorghum). Soil density was measured after germination of spring cereals and before harvesting. In the first case, it was equal for the treatment of green manure crops and manure, and before harvesting, it was noted the advantage of green manure. The minimum value of this indicator in the experiment was noted for the embedding of pea: in the 1st link of the crop rotation under corn for grain in a layer of 0–10 cm, it was lower by 0.11–0.13 g/cm3 than in the variant without fertilizers; in the 10–20 cm layer – by 0.10–0.13 g/cm3 and in the 20–30 cm layer – by 0.06–0.08 g/cm3; in the 2nd link of crop rotation (under grain sorghum) – by 0.02–0.07, 0.07–0.08, and 0.06–0.08 g/cm3, respectively. The moisture content in the soil before green manure ploughing depended on the amount of green mass that the crops managed to form. The smallest values of these indicators were noted after spring rape. The structure of the soil in the first and second crop rotation links changed slightly on average over 4 years (plus 0.27 units) due to the positive structure-forming effect of the roots of green manure crops, which was significantly enhanced when embedding their above ground mass for green manure and contributed to the increase in the water resistance of the structure. Some advantage of the first crop rotation link was noted, in which the total content of aggregates of 0.25–10 mm in the topsoil was higher than in the second, by 2.8%, and that of water-resistant aggregates – by 6.4%.*

Keywords: *soil physical properties; fertility; sideration; green manure; spring cereals; biologization; crop rotation.*

Author Details: *S. A. Teymurov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: samteim@rambler.ru); S. N. Imasheva, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; T. T. Babaev, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow.*

For citation: *Teymurov SA, Imasheva SN, Babaev TT [Influence of fertilizer types on changes in physical properties of meadow-chestnut soil of the Terek-Sulak valley]. Zemledelie. 2020. (5):18-22. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10505.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10506
УДК 006.052:006.013

Минеральные удобрения. Методы и способы контроля качества при их испытаниях

Г. А. СТУПАКОВА, кандидат биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: vniia@list.ru)
Е. Э. ИГНАТЬЕВА, старший научный сотрудник
Т. И. ЩИПЛЕЦОВА, старший научный сотрудник
Д. К. МИТРОФАНОВ, старший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, ул. Прянишникова, 31а, Москва, 127550, Российская Федерация,

Цель исследований – обеспечение управления качеством при испытаниях минеральных удобрений. Осуществлен мониторинг потребности в стандартных образцах (СО) минеральных удобрений и сформированы программы разработки новых типов СО минеральных удобрений для идентификации и подтверждения соответствия минеральных удобрений требованиям нормативных документов. Представлены матричные СО состава азофоски (МУ-01/2019, МУ-02/2019) и известняковой (доломитовой) муки (МУ-03/2019). В каждом образце определены метрологические характеристики (однородность, стабильность, сертифицированное (аттестованное) значение, стандартная неопределенность сертифицированного (аттестованного) значения). Стандартные образцы состава азофоски аттестованы по 5 показателям: массовая доля общего азота, % (15,44 ± 0,13; 15,97 ± 0,18); массовая доля усвояемых фосфатов в пересчете на P_2O_5, % (15,21 ± 0,11; 16,28 ± 0,09) и массовая доля водорастворимых фосфатов в пересчете на P_2O_5, % (11,10 ± 0,10; 12,00 ± 0,20); массовая доля калия в пересчете на K_2O, % (16,10 ± 0,15; 16,23 ± 0,12); массовая доля воды, % (0,54 ± 0,02; 0,33 ± 0,02). СО состава муки известняковой (доломитовой) аттестован по 3 показателям: суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния, % (98,08 ± 0,38); массовая доля влаги, % (11,65 ± 0,11); массовая доля мышьяка, млн$^{-1}$ (1,98 ± 0,19). Определен срок годности экземпляров СО. Для СО азофоски NPK 15:15:16, азофоски NPK 16:16:16 он составляет 2 года, муки известняковой (доломитовой) – 5 лет. На основе разработанных СО проведены межлабораторные сравнительные испытания и дана оценка результатов испытаний минеральных удобрений в аккредитованных испытательных лабораториях агрохимической службы.

Ключевые слова: *минеральные удобрения, метрологическое обеспечение, стандартный образец, межлабораторные сравнительные испытания.*

Для цитирования: *Минеральные удобрения. Методы и способы контроля качества при их испытаниях / Г. А. Ступакова, Е. Э. Игнатьева, Т. И. Щиплецова и др. // Земледелие. 2020. № 5. С. 23–27. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10506.*

Каждое минеральное удобрение отличает определенный комплекс свойств, зависящих от природы соли, технологии выработки, форм поставки тука, которые могут изменяться в течение периода от производства (получения) до внесения в почву. Знание особенностей отдельных удобрений – залог сохранности без потерь их питательного вещества, прочности гранул, сыпучести. Учет различных свойств минеральных удобрений, знание их состава, формы содержащихся питательных веществ, физико-химических свойств позволяет выбирать лучшую культуру для внесения, способ использования для достижения самого высокого эффекта.

Национальное законодательство Российской Федерации относит минеральные удобрения к агрохимикатам, безопасность использования которых декларирована следующими Федеральными законами:

№ 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г.;

№ 136-ФЗ «Земельный кодекс РФ» от 25.10.2001 г.;

№ 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» от 24.06.2002 г.;

№ 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16.06.1998 г.;

№ 109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» от 19.07.1997 г.;

№ 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г..

С вступлением в силу Федерального закона № 184-ФЗ от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании» соответствие продукции, в том числе минеральных удобрений, должно в обязательном порядке подтверждаться по параметрам её безопасности. Обязательные требования к объектам технического регулирования должны декларироваться в Технических регламентах (ТР) на уровне Федеральных законов, указов Президента РФ, Постановлений правительства РФ.

Система технического регулирования производства, применения и хранения минеральных удобрений на сегодняшний день включает следующие нормативы:

на федеральном уровне – ТР по обеспечению безопасности минеральных удобрений; национальные стандарты, своды правил, требования к методам их анализа; требования к системе регистрации и сертификации новых видов удобрений;

на корпоративном уровне – технические условия, своды правил и технологические регламенты на коммерческие виды минеральных удобрений.

Основными нормативно-правовыми документами, определяющими требования к безопасности использования минеральных удобрений, должны стать Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции» (ТР ЕАЭС 041/2017, принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 3 марта 2017 г. № 19) – вступает в силу с 2 июня 2021 г. и Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к минеральным удобрениям» (ТР ЕАЭС 039/2016, принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. № 150) – вступает в силу с даты вступления технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности химической продукции» либо с даты вступления в силу решения Совета Евразийской экономической комиссии о порядке формирования и ведения единого реестра разрешенных к обращению на рынке ЕАЭС минеральных удобрений в зависимости от того, какая дата будет более поздней). На сегодня ни один из указанных технических регламентов не имеет статус действующего.

Нормативной базой для ТР служат стандарты и своды правил. Стандарт также может содержать правила и методы исследований, правила отбора образцов, требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке и др. Для каждого поставляемого минерального удобрения государственный стандарт (технические условия) устанавливает определенный комплекс по-

казателей: например, внешний вид и цвет, концентрация питательного вещества (не менее), содержание влаги (не более), размеры частиц (гранул). Содержание агрессивных примесей (свободная кислотность, активный хлор, соединения фтора, биурета, солей тяжелых металлов) не должно превышать допустимых пределов. Несоблюдение показателей качества или безопасности, определенных ГОСТом для конкретного минерального удобрения, не допускается.

Требования безопасности удобрений декларированы в технических требованиях следующих стандартов, санитарных правил и норм:

ГОСТ Р 51520-99 «Удобрения минеральные. Общие технические условия»;

ГОСТ EN 15479-2013 «Удобрения. Спектрометрическое определение биурета в карбамиде»;

ГОСТ 33831-2016 «Селитра аммиачная и удобрения на ее основе. Метод определения массовой доли хлоридов»;

СанПиН 1.2.1077-01 Гигиенические требования к хранению, применению и транспортированию пестицидов и агрохимикатов;

СП 1.2.1170-02 Гигиенические требования к безопасности агрохимикатов; Санитарные правила устройства и эксплуатации земледельческих полей орошения (№ 3236-85).

В качестве нормативной базы разработанные Технические регламенты Таможенного союза (ТР ТС) имеют перечень стандартов, в которых прописаны необходимые методики выполнения измерений, с использованием которых проводится оценка соответствия минеральных удобрений требованиям регламента.

Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований минеральных удобрений, в том числе отбора образов, необходимых для применения и исполнения достаточно большой (табл. 1).

Системный подход к организации метрологического обеспечения аналитических работ с минеральными удобрениями предусматривает использование стандартных образцов (СО). СО для использования в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений (СО утвержденных типов), как правило, предназначены для контроля точности результатов измерений [1, 2].

В Государственном реестре стандартных образцов есть ряд СО утвержденных типов: состава аммофоса (БФАП-А) ГСО 11058-2018 и состава диаммофоски (ФАЧ) ГСО 10789-2016, аттестованные на массовую долю компонентов; ГСО СМУ-ПА 10817-2016 МСО 2124:2018, аттестованный на массовую долю питательных веществ, микроэлементов и воды в комплексных минеральных удобрениях; состава раствора мочевины (СО СРМ-ПА), аттестованный на содержание карбамида (мочевины) или «амидного азота»; ГСО БИУР-ПА состава раствора биурета в карбамиде по ГОСТ 2081-2010 п. 7.5.

Учитывая разнообразие минеральных удобрений и использование большого числа самых разных методов, можно утверждать, что количество типов СО должно быть, как минимум на порядок больше.

Для контроля безопасности и качества минеральных удобрений, используемые СО могут иметь разный уровень признания. Если контроль минеральных удобрений проводится вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений (ОЕИ), могут применяться отраслевые СО (ОСО) и СО предприятий (СОП). Главная задача в сфере контроля безопасности и качества минеральных удобрений состоит не столько в уровне признания используемых СО, сколько в обеспечении их надежности и достоверности, а это прежде всего установленные границы погрешности (неопределенности) аттестованных характеристик с прослеживаемостью к основным единицам системы СИ или при невозможности – к официально признанным референтным методикам.

В целях расширения номенклатуры СО минеральных удобрений в ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» начаты исследования по разработке комплекта СО минеральных удобрений.

Современные требования к испытательным лабораториям (ИЛ) в части проверки квалификации предусматривают участие их в межлабораторных сравнительных испытаниях (МСИ).

ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» проводит проверки квалификации лабораторий АПК посредством МСИ. Накопленный опыт реализации программ проверок квалификации [3] по разным объектам, наличие разработанных матричных СО, позволили в 2019 г. подготовить программу МСИ по анализу минеральных удобрений.

В качестве естественной матрицы для разработки комплекта СО минеральных удобрений использовали: азофоску (нитраммофоску) NPK 15:15:16, азофоску (нитраммофоску) NPK 16:16:16 производства ОАО «Дорогобуж» и муку известняковую (доломитовую), изготовитель ООО «Швакинские известняки», Архангельская область, Плесецкий район, п. Первомайский. Для оценки однородности материала СО отбирали 13 проб, в каждой из которых определяли соответствующие аттестуемые показатели. Массу проб для оценки однородности устанавливали индивидуально для каждого аттестуемого показателя, она должна быть достаточной для выполнения анализов в 6-кратной повторности. Полученные данные об однородности СО обрабатывали по схеме однофакторного дисперсионного анализа.

На стадии разработки новых типов СО проводили эксперименты по изучению стабильности образца, то есть исследовали изменяемость аттестованного значения во времени. Стабильность СО оценивали по всем показателям. Измерения проводили титриметрическим, весовым и фотометрическим методами в течение одного года.

Аттестованные значения СО установлены по результатам межлабораторного эксперимента с участием 28 аналитических лабораторий, аккредитованных на соответствие требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009.

Стандартные образцы состава азофоски аттестованы по 5 показателям: массовая доля общего азота (ГОСТ 30181.4-94); массовая доля усвояемых фосфатов в пересчете на P_2O_5 и массовая доля водорастворимых фосфатов в пересчете на P_2O_5 (ГОСТ 20851.2-75); массовая доля калия в пересчете на K_2O (ГОСТ 20851.3-93); массовая доля воды (ГОСТ 20851.4-75). СО состава муки известняковой (доломитовой) аттестован по 3 показателям: суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния (ГОСТ 14050-93, п. 4.3); массовая доля влаги (ГОСТ 14050-93, п. 4.5); массовая доля мышьяка (МУ по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом, М.: ЦИНАО, 1993).

Метрологические характеристики СО (однородность, стабильность, сертифицированное (аттестованное) значение, стандартная неопределенность сертифицированного (аттестованного) значения) определяли с учетом положений ГОСТ ISO Guide 35-2015 и РМГ 93-2015.

При проведении МСИ каждая лаборатория-участник получала комплект стандартных шифрованных образцов в количестве 3 штук вместе с техническим заданием. Анализ контрольной партии образцов выполняли в период проведения массовых анализов. Оценку качества анализов

1. Стандарты, содержащие правила и методы исследований минеральных удобрений

Показатель	Метод	Нормативный документ
Отбор и подготовка проб	–	ГОСТ 21560.0-82
Отбор проб, общие требования	–	ГОСТ 30182-94
Правила приемки	–	ГОСТ 23954-80
Отбор проб с конвейера	–	СТБ ИСО 3963-2000
Содержание основного вещества	комплексонометрический	ГОСТ 10398-76
pH раствора	потенциометрический	ГОСТ 29207-91
Массовая доля воды	титриметрический весовой, объемный, динамический хроматографический, диэлькометрический гравиметрический	ГОСТ 28326.2-89 ГОСТ 14870-77 ГОСТ 20851.4-75
Массовая доля влаги		ГОСТ 14050-93, п.4.5 СТБ ИСО 8190-2001
Массовая доля фосфатов	гравиметрический, фотометрический, объемный титриметрический,	ГОСТ 20851.2-75
Массовая доля калия	весовой тетрафенилборатный весовой перхлоратный, пламенно-фотометрический, радиометрический, расчетный титриметрический гравиметрический	ГОСТ 20851.3-93 СТБ ИСО 5310-2000 ГОСТ ИСО 5310-2002 СТБ ИСО 5318-2000 ГОСТ ИСО 5318-2002
Массовая доля азота	титриметрический	ГОСТ 50568.1-93
Нитратная форма	формальдегидный, дистилляционный титриметрический	ГОСТ 27749.0-88 ГОСТ 30181.3-94
Амидная форма	спектрофотоколориметрический	ГОСТ 30181.5-94
Аммонийная форма	формальдегидный хлораминовый	ГОСТ 30181.6-94 ГОСТ 30181.8-94
Массовая доля общего азота	дистилляционный	ГОСТ 30181.9-94
Массовая доля аммонийного азота	титриметрический	ГОСТ 29313-92 ГОСТ 28990-91
Суммарная массовая доля азота		
Аммонийная и амидная формы	титриметрический	ГОСТ 30181.1-94
Аммонийная и нитратная формы	гипохлоритный титриметрический	ГОСТ 30181.7-94 ГОСТ 30181.4-94
Массовая доля свободного аммиака	титриметрический	ГОСТ 27749.2-88
Гранулометрический состав	метод механический или ручной	ГОСТ 21560.1-82
Массовая доля биурета	колориметрический	ГОСТ 27749.1-88
Статистическая прочность гранул	механический	ГОСТ 21560.2-82
Динамическая прочность и истираемость	механический	ГОСТ 21560.3-82
Рассыпчатость	ситевой	ГОСТ 21560.5-82
Массовая доля не растворимых в воде веществ	гравиметрический	ГОСТ 27749.3-88
Остаток после испарения	гравиметрический и объемный	ГОСТ 28326.1-89
Массовая концентрация масла	инфракрасная спектрометрия	ГОСТ 28326.3-89
Массовая концентрация железа	фотометрический	ГОСТ 28326.5-89
Насыпная плотность уплотнением	метод механического уплотнения метод ручного уплотнения	ГОСТ 28512.1-90
Насыпная плотность неуплотненной массы	объемный	ГОСТ 28512.3-90
Способность удерживать масло	гравиметрический	ГОСТ 29288-92
Свободная кислота	титриметрический	ГОСТ 29336-92
Вещества, нерастворимые в воде	гравиметрический	ГОСТ 29337-92
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов	радиометрический	ГОСТ 30108-94
Суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния	титриметрический	ГОСТ 14050-93 п.4.3
Массовая доля свинца и кадмия	атомно-абсорбционный	Методика измерения массовой доли свинца и кадмия в фосфорсодержащих минеральных удобрениях и кормовых фосфатах атомно-абсорбционным методом, № 1104-00209438-71-05, АО «НИУИФ», 2016 г.
Массовая доля ртути	атомно-абсорбционный	Методика измерения массовой доли ртути в фосфорсодержащих минеральных удобрениях и кормовых фосфатах атомно-абсорбционным методом, № 1104-00209438-70-05, АО «НИУИФ», 2016 г.
Массовая доля мышьяка	фотометрический	Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом, ЦИНАО, М., 1993 г.
Удельная активность цезия-137, тория -232, радия-226, калия -40	радиометрический	Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс», ГП «ВНИИФТРИ», М.,1999 г.
Удельная активность стронция-90	радиометрический	Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном бета-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс», ГНМЦ «ВНИИФТРИ», 1997 г.

2. Результаты испытаний для оценки однородности содержания массовой доли общего азота (%) по ГОСТ 30181.4-94 в СО состава азофоски МУ-01/2019

Номер пробы	Номер определения					
	1	2	3	4	5	6
1	15,42	15,45	15,30	15,27	15,42	15,32
2	15,49	15,51	15,47	15,52	15,59	15,46
3	15,50	15,48	15,45	15,10	15,50	15,52
4	15,53	15,50	15,38	15,60	15,52	15,10
5	15,44	15,51	15,65	15,12	15,32	15,41
6	15,20	15,42	15,38	15,49	15,33	15,51
7	15,37	15,42	15,28	15,20	15,70	15,40
8	15,43	15,28	15,15	15,40	15,19	15,33
9	15,29	15,33	15,40	15,26	15,34	15,21
10	15,30	15,45	15,51	15,28	15,21	15,18
11	15,52	15,50	15,26	15,65	15,60	15,52
12	15,36	15,10	15,50	15,54	15,20	15,48
13	15,60	15,30	15,50	15,80	15,30	15,05
	Среднее арифметическое результатов измерений $\bar{X}n$	Сумма квадратов SSe	Сумма квадратов SSн	Квадрат отклонений внутри проб $\overline{SS}e$	Квадрат отклонений между пробами $\overline{SS}н$	Характеристика погрешности от неоднородности материала СО Sн
Значение	15,40	1,53	0,40	0,024	0,033	0,041

минеральных удобрений проводили по Z-индексу отдельно по каждому контролируемому показателю и каждому контролируемому образцу в соответствии с РМГ 103-2010.

После оценки результатов анализа участнику МСИ высылали заключение о качестве выполнения анализов, утвержденное свидетельство на комплект контрольных образцов с аттестованными характеристиками, значениями погрешностей аттестации СО и пределов допускаемых значений.

Статистическая обработка результатов экспериментальной оценки однородности двух СО азофоски и муки известняковой показала, что все СО однородны по всем исследуемым компонентам (табл. 2). Характеристику погрешности, обусловленной неоднородностью (Sн), учитывали при оценке погрешности аттестованного значения.

Оценку стабильности СО осуществляли по результатам периодического контроля аттестованных значений в течение одного года (1/2 часть предполагаемого срока годности экземпляра).

Были проведены экспериментальные исследования и обработка результатов для оценки неопределенности от нестабильности в соответствии с методикой Р 50.2.031-2003. Определен срок годности экземпляров СО. Для СО азофоски NPK 15:15:16, азофоски NPK 16:16:16 он составляет 2 года, муки известняковой (доломитовой) – 5 лет. В период исследования, расфасованные в пластмассовые банки с завинчивающимися крышками СО хранили в специальном помещении при температуре (20±5) °С и относительной влажности не более 70 %.

Для проведения аттестации материал СО был разослан в 28 аккредитованные лаборатории России. По ее результатам массовая доля общего азота для азофоски NPK 15:15:16 и 16:16:16 составила соответственно 15,44 ± 0,13 и 15,97 ± 0,18 %; усвояемых фосфатов в пересчете на P_2O_5 – 15,21 ± 0,11 и 16,28 ± 0,09 %; водорастворимых фосфатов в пересчете на P_2O_5 – 11,10 ± 0,10 и 12,00 ± 0,20 %; калия в пересчете на K_2O – 16,10 ± 0,15 и 16,23 ± 0,12 %; воды – 0,54 ± 0,02 и 0,33 ± 0,02 % (табл. 3); для муки известняковой (доломитовой) суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния была равна 98,08 ± 0,38 %; влаги – 11,65 ± 0,11 %; мышьяка – 1,98 ± 0,19 млн$^{-1}$ (табл. 4).

3. Аттестованные значения СО состава азофоски (нитроаммофоски) типа NPK

Характеристика	Нормативный документ на метод испытаний	Аттестованное значение и абсолютная расширенная неопределенность (погрешность) аттестованного значения СО	
		МУ-01/2019	МУ-02/2019
Массовая доля общего азота, %	ГОСТ 30181.4-94	15,44 ± 0,13	15,97 ± 0,18
Массовая доля усвояемых фосфатов в пересчете на P_2O_5, %	ГОСТ 20851.2-75	15,21 ± 0,11	16,28 ± 0,09
Массовая доля водорастворимых фосфатов в пересчете на P_2O_5, %	ГОСТ 20851.2-75	11,10 ± 0,10	12,00 ± 0,20
Массовая доля калия в пересчете на K_2O, %	ГОСТ 20851.3-93	16,10 ± 0,15	16,23 ± 0,12
Массовая доля воды, %	ГОСТ 20851.4-75	0,54 ± 0,02	0,33 ± 0,02

Прослеживаемость результатов измерений, полученных в рамках межлабораторного эксперимента, к единицам СИ реализована посредством применения поверенных средств измерений компетентными, в том числе аккредитованными на соответствие ГОСТ ИСО/МЭК 17025, испытательными лабораториями при проведении измерений и строгом соблюдении процедур измерений по ГОСТ 30181.4-94, ГОСТ 20851.2-75, ГОСТ 20851.3-93, ГОСТ 20851.4-75, ГОСТ 14050-93, п.п. 4.3, 4.5.

Межлабораторные сравнительные испытания проводили в 39 ИЛ агрохимической службы, выполняющих анализы минеральных удобрений. Контролируемые показатели: массовая доля общих фосфатов, массовая доля водорастворимых фосфатов, массовая доля общего азота, массовая доля калия; суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния, влаги и мышьяка. В каждую ИЛ было выслано 3 шифрованных образца массой 200 г.

Использование матричных стандартных образцов имеет неоспоримые преимущества, так как, во-первых, матрица СО адекватна анализируемому объекту, а, во-вторых, аттестованное значение СО и связанная с ним неопределенность уже установлены, что в свою очередь обеспечивает независимость приписанного значения от результатов участников МСИ.

Результаты оценки выполнения анализов СО состава азофоски по контролируемым показателям свидетельствуют, что 89...94 % ИЛ выполняют исследования с достаточной точностью. Доля неудовлет-

4. Аттестованные значения СО состава известняковой (доломитовой) муки

Характеристика	Нормативный документ на метод испытаний	Аттестованное значение и абсолютная погрешность аттестованного значения СО МУ-03/2019
Суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния, %	ГОСТ 14050-93, п.4.3	98,08 ± 0,38
Массовая доля влаги, %	ГОСТ 14050-93, п.4.5	11,65 ± 0,11
Массовая доля мышьяка, млн$^{-1}$	МУ по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом М. ЦИНАО 1993	1,98 ± 0,19

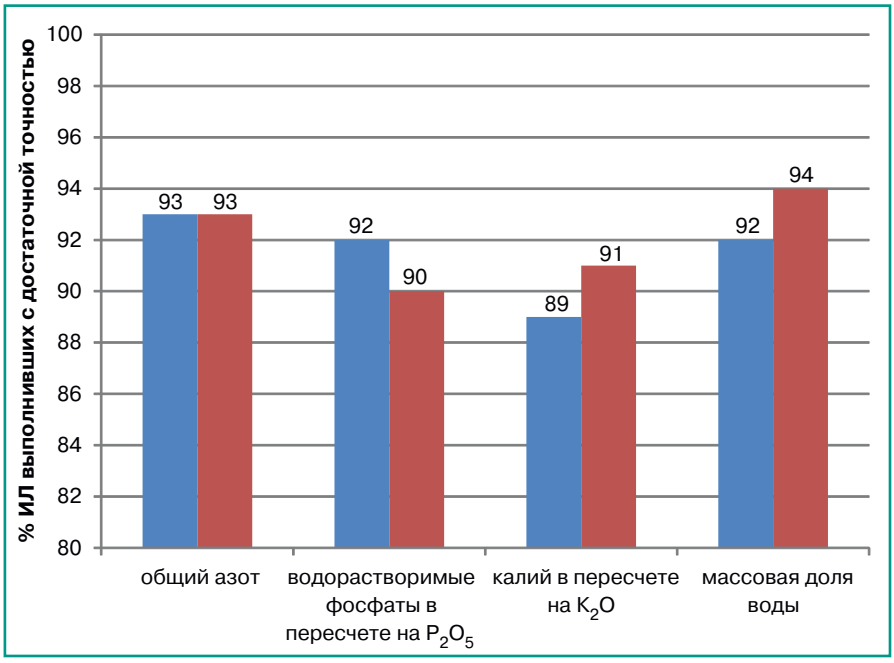


Рис. 1. Качество выполнения анализа азофоски в 2019 г.: ■ – NPK 15:15:16; ■ – NPK 16:16:16.

ворительных результатов составляет 6...11 % от всей совокупности (рис. 1).

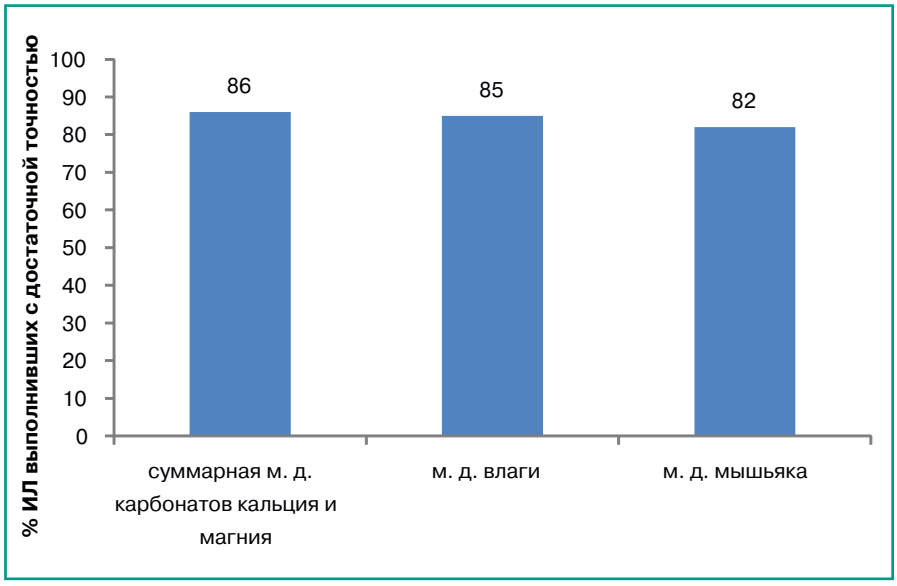


Рис. 2. Качество выполнения анализа доломитовой муки в 2019 г.: ■ – доломитовая мука.

Суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния, массовая доля влаги и мышьяка в СО состава муки известняковой определены с недостаточной точностью в 14...18 % ИЛ (рис. 2).

Таким образом, для контроля качества разных методов испытаний минеральных удобрений разработаны матричные СО состава азофоски (МУ-01/2019, МУ-02/2019) и состава известняковой (доломитовой) муки (МУ-03/2019). В каждом образце определены метрологические характеристики (однородность, стабильность, сертифицированное (аттестованное) значение и его стандартная неопределенность (погрешность). На основе разработанных СО проведены МСИ и дана оценка результатов испытаний минеральных удобрений в аккредитованных ИЛ агрохимической службы.

Литература.

1. Атанов А. Н. Стандартные образцы как основа метрологического обеспечения контроля безопасности и качества продукции // Контроль качества продукции. 2014. № 12. С. 27–31.

2. Васильева И.Е., Шабанова Е.В. Стандартные образцы геологических материалов и объектов окружающей среды: проблемы и решения // Журнал аналитической химии. 2017. Том 72. № 2. С. 99-118.

3. Сычев В. Г., Ступакова Г. А. Проблемы и задачи по совершенствованию метрологического обеспечения в части ответственности ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» // Плодородие. 2019. №6. С. 3–6.

Mineral fertilizers. Methods for quality control during their tests

G.A.Stupakova, E.E. Ignatyeva, T.I. Schiplecova, D.K. Mitrofanov
D. N. Pryanishnikov All-Russian research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova, 31a, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the research was to ensure quality management during testing mineral fertilizers. The monitoring of the need for standard samples (SS) of mineral fertilizers was carried out and programs for the development of new types of SS of mineral fertilizers were formed to identify and confirm the compliance of mineral fertilizers with the requirements of regulatory documents. Matrix SS of azophoska (MU-01/2019, MU-02/2019) and limestone (dolomite) flour (MU-03/2019) were developed. In each sample, we determined metrological characteristics (uniformity, stability, certified value, standard uncertainty of certified value). The standard samples of azophoska composition are certified for 5 indicators: mass fraction of total nitrogen, % (15.44 ± 0.13; 15.97 ± 0.18); mass fraction of assimilated phosphates in terms of P2O5, % (15.21 ± 0.11; 16.28 ± 0.09); mass fraction of water-soluble phosphates in terms of P2O5, % (11.10 ± 0.10; 12.00 ± 0.20); mass fraction of potassium in terms of K2O, % (16.10 ± 0.15; 16.23 ± 0.12); mass fraction of water, % (0.54 ± 0.02; 0.33 ± 0.02). The standard samples of the composition of limestone (dolomite) flour are certified according to 3 indicators: total mass fraction of calcium and magnesium carbonates, % (98.08 ± 0.38); mass fraction of moisture, % (11.65 ± 0.11); mass fraction of arsenic, million-1 (1.98 ± 0.19). The expiration date of SS was determined. For SS of azophoska NPK 15:15:16 and azophoska NPK 16: 16: 16 it is 2 years, for limestone flour (dolomite) it is 5 years. Based on the developed SS, interlaboratory comparative tests were conducted and an assessment of the test results of mineral fertilizers in accredited testing laboratories of the agrochemical service was given.*

Keywords: *mineral fertilizers; metrological support; standard sample; interlaboratory comparative tests.*

Author Details: *G. A. Stupakova, Cand. Sc (Biol.), head of laboratory (e-mail: vniia@list.ru); E. E. Ignatyeva, senior research fellow; T. I. Schiplecova, senior research fellow; D. K. Mitrofanov, senior research fellow.*

For citation: *Stupakova GA, Ignatyeva EE, Schiplecova TI, et al. [Mineral fertilizers. Methods for quality control during their tests]. Zemledelie. 2020. (5):23-7. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10506.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10507
УДК:631.5; 631.6; 911.2

Эффективность применения компоста многоцелевого назначения в севообороте в различных ландшафтных условиях

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

Исследования проводили с целью изучения влияния воздействия компоста многоцелевого назначения на продуктивность культур зернотравяного севооборота в различных ландшафтных условиях. Работу выполняли в 2013–2019 гг. в Тверской области. На тестовом поле, в почву которого под яровую пшеницу был однократно внесен компост многоцелевого назначения из расчета 12 т/га, а также на контрольном поле без его применения, расположенном параллельно тестовому полю, определяли урожайность зерновых культур и многолетних трав в различных ландшафтных условиях конечно-моренного холма. Внесение компоста и его последействие способствовало усилению воздействия ландшафтных условий на пространственную вариабельность урожайности, увеличению продуктивности севооборота в среднем на 0,65 тыс. корм. ед./га, а также повышало влияние природных факторов на продуктивность травостоя. На тестовом поле продуктивность севооборота возросла в центральных и верхних частях южного склона, а также на вершине холма. Максимальная в опыте прибавка от внесения компоста отмечена на яровом рапсе и многолетних травах 1 и 3 г.п. Урожайность зерновых, по сравнению с контролем, существенно не изменялась. В целом по севообороту достоверная прибавка продуктивности отмечена лишь в пределах южного склона. Используя новые знания о влиянии нетрадиционных удобрений в разнообразных ландшафтных условиях на продуктивность различных культур, можно разработать мероприятия по адаптивному размещению посевов в пределах хозяйств, как на фоне традиционных агротехнологий, так и при использовании продуктов биоконверсии органического сырья.

Ключевые слова: *агротехнологии, компост многоцелевого назначения, агроландшафт, севооборот, мониторинг.*

Для цитирования: *Карасева О. В., Иванов Д. А., Рублюк М. В. Эффективность применения компоста многоцелевого назначения в севообороте в различных ландшафтных условиях // Земледелие. 2020. №5. С. 28–31. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10507.*

Урожайность – результат компромисса между продуктивностью и устойчивостью культуры к неблагоприятным факторам окружающей среды. Знание закономерностей образования и изменчивости основных компонентов урожая служит предпосылкой для разработки агротехнических приемов управления процессами формирования продуктивности культур.

Важнейшее место в стабильном повышении урожаев сельскохозяйственных культур занимает севооборот. Он обеспечивает эффективное использование почвенных и климатических ресурсов, поддерживает и увеличивает плодородие почв, ограничивает вредоносность сорняков, вредителей и болезней. Рациональное использование дорогостоящих удобрений возможно при дифференцированном подходе к их применению с учетом агроландшафтных свойств и особенностей возделываемых культур [1, 2, 3]. Наряду с севооборотом большую роль играет почвенное плодородие, которое можно оптимизировать путем внесения продуктов биоконверсии органического сырья [4, 5, 6].

Использование компоста многоцелевого назначения (КМН) в качестве удобрения сопровождается увеличением содержания в почве доступных элементов минерального питания, численности аммонифицирующей и фосфатмобилизирующей микрофлоры и микроскопических грибов, интенсивности окислительно-восстановительных процессов [7]. КМН представляет собой однородную массу, влажностью 55...70 % темно-коричневого цвета с нейтральной или слегка щелочной реакцией (pH 6,3...7,2 ед.), с высокой концентрацией доступных для растений питательных веществ: азота общего ($N_{общ}$) – 2,5...2,6 %; фосфора (P_2O_5) – 2,0...2,2 %; калия (K_2O) – 1,5...1,7 %. Содержание органического вещества составляет 40,6 %, отношение C:N – 15,6:1 [8].

Внесение сложного компоста изменяет свойства почвы, нейтрализует кислотность, улучшает аэрацию и влагоудерживающая способность [9, 10]. Это способствует активизации микробиологических процессов, увеличению численности и разнообразия почвенного микробного комплекса [11, 12].

КМН в сочетании с другими агрохимическими и агромелиоративными мероприятиями позволяет повышать актуальное плодородие почвы на 25...30 % при снижении затрат на производство и применение органических удобрений в 2,0...2,5 раза (по сравнению с традиционными компостами), сформировать оптимальный агрономически ценный микробоценоз, избежать загрязнения почв болезнетворными микроорганизмами [13, 14]. Установлено, что внесение КМН способствует заметному снижению вероятности воздействия экспозиции склонов на биоактивность почвы особенностей микроландшафтного устройства и гидроморфизма почв [15, 16].

В КМН содержится большое количество микроорганизмов аэробной ориентации, что связано с особенностями процесса производства этого удобрения. Естественно, что при попадании в почву они запускают процессы ускоренной минерализации органического вещества, способствуя накоплению элементов питания и физиологически активных веществ в доступной для растений и почвенной микрофлоры форме.

Цель исследований – изучение воздействия КМН на продуктивность

культур зернотравяного севооборота в различных ландшафтных условиях.

Работу проводили на агроэкологическом стационаре ВНИИМЗ в пределах агроландшафта конечно-моренной гряды, которая состоит из межхолмных депрессий (северной и южной), южного склона крутизной 3...5°, плоской вершины и северного склона крутизной 2...3°. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми глееватыми и глеевыми почвами на двучленных отложениях различной мощности. Южный склон холма характеризуется господством песчаных и супесчаных почв, на северном – преобладают их легкосуглинистые разности. Почва на южном склоне дерново-подзолистая слабооглеенная супесчаная, слабо- и среднесмытая на мощном двучлене, содержание гумуса составляло 2,92 %, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 727 и 238 мг/кг соответственно, pH_{KCl} – 5,81. На плоской вершине преобладают дерново-подзолистые, преимущественно глееватые песчаные на среднемощном двучлене почвы, содержание гумуса составляет 2,69 %, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 439 и 292 мг/кг соответственно, pH_{KCl} – 5,36. На северном склоне почва дерново-подзолистая глееватая легко- и среднесуглинистая на маломощном двучлене, содержание гумуса составляло 3,21 %, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 289 и 116 мг/кг соответственно, pH_{KCl} – 6,12. Почвы осушены регулярным гончарным дренажем с междренным расстоянием от 20 до 40 м.

Исследования проводили на агроэкологической трансекте, которая состоит из 10 параллельных полос-полей шириной 7,2 м, длиной 1300 м, площадью около 1 га. Трансекта пересекает все основные микроландшафтные позиции моренного холма: транзитно-аккумулятивные (Т-А) агромикроландшафты (АМЛ) межхолмных депрессий и нижних частей склонов, в которых преобладает аккумуляция питательных веществ из грунтовых и намывных вод; транзитные (Т) местоположения центральных частей склонов, характеризующиеся боковым током влаги; элювиально-транзитные (Э-Т) позиции верхних частей склонов, где, наряду с боковым током влаги, происходит вертикальное промывание почвенного профиля; элювиально-аккумулятивные (Э-А) АМЛ плоской вершины, для которых характерны как вертикальный нисходящий ток влаги, так и её локальная аккумуляция в микропонижениях.

Эффективность применения КМН в севообороте изучали на двух полях – тестовом, на котором вносили компост и контрольном – без КМН. В остальном антропогенное воздействие на обоих полях было однотипным, что позволило изучить адаптивные реакции растений в различных ландшафтных условиях: зяблевая вспашка на 20...22 см, две весенние культивации с боронованием, посев зерновой дисковой сеялкой в прикатанную почву, однократная обработка яровых зерновых культур в период вегетации гербицидом, весеннее боронование многолетних трав, подкормка посевов зерновых аммиачной селитрой (100 кг/га) и учет урожая прямым комбайнированием. Поле разбито на 30 одинаковых делянок, в которых определяли урожайность культур. Учетная площадь делянки 23,3 м², повторность 4-кратная. В опыте выращивали следующие культуры: яровая пшеница сорт Иргина, озимая рожь Дымка, овес Аргамак, тимофеевка луговая ВИК 9, клевер красный луговой ВИК 7.

На тестовой полосе в 2013 г. под яровую пшеницу однократно внесли КМН в дозе 12 т/га, в котором, в пересчете на действующее вещество, содержалось 300 кг азота, 180 кг фосфора и 120 кг калия. Схема 7-польного зернотравяного севооборота была следующей: яровая пшеница – яровой рапс (сидерат) – озимая рожь – овес + многолетние травы – многолетние травы 1...3 г.п.

За годы проведения наблюдений метеоусловия складывались поразному: 2014 г. характеризовался как сухой и жаркий (ГТК = 0,98), 2013, 2016, 2018 и 2019 гг. были влажными и теплыми (ГТК = 1,25; 1,39;1,20 и 1,30), 2015, 2017 гг. – сырыми и теплыми (ГТК = 1,52; 1,94). Количество выпавших осадков в годы исследований варьировало от 224 до 360 мм, сумма активных температур за вегетационный период изменялась в диапазоне от 1850 до 2366 °С.

Сравнение усредненных данных по полям показало, что внесение КМН и его последействие способствовало увеличению продуктивности севооборота в среднем на 0,65 тыс. корм. ед./га. Одновременно пространственная вариабельность урожайности культур (V %), обусловленная ландшафтными факторами, возросла в среднем с 19,8 % до 24,4 %. Наиболее сильно она увеличилась в посевах озимой ржи (с 4,2 до 15,5 %) и покровного овса (с 5,4 до 16,9 %). Степень воздействия компоста во многом зависела от погодных условий, биологических особенностей возделываемых культур и агромикроландшафтных различий

1. Влияние агромикроландшафтных условий и последействия КМН на продуктивность зернотравяного севооборота, тыс. корм. ед./га

Вариант АМЛ	2013 г. (яровая пшеница)	2014 г. (рапс яровой)	2015 г. (озимая рожь)	2016 г. (овес + многолетние травы)	2017 г. (многолетние травы 1 г.п.)	2018 г. (многолетние травы 2 г.п.)	2019 г. (многолетние травы 3 г.п.)	Среднее
Тестовое поле с КМН								
Т-Аю	1,89	3,77	2,80	2,00	3,86	4,07	0,29	2,67
Тю	2,13	4,38	3,01	2,69	7,16	7,94	0,91	4,03
Э-Тю	1,41	4,84	3,79	3,50	6,56	9,04	1,09	4,32
Э-А	2,53	4,20	4,04	3,28	7,52	5,56	1,43	4,08
Э-Тс	2,27	4,48	4,10	3,08	6,85	4,46	0,70	3,71
Тс	2,00	3,10	3,01	2,73	3,40	6,17	1,61	3,15
Т-Ас	2,55	3,79	3,36	3,03	3,52	6,10	1,26	3,37
Среднее	2,11	4,08	3,44	2,90	5,55	6,19	1,04	3,62
$НСР_{0,5}$	0,39	1,00	0,50	$F_ф<F_т$	$F_ф<F_т$	2,30	0,08	1,30
Контрольное поле								
Т-Аю	1,56	3,26	3,13	2,79	3,11	3,33	0,40	2,51
Тю	1,99	2,45	3,13	2,97	4,81	3,37	0,44	2,74
Э-Тю	1,24	2,44	2,91	3,20	5,01	5,45	0,79	3,00
Э-А	1,90	2,72	2,80	3,01	4,51	6,08	0,90	3,13
Э-Тс	1,68	2,10	3,02	3,13	3,45	5,76	0,59	2,82
Тс	1,92	1,89	3,13	3,13	3,54	9,79	0,86	3,47
Т-Ас	2,09	2,30	3,05	2,80	2,79	7,60	0,98	3,09
Среднее	1,77	2,45	3,02	3,00	3,89	5,92	0,71	2,97
$НСР_{0,5}$	0,40	0,60	$F_ф<F_т$	0,44	1,40	1,48	0,08	0,90

2. Эффективность применения КМН в агромикроландшафтах в зернотравяном севообороте, % к контролю

Вариант АМЛ	2013 г. (яровая пшеница)	2014 г. (рапс яровой)	2015 г. (озимая рожь)	2016 г. (овес+ многолетние травы)	2017 г. (многолетние травы 1 г.п.)	2018 г. (многолетние травы 2 г.п.)	2019 г. (многолетние травы 3 г.п.)	Среднее за 7 лет
Т-Аю	121,1	115,6	89, 5	71,7	124,1	122,2	72,5	106,4
Тю	107,0	178,8	96,2	90,6	148,9	235,6	206,8	147,1
Э-Тю	113,7	198,4	130,2	109,2	130,9	165,9	138,0	144,0
Э-А	133,2	154,4	144,3	109,0	166,7	91,4	158,9	130,3
Э-Тс	135,1	213,3	135,8	98,4	198,5	77,4	118,6	131,6
Тс	104,2	164,0	96,2	87,2	96,0	63,0	187,2	90,8
Т-Ас	122,0	164,8	110,2	108,2	126,2	80,3	128,6	109,1
Среднее	119,2	166,5	113,9	96,7	142,7	104,6	146,5	121,9

$НСР_{0,05}$ = 37,9 %

вариантов опыта. При однократном внесении КМН в дозе 12 т/га в 7-польном зернотравяном севообороте отмечено увеличение его средней продуктивности за ротацию с 2,97 до 3,62 тыс. корм. ед./га, или на 21,9 % (табл. 1). На тестовом поле произошло повышение продуктивности севооборота в центральной и верхней части южного склона, а также на вершине холма и снижение до 73,4 % в транзитно-аккумулятивном варианте южного склона.

Максимальная в опыте продуктивность севооборота в контроле отмечена в транзите северного склона (117,1 % от среднего), минимальная (84,6 %) – в транзитно-аккумулятивном АМЛ южного склона.

Наибольшее долевое влияние на продуктивность севооборота, как в тестовом, так и в контрольном поле, оказали многолетние травы 1 и 2 года пользования. В тестовом поле для 6-и культур севооборота благоприятно складывались условия в элювиально-транзитном АМЛ южного склона и на вершине холма, что и обеспечило их максимальную продуктивность.

Максимальная в опыте прибавка от внесения КМН отмечена на яровом рапсе и многолетних травах 1 и 3 г.п. Урожайность зерновых достоверно не изменялась, по сравнению с контролем. В целом по севообороту существенное увеличение продуктивности отмечено лишь в пределах южного склона (табл. 2).

Отсутствие достоверной прибавки урожайности яровой пшеницы во всех вариантам тестового поля можно объяснить слабым влиянием компоста в год внесения. Максимальное его воздействие проявилось на второй год под посевами рапса. Практически во всех вариантах тестового поля отмечали увеличение его продуктивности в 1,5...2,0 раза. В последующие годы на озимых и яровых зерновых культурах отмечали затухание влияния КМН на урожай. Достоверная прибавка продуктивности озимой ржи под воздействием КМН зафиксирована только на вершине холма. При этом многолетние травы в условиях последействия компоста многоцелевого назначения развивались значительно лучше, чем в контроле. Отмечено значительное увеличение выхода сена с 1 га на травах 1 г.п. на верхних гипсометрических отметках агроландшафта и в центральных частях южного склона холма. Травы 2 г.п. резко увеличили продуктивность на южном склоне и снизили ее на вершине и северном склоне, что в целом по агроландшафту (с 4,8 % до 16,2 %). Максимальная в опыте прибавка от КМН зафиксирована в вариантах южного склона, кроме транзитно-аккумулятивного АМЛ, на яровом рапсе и травах 1 и 3 г.п. (189, 140 и 162 % соответственно). Наибольшая прибыль от внесения КМН отмечена на верхних гипсометрических отметках агроландшафта (до 119,3 %), что позволяет рекомендовать применение этого удобрения на вершинах холмов и верхних частях склонов.

3. Эффективность зернотравяного севооборота в зависимости от агромикроландшафтных условий и агрофона (среднее за 2013–2019 гг.)

Вариант АМЛ	Продуктивность 1 га севооборотной площади, тыс. корм. ед.		Чистая прибыль с 1 га севооборотной площади, тыс. руб.		Относительная чистая прибыль (% от среднего по АМЛ)	
	контрольное поле	тестовое поле	контрольное поле	тестовое поле	контрольное поле	тестовое поле
Т-Аю	2,51	2,67	2,67	2,84	84,5	73,8
Тю	2,74	4,03	2,91	4,28	92,3	111,3
Э-Тю	3,00	4,32	3,19	4,59	101,0	119,3
Э-А	3,13	4,08	3,33	4,34	105,4	112,7
Э-Тс	2,82	3,71	3,00	3,94	95,0	102,5
Тс	3,47	3,15	3,69	3,35	116,8	87,0
Т-Ас	3,09	3,37	3,28	3,58	104,0	93,1
Среднее	2,97	3,62	3,16	3,85	100,0	100,0

привело к отсутствию достоверных различий с контролем. На травах 3 г.п. произошло существенное увеличение продуктивности практически на всем южном склоне и в центре северного.

При анализе экономических показателей существенных различий по денежным вложениям на производство продукции (прямые затраты) не отмечено – изменения по вариантам составили менее 3 % от среднего по опыту. Эти затраты, в большей степени, определяли агромикроландшафтные особенности вариантов: длина гона и/или другие различия, чем размеры урожая. Условно чистый доход и уровень рентабельности напрямую зависели от урожайности (табл. 3).

Таким образом, однократное внесение компоста многоцелевого назначения способствовало увеличению продуктивности севооборота в среднем на 0,65 тыс. корм. ед./га. Применение КМН приводило к усилению воздействия ландшафтных условий на пространственную вариабельность урожайности зерновых культур

При проведении агротехнических мероприятий и использовании средств интенсификации для нормирования антропогенной нагрузки необходимо учитывать фациальные особенности ландшафта, что обеспечит экономически оправданное производство экологически безопасной продукции.

Литература.

1. Иванов А. И., Иванова Ж. А., Цыганова Н. А. Эффективность дифференциации доз удобрений в зернопаровом звене севооборота // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 20–24. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/20-24

2. Медведев И. Ф., Губарев Д. И., Графов В. П. Фациальная дифференциация земельных ресурсов как основа повышения экологизации агроландшафта // Земледелие. 2018. №1. С. 10–15.

3. Kiryushin V. I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agrocenoses in Adaptive-Landscape Farming Systems // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No.9.P. 1137–1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068

4. Separation of agroclimatic areas for optimal crop growing within the framework

of the natural–agricultural zoning of Russia / D. S. Bulgakov, D. I. Rukhovich, E. A. Shishkonakova, et al.// Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. No. 9. P. 1049–1060. DOI:10.1134/S1064229316070036

5. Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы / В. D. Понкратенкова, А. Ю. Гаврилова, Г. Е. Мёрзлая и др. // Достижения науки техники АПК. 2018. Т. 32. №12. С. 31–33. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11208

6. Еськов А. И., Лукин С. М., Мерзлая Г. Е. Современное состояние и перспективы использования органических удобрений в сельском хозяйстве России // Плодородие. 2018. №1. С. 20–23. DOI: 10/25680/S19948603.2018.100.05

7. Влияние компоста многоцелевого назначения на микробиоту дерново-подзолистой почвы и урожай листовой массы и семян амаранта / П. Ф. Кононков, Н. Г. Ковалев, М. С. Гинс и др. // Агрохимия. 2009. № 12. С. 48–51.

8. Ковалев Н. Г., Барановский И. Н. Биомелиоративные аспекты использования нетрадиционных удобрений, полученных путем биоконверсии органического сырья на предприятиях агропромышленного комплекса // Механизація та электрифікація сільського господарства. 2010. Вип. 94. С. 58–60.

9. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур: монография / Д. А. Антоненко, И. С. Белюченко, В. В. Гукалов и др. Краснодар: КубГАУ, 2018. 181 с. ISBN: 978-5-94672-884-3

10. Changes in the metagenome of prokaryotic community as an indicator of fertility of arable soddy-podzolic soils upon fertilizer application / A. N. Naliukhin, V. V. Surov, O. V. Siluyanova, et al. // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. No. 3. P. 321–326. DOI: 10.1134/S1064229318030092

11. Impact of long-term agricultural management practices on soil prokaryotic communities / D. Babin, K. Smalla, A. Deubel, et al. // Soil biology and biochemistry. 2019. Vol. 129. P. 17–28. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.11.002

12. Vasbieva M. T. Effect of long-term application of organic and mineral fertilizers on the organic carbon content and nitrogen regime of soddy-podzolic soil // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. P. 1422–1428. DOI: 10.1134/S1064229319110139

13. Качество компоста многоцелевого назначения и приемы его регулирования / Н. Г. Ковалев, В. Н. Зинковский, Т. С. Зинковская и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 5. С. 28–32.

14. Рескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2020. № 3. С. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10308

15. Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г., Смирнова Ю. Д. Применение новых биоудобрений и биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы (Triticum aestivumL.) и картофеля (Solanum tuberosum L.) // Сельскохозяйственная биология. 2015, Т. 50. № 5. С. 665–672.

16. Рублюк М. В., Иванов Д. А. Мониторинг агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы мелиорированных агроландшафтов // Плодородие. 2019. №2 (107). С. 28-30. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.09

The efficiency of application of multi-purpose compost in the crop rotation under various landscape conditions

O. V.Karaseva, D. A. Ivanov, M. V. Rublyuk
Federal Research Center Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskii per., 7, str. 2b, Moskva, 119017, Russian Federation

Abstract. *The research was carried out to study the influence of multipurpose compost on the productivity of crops of a grain-grass crop rotation under various landscape conditions. The studies were conducted in 2013-2019 in the Tver region. In the test field, we applied multi-purpose composed once at the dose of 12 t/ha for spring wheat; in the control field, the compost was not applied. In both fields, we determined the yield of cereals and perennial grasses under different landscape conditions of a terminal moraines hill. The application of the compost and its aftereffect increased the impact of landscape conditions on the spatial variability of productivity, the productivity of crop rotation on average by of 0.65 thousand fodder units/ha, and the influence of natural factors on the productivity of herbage. In the test field, crop rotation productivity increased in the central and upper parts of the southern slope, as well as on the top of the hill. The maximum increase from the compost application was observed on spring rape and perennial grasses of the 1st and 3d year of use. The yield of cereals did not change significantly in comparison with the control. On the whole over the crop rotation, a significant increase in productivity was noted only within the southern slope. Using new knowledge about the impact of non-traditional fertilizers under different landscape conditions on the productivity of various crops, it is possible to develop measures for the adaptive distribution of crops within farms, both against the background of traditional agricultural technologies, and when using bioconversion products of organic raw materials.*

Keywords: *agricultural technologies; multi-purpose compost; agricultural landscape; crop rotation; monitoring.*

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

For citation: *Karaseva OV, Ivanov DA, Rublyuk MV [The efficiency of application of multi-purpose compost in the crop rotation under various landscape conditions]. Zemledelie. 2020. (5):28–31. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10507.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10508
УДК [631.82:661.183.123.6] : 633.11 (571.1)

Эффективность некорневой подкормки хелатами микроэлементов при возделывании яровой пшеницы на лугово-черноземной почве

Н. В. ГОМАН, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: nv.goman@omgau.org)
И. А. БОБРЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой
В. В. ПОПОВА, старший преподаватель
Ю. В. АКСЕНОВА, кандидат биологических наук, доцент
Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, 644008, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния некорневой подкормки хелатами цинка и меди в фазе выхода в трубку яровой мягкой пшеницы на величину и качество урожая зерна. Работу выполняли в 2017–2019 гг. в Омской области на лугово-черноземной среднемощной среднегумусовой тяжелосуглинистой почве на сорте Памяти Азиева. Схема полевого опыта включала следующие варианты: без микроэлементов (контроль); Zn_{10}; Zn_{20}; Zn_{30}; Cu_{10}; Cu_{20}; Cu_{30} (микроэлементы вносили в хелатной форме, дозы указаны в граммах действующего вещества на 1 га). Содержание нитратного азота (по Грандваль-Ляжу) в слое почвы 0...40 см составляло15,5±1,9 мг/кг, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 228±17 и 338±12 мг/кг, подвижных цинка и меди (в ацетатно-аммонийном буферном растворе с pH 4,8) в слое 0...20 см – 0,54±0,08 и 0,11±0,03 мг/кг. Прибавка урожая зерна составляла в среднем 0,03...0,16 т/га (1,4...7,3 %). Лучшая в опыте доза хелатов цинка и меди была равна 20 г/га. В этих вариантах отмечали наибольшую массу 1000 зерен (30,9 г и 30,1 г соответственно) и натуру зерна (694 г/л и 699 г/л). Самое высокое содержание белка зафиксировано в вариантах Zn_{20} – 13,6 % и Cu_{10} – 13,8 %. Сбор белка

при применении хелатов увеличился с 295 кг/га в контроле до 300...321 кг/га. Энергия прорастания семян, сформировавшихся на растениях при некорневой подкормке, достоверно увеличивалась с 93,3 % в контроле до 94,2...97,0 %.

Ключевые слова: *цинк, медь, удобрения, хелат, яровая пшеница (Tríticum aestívum), урожайность.*

Для цитирования: *Эффективность некорневой подкормки хелатами микроэлементов при возделывании яровой пшеницы на лугово-черноземной почве / Н. В. Гоман, И. А. Бобренко, В. В. Попова и др. // Земледелие. 2020. №5. С. 31–34. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10508.*

Большинство почв Омской области характеризуется недостаточной обеспеченностью доступных для растений форм цинка и меди [1, 2]. Аналогичная ситуация складывается и в других регионах страны, например, в Смоленской области низкой обеспеченностью цинком характеризуются 79,5 % почв пашни, медью - 34,2 % [3], на юго-западе Алтайского края - соответственно 99,9 % и 94,2 % [4]. При этом известно положительное влияние хелатных микроудобрений на эффективность возделывания различных культур [5, 6, 7]. Так, в условиях Среднего Поволжья осенняя подкормка озимой пшеницы удобрением Биоплант Флора, проведенная в фазе всходов из расчета 2 л/га, повышала урожайность культуры на 0,40...0,53 т/га [8].

Основная доля посевов зерновых культур (более 70 %) в регионе приходится на яровую пшеницу. Продукция ее сильных и ценных сортов, выращенная в условиях степной и лесостепной зон Омской области, по технологическим свойствам не уступает мировым стандартам и используется для улучшения хлебопекарных качеств муки во многих областях Российской Федерации и за ее пределами. Для увеличения производства зерна пшеницы необходимо применение микроудобрений [9, 10, 11], при этом целесообразность использования из хелатных форм в условиях региона изучена недостаточно.

Цель исследований – изучение влияния некорневой подкормки хелатами цинка и меди в фазе выхода в трубку на урожайность и качество урожая яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве.

Работу выполняли в 2017–2019 гг. на полях ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» на сорте мягкой яровой пшеницы Памяти Азиева. Исследования проводили в полевом опыте, заложенном по следующей схеме: без микроэлементов (контроль); Zn_{10}; Zn_{20}; Zn_{30}; Cu_{10}; Cu_{20}; Cu_{30} (микроэлементы вносили в хелатной форме, дозы указаны в граммах действующего вещества на 1 га). Удобрения применяли в виде некорневой подкормки растений в фазе выхода в трубку.

Схема опыта была построена по методу организованных повторений, повторность 4-х кратная, размещение делянок в опыте трехярусное, вариантов внутри повторения – систематическое со смещением. Площадь делянки 16 м^2. Почва – лугово-черноземная среднемощная среднегумусовая тяжелосуглинистая. Перед закладкой опыта содержание нитратного азота (по Грандваль-Ляжу) в слое почвы 0...40 см составляло 15,5±1,9 мг/кг, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 228±17 и 338±12 мг/кг, подвижного цинка и меди в слое 0...20 см – 0,54±0,08 и 0,11±0,03 мг/кг. Исследования проводили в посевах пшеницы по пару в трехпольном семеноводческом севообороте: пар – пшеница – пшеница. Агротехника – общепринятая для зоны: осенью основная обработка почвы плугом ПН-4-35 на глубину 20...22 см; ранневесеннее боронование зубовыми боронами в два следа при достижении почвой состояния физической спелости и предпосевная культивация КПС-4 на глубину заделки семян. Посев 25...27 мая сеялкой ССФК-7, норма высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га, после посева почву прикатывали кольчатыми катками ЗКК-6А. Уборку осуществляли в первой декаде сентября прямым комбайнированием Hege-125.

Химические анализы проводили на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ и в лаборатории первичного семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» по стандартным методикам.

Метеорологические условия в годы исследований складывались по-разному. В 2017 г. сумма эффективных температур в период с мая по сентябрь была выше среднемноголетней, а количество осадков на 72,3 мм ниже климатической нормы (243 мм). В 2018 г. сумма осадков за период вегетации заметно превышала среднемноголетнюю и составляла 258,3 мм, сумма эффективных температур была ниже нормы. Вегетационный период 2019 г. был благоприятным для роста и развития пшеницы – сумма эффективных температур и сумма осадков (239 мм) находились на уровне нормы.

Сбор зерна в 2017 и 2019 гг. был в 1,4 раза выше, чем в 2018 г. (в контроле соответственно 2,45, 2,41 и 1,73 т/га), что объясняется неблагоприятными погодными условиями 2018 г.

Улучшение минерального питания яровой пшеницы при использовании хелатов цинка и меди обеспечило прибавку урожая зерна в среднем на уровне 0,03...0,16 т/га, или 1,4...7,3 %, по отношению к контролю (табл. 1).

1. Урожайность зерна пшеницы при некорневой подкормке хелатными микроудобрениями

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Прибавка	
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя	т/га	%
Контроль	2,45	1,73	2,41	2,20	–	–
Zn_{10}	2,50	1,77	2,42	2,23	0,03	1,4
Zn_{20}	2,58	1,91	2,52	2,34	0,14	6,4
Zn_{30}	2,56	1,96	2,46	2,33	0,13	5,9
Cu_{10}	2,60	1,85	2,50	2,31	0,11	5,0
Cu_{20}	2,59	1,89	2,52	2,36	0,16	7,3
Cu_{30}	2,61	1,89	2,52	2,34	0,14	6,4
$НСР_{05}$	0,11	0,08	0,10			

Средняя урожайность в контрольном варианте составила 2,20 т/га. Применение хелатов цинка в дозе 10 г/га способствовало ее увеличению на 0,03 т/га. При увеличение дозы цинка в два раза сбор зерна, по сравнению с контролем, возрастала на 0,14 т/га. Дальнейшее повышение дозы этого элемента не сопровождалось ростом урожайности. Аналогичная картина прослеживалась при использовании хелатов меди. Максимальная в опыте прибавка (0,16 т/га) к контролю отмечена при подкормке этим элементом в дозе 20 г/га.

Наибольшее в опыте содержание белка в зерне отмечено в вариантах Zn_{20} – 13,6 %, Cu_{10} – 13,8 % при 13,4 % в контроле (табл. 2). Дальнейшее повышение доз микроэлементов приводило к снижению величин этих показателей. Сбор белка увеличивался с 295 кг/га в контроле до 300...321 кг/га при применении хелатов.

Для хлебопечения основной показатель качества зерна – количество и качество клейковины. Ее содержание по вариантам опыта изменялось в диапазоне 26,4...27,4 % (при ИДК 58...61 ед.). На максимальном в опыте уровне оно было в лучших вариантах по содержанию белка (Zn_{20} и

2. Показатели качества зерна пшеницы при некорневой подкормке хелатными микроудобрениями (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Стекловидность, %	Белок, %	Сбор белка, кг/га	Клейковина, %	ИДК, ед.
Контроль	50,0	13,4	295	26,5	59,
Zn_{10}	50,0	13,5	300	26,8	58
Zn_{20}	50,7	13,6	317	26,9	58
Zn_{30}	50,3	13,3	310	26,4	59
Cu_{10}	49,3	13,9	320	27,4	59
Cu_{20}	49,7	13,3	315	27,0	60
Cu_{30}	49,7	13,7	321	27,2	61
$НСР_{05}$	3,5	0,2		0,3	3,1

Cu_{10}) – соответственно 27,6 и 27,7 % (ИДК 58 и 59 ед.).

Сорт Памяти Азиева относится к среднестекловидным и его зерно обладает хорошими хлебопекарными качествами. Стекловидность зерна в наших экспериментах составляла 49,3...50,7 % (табл. 2).

Энергия прорастания – важный признак посевных качеств семян, высокие значения которого обеспечивают дружность роста и развития растений, созревания и налива зерна, что облегчает уборку урожая. В наших исследованиях при некорневой подкормке микроудобрениями у сформировавшихся семян она достоверно увеличивалась с 93,3 % в контроле до 94,2...97,0 %. Всхожесть семян также возрастала с 97,3 до 98,2 %. Наибольшая в опыте энергия прорастания семян отмечена при использовании Zn_{30} и Cu_{10} – соответственно 95,2 и 97,2 %, лабораторная всхожесть в обоих вариантах составила 98,2 % (табл. 3).

3. Посевные качества семян пшеницы при некорневой подкормке хелатными микроудобрениями (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Энергия прорастания, %				Всхожесть, %			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
Контроль	94,5	90,5	95,0	93,3	98,0	98,0	96,0	97,3
Zn_{10}	96,5	92,5	96,0	95,0	98,0	98,0	97,0	97,7
Zn_{20}	97,5	93,0	94,0	94,8	98,5	98,5	95,0	97,3
Zn_{30}	93,5	98,0	94,0	95,2	99,0	99,5	96,0	98,2
Cu_{10}	97,5	97,0	97,0	97,2	98,0	98,5	98,0	98,2
Cu_{20}	95,0	91,0	93,0	93,0	99,5	96,5	96,0	97,3
Cu_{30}	96,5	90,0	96,0	94,2	100	95,5	96,0	97,2
$НСР_{05}$	4,9	4,8	4,3		4,4	4,3	4,8	

Высокая масса 1000 зерен свидетельствует о большом запасе питательных веществ. Один из признаков, определяющих мукомольные достоинства пшеницы, – натура зерна. Величина этого показателя тесно связана с выполненностью и плотностью зерна, его крупностью и формой. Существует положительная корреляционная зависимость между натурой зерна и выходом муки [12, 13]. Лучшим в опыте по массе 1000 зерен (30,9 г) был вариант Zn_{20}, по натуре зерна (699 г/л) – Cu_{10}, при величинах этих показателей в контроле 29,9 г и 693 г/л соответственно (табл. 4).

Таким образом, некорневая подкормка растений яровой пшеницы на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири хелатами цинка и меди положительно влияет на урожайность и качество продукции культуры. Максимальный в опыте сбор зерна (2,36 и 2,34 т/га) отмечен в вариантах Cu_{20} и Zn_{20}, прибавка по отношению к контролю составляла соответственно 0,16 и 0,14 т/га. Сбор белка при этом увеличился с 295 кг/га в контроле до 300...321 кг/га, а энергия прорастания семян с 93,3 % до 94,2...97,0 %. Наибольшая масса 1000 зерен достигала 30,9 г (Zn_{20}), натура зерна – до 699 г/л (Cu_{10}) против 29,9 г и 693 г/л соответственно в контроле.

4. Физические качества семян пшеницы при некорневой подкормке хелатными микроудобрениями

Вариант	Масса 1000 зерен, г				Натура г/л			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
Контроль	31,40	28,70	29,67	29,92	720	690	669	693
Zn_{10}	30,88	30,30	30,03	30,40	720	670	672	687
Zn_{20}	31,68	30,80	30,33	30,93	725	685	672	694
Zn_{30}	30,26	27,87	28,03	28,72	714	650	676	680
Cu_{10}	31,80	28,40	30,01	30,07	736	675	687	699
Cu_{20}	31,72	27,70	31,00	30,14	706	660	678	681
Cu_{30}	31,54	28,87	29,70	30,04	725	682	680	696
$НСР_{05}$				0,91				18,2

Литература.

1. Красницкий В. М., Азаренко Ю. А. Содержание микроэлементов в системе почва-растение в агроценозах Омского Прииртышья // Плодородие. 2017. № 5 (98). С. 28–31.

2. Агроэкологический мониторинг почв на правом берегу Иртыша лесостепной зоны Омской области / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт и др. // Плодородие. 2016. № 3. С. 33–36.

3. Слюсарь И. А., Силаева О. П. , Бабурченкова З. П. Динамика показателей почвенного плодородия и использование средств химизации в Смоленской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 4. С. 10-15.

4. Симакова С.А., Ваганов Е.С., Колмогорова И.В. Состояние плодородия почв на юго-западе Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 1. С. 13-17.

5. Влияние разных способов внесения цинка под озимую тритикале на урожайность зерна в условиях южной лесостепи Западной Сибири / И. А. Бобренко, Н. В. Гоман, Е. Ю. Павлова и др. // Плодородие. 2012. № 3. С. 7–9.

6. Azarenko Yu. A. Assessing the Fund of Strongly Bound and Mobile Forms of Zinc in the soils of agrocenoses in the forest-steppe and steppe zones of the Omsk Irtysh Land // Annals of Biology. 2019. 35 (1). P. 67–72.

7. Вахитова Л.З., Каримова Л.З., Сафин Р.И. Оценка эффективности некорневой подкормки ярового ячменя удобрением Агрис Азот // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1 (55). С. 15-20.

8. Сабирова Р.М., Шакиров Р.С., Бикмухаметов З.М. Биоплант флора - удобрение нового поколения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2 (53). С. 37-42.

9. Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: a review / T. Hellemans, F. Van Bockstaele, M. Eeckhout, et al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. Т. 66. № 11. P. 2491–2509.

10. Бобренко И. А., Попова В. И., Гоман Н. В. Метод расчета доз цинковых удобрений на основе полевого опыта при возделывании озимой пшеницы // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2018. – №1 (12). – С. 2.

11. Wheat starch production, structure, functionality and applications-a review / K. Shevkani, N. Singh, R. Bajaj, et al. // International Journal of Food Science & Technology. 2017. Т. 52. № 1. С. 38–58.

12. Кормин В. П., Гоман Н. В. Эффективность применения некорневых азотных подкормок под яровую пшеницу в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (13). С. 12–14.

13. Molecular and phenotypic characterization of advanced backcross lines derived from interspecific hybridization

of durum wheat / E. Todorovska, N. Abu-Mhadi, V. Peycheva, et al. // Biotechnology and Biotechnological Equipment. 2013. T. 27.№ 3. P. 3760–3771

The efficiency of foliar feeding with chelates of trace elements in the cultivation of spring wheat in meadow-chernozem soil

N. V. Goman, I. A. Bobrenko, V. V. Popova, Yu. V. Aksenova
Omsk State Agrarian University, Institutskaya pl., 2, Omsk, 644008, Russian Federation

Abstract. *The work aimed to study the effect of foliar feeding with zinc and copper chelates in the elongation phase of spring common wheat on the size and quality of grain yield. The work was carried out in 2017–2019 in the Omsk region in a meadow-chernozem medium-thick medium-humic heavy loamy soil. We used Pamyati Azieva variety. The design of the field experiment included the following treatments: without trace elements (the control); Zn10; Zn20; Zn30; Cu10; Cu20; Cu30 (microelements were added in the chelate form, doses are indicated in grams of active ingredient per 1 ha). The content of nitrate nitrogen (according to Grandval-Lyazh) in the soil layer 0–40 cm was (15.5 ± 1.9) mg/kg, of mobile phosphorus and potassium (according to Chirikov) – (228 ± 17) mg/kg and (338 ± 12) mg/kg, respectively. The concentration of mobile zinc and copper (in an acetate-ammonium buffer solution with pH 4.8) in the 0–20 cm layer was (0.54 ± 0.08) and (0.11 ± 0.03) mg/kg. The increase in grain yield averaged 0.03–0.16 t/ha (1.4–7.3%). The best dose of zinc and copper chelates in the experiment was 20 g/ha. In these variants, the highest mass of 1000 grains (30.9 g and 30.1 g, respectively) and grain-unit (694 g/L and 699 g/L) were noted. The highest protein content was recorded in the treatments Zn20 (13.6%) and Cu10 (13.8%). The harvest of protein with the use of chelates increased from 295 kg/ha in the control to 300–321 kg/ha. The seed germination energy formed on plants at foliar feeding increased significantly from 93.3% in the control to 94.2–97.0%.*

Keywords: *zinc; copper; fertilizers; chelate; spring wheat (Triticum aestivum); productivity.*

Author Details: *N. V. Goman, Cand. Sc. (Agr.), ass. prof. (e-mail: nv.goman@omgau.org); I. A. Bobrenko, D. Sc. (Agr.), head of department; V. V. Popova, senior lecturer; Yu. V. Aksenova, Cand. Sc. (Biol.), ass. prof.*

For citation: *Goman NV, Bobrenko IA, Popova VV, et al. [The efficiency of foliar feeding with chelates of trace elements in the cultivation of spring wheat in meadow-chernozem soil]. Zemledelie. 2020. (5):31-4. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10508.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10509
УДК 635.758

Влияние Никосульфурона на изменение соотношения витаминов в укропе (*Anethum graveolens* L.)

Е. В. ЗУЕВА[1], инженер-химик
Р. Ф. БАЙБЕКОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор
С. Л. БЕЛОПУХОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: SBelopuhov@rgau-msha.ru)
Х. В. ШАРАФУТДИНОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, профессор
[1]Орехово-Зуевский филиал федерального бюджетного учреждения «Ростест-Москва», ул. Коминтерна, 1, г. Орехово-Зуево, Московская обл., 142608, Российская Федерация
[2]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Работу выполняли в 2016–2017 гг. в Московской области с целью изучения влияния препарата дессикантного действия Никосульфурона на витаминный состав семян укропа огородного для повышения его пищевой ценности. Материалом для исследования служили сорта укропа Грибовский и Лесногородский. Схема опыта включала следующие варианты: контроль – обработка растений водой, опыт – обработка препаратом Никосульфурон (действующее вещество 2-[(4,6-диметоксипиримидин-2-ил-карбамоил-сульфамоил)-N,N-диметилникотинамид)]) в дозе 0,1 г д.в./л. Посев осуществляли широкорядным способом на глубину 2 см нормой 1,0 млн шт./га. Опрыскивание растений проводили за 10 дней до уборки урожая в фазе молочной спелости семян, уборку – в фазе биологической спелости семян. Содержание витаминов (B_1, B_2, B_3, B_6, B_9, C) определяли методом жидкостной хроматографии. Сбор семян в контроле по годам исследования у сорта Грибовский варьировал в пределах 0,83...0,85 кг/м^2, Лесногородский – 0,81...0,82 кг/м^2. Обработка препаратом способствовала росту величины этого показателя, по сравнению с контролем, на 0,15...0,19 кг/м^2 и 0,13...0,15 кг/м^2 соответственно. В среднем за годы исследования у сорта Грибовский обработка Никосульфуроном, по сравнению с контролем, привела к увеличению содержания витамина B_1 на 9...12 %, B_2 – на 10...12 %, B_3 – на 22...39 %, B_6 – на 20...22 %, B_9 – на 17...20 %, C – на 5...7 %. Опрыскивание исследуемым препаратом посевов сорта Лесногородский привело к увеличению содержания витамина B_1 на 4...5 %, B_2 – на 13...19 %, B_3 – на 14...17 %, B_6 – на 22...25 %, B_9 – на 22...36 %, C – на 4...5 %. Более восприимчивым к рассматриваемому агрохимическому приему оказался сорт Грибовский.

Ключевые слова: *укроп огородный (Anethum graveolens L.), регулятор роста, Никосульфурон, витамины, качество продукции.*

Для цитирования: *Влияние Никосульфурона на изменение соотношения витаминов в укропе (Anethum graveolens L.) / Е. В. Зуева, Р. Ф. Байбеков, С. Л. Белопухов и др. // Земледелие. 2020. № 5. С. 34–37. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10509.*

Развитие пищевой промышленности и связанная с ним необходимость улучшения качества и повышения пищевой ценности продуктов питания, а также создание новых видов продуктов [1] обусловливают высокую потребность в широком ассортименте пряно-ароматического сырья [2]. До последнего времени ее удовлетворение происходило в основном путем зарубежных закупок, что не способствовало развитию отечественной сырьевой базы [3]. Особую значимость это приобретает в связи с тем, что традиционно считающаяся источником витаминов плодово-ягодная продукция может иметь практическое значение только в удовлетворении потребности в водорастворимых витаминах C, P, B_9, а также жирорастворимых витаминах E и K [4].

Укроп огородный (*Anethum graveolens* L.) – одно из распространенных эфиромасличных растений, возделываемых на территории Российской Федерации. Ежегодно его посевы (без учета частного сектора) занимают 6...7 тыс. га.

При этом нельзя не учитывать влияние условий выращивания культурных растений на витаминный состав. Их содержание сильно варьирует в зависимости от органа и ткани растения, климатических факторов, сортового и видового разнообразия, фазы развития растения [5, 6, 7], используемых технологических приемов [8, 9, 10] и др.

Содержание аскорбиновой кислоты, витамина К и каротина, как правило, выше в зеленых листьях укропа, чем в семенах. Тиамин сконцентрирован в основном под оболочкой семени и в зародыше [11, 12].

Для улучшения качества урожая и сокращения времени созревания растений применяют десиканты. Механизм их действия заключается в непосредственном влиянии на фотосинтез, метаболизм и общее состояние растений. Обработка препаратами десикантного действия приводит к повышению урожайности благодаря увеличению размера и общей массы семян [13, 14]. Воздействие таких препаратов на состав семян растений укропа ранее не определяли.

Цель исследования – изучение влияния препарата десикантного действия никосульфурона на витаминный состав семян укропа огородного для повышения его пищевой ценности.

Работу выполняли в 2016–2017 гг. в Московской области на сортах укропа огородного Грибовский и Лесногородский. Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0...20 см): содержание гумуса (по Тюрину) – 2,0...2,5 %, pH_{KCl} – 5,5 ед., гидролитическая кислотность (по Каппену) – 3,1 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований (по Каппену–Гильковицу) – 5,2 мг-экв./100 г почвы, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 234 мг/кг 100 г почвы, обменного калия (по Масловой) – 134 мг/кг 100 г почвы, минерального азота (нитратной и аммиачной формы) – 34 мг/кг 100 г почвы.

Среднемноголетняя температура июня на территории проведения исследований составила 17,0 °С, в 2016 г. она была на 1,2 °С выше, в 2017 г. – на 2,6 °С ниже. В июне 2016 г. выпало 62 мм осадков, в 2017 г. – 39 мм при среднемноголетнем количестве 80 мм. Среднемноголетняя температура июля равна 19,2 °С, в 2016 г. она составляла 20,9 °С, в 2017 г. – 17,9 °С. Норма суммы осадков июля – 85 мм, в 2016 г. их выпало 143 %, в 2017 г. – 122 % от среднемноголетнего количества. Температура воздуха в августе 2016 г. достигла 19,5 °С, в 2017 г. – 18,8 °С при среднемноголетней 17,0 °С. Норма осадков августа – 82 мм, в 2016 г. их выпало 203 % от нормы, в 2017 г. отмечали недобор осадков – 83 % от среднемноголетнего количества.

Схема опыта включала следующие варианты: контроль – обработка водой, опыт – обработка препаратом Никосульфурон (действующее вещество 2-[(4,6-диметоксипиримидин-2-ил-карбамоил-сульфамоил)-N,N-диметилникотинамид)] в концентрации 0,1 г д.в./л. Она в 400...600 раз ниже рекомендованной для применения на территории Российской Федерации. Посевы опрыскивали за 10 дней до сбора урожая в фазе молочной спелости семян. Уборку осуществляли в фазе биологической спелости семян.

Никосульфурон – избирательный послевсходовый гербицид, внесенный в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации с 2013 г.

1. Урожайность и масса 1000 семян растений укропа (воздушно-сухое сырье)

Сорт	Вариант	Урожайность, кг/м²	Масса 1000 семян, г
	2016 г.		
Грибовский	контроль	0,85	1,14
	опыт	0,98	1,33
$НСР_{05}$		0,06	0,08
Лесногородский	контроль	0,81	1,18
	опыт	0,94	1,27
$НСР_{05}$		0,05	0,07
	2017 г.		
Грибовский	контроль	0,83	1,17
	опыт	1,04	1,48
$НСР_{05}$		0,07	0,08
Лесногородский	контроль	0,82	1,10
	опыт	0,97	1,30
$НСР_{05}$		0,06	0,07

Перед посевом вносили удобрения в следующем количестве (г/кг почвы): N – 0,15; P – 0,10; K – 0,15. В 2016 г. предпосевная влажность почвы слое 0...10 см составляла 78 % предельной полевой влагоемкости (ППВ), в 2017 г. – 83 % ППВ. Повторность четырехкратная, площадь делянки – 1 м², размещение рендомизированное. Посев осуществляли в 1-ой декаде июня при прогревании почвы до 18...20 °С широкорядным способом на глубину 2 см, норма высева – 100 шт./м².

Содержание витаминов (B_1, B_2, B_3, B_6, B_9, С) определяли методом жидкостной хроматографии на хроматографе Varian 9002 в соответствии с методикой МУ 08-47185. Экстракцию водорастворимых витаминов выполняли после предварительного гидролиза навески. Аналитические сигналы определяемых компонентов регистрировали при градиентном режиме элюирования с использованием диодно-матричного детектора. Обработку хроматографических сигналов осуществляли в программе Galaxie Chromatography Data System ver. 1.9.3.2. Остаточное содержание пестицида в семенах измеряли на хроматографе Кристалл 2000 м методом газовой хроматографии согласно ГОСТ 30349-96. Хроматограммы обрабатывали в программе Хроматэк Аналитик. Статистическую обработку результатов осуществляли методом дисперсионного анализа.

В среднем за годы исследования урожайность семян, обработанных Никосульфуроном посевов сорта Грибовский, возросла, по сравнению с контролем, на 13 %, сорта Лесногородский – на 14 %. В 2017 г. это увеличение было больше, чем в 2016 г. – соответственно 20 % и 15 % при средней по сортам величине этого показателя в контроле в оба года 0,83 т/га (табл. 1). Такое влияние препарата на последних фазах развития растений обусловлено тем, что его действующее вещество, попадая на растения, ингибирует синтез молекул ацетолактатсинтазы и обмен основных жирных кислот, тем самым замедляя процесс биосинтеза протеинов и нуклеиновых кислот. Это сдерживает деление клеток, рост других частей растения приостанавливается, и все метаболиты направляются преимущественно на формирование семян [15, 16].

Изучаемый агроприем повлиял и на массу 1000 семян. Так, в 2016 г. у сорта Грибовский она возросла, по сравнению с контролем, на 14 %, у Лесногородского – на 7 %. В 2017 г. увеличение составило 20 и 15 % соответственно (см. табл. 1).

Остаточное содержание пестицида в семенах растений, обработанных Никосульфуроном, было меньше предела обнаружения на жидкостном хроматографе и не превышало 0,001 мг/кг.

В 2016 г. в семенах сорта Грибовский в опытном варианте количество витамина B_1 возросло, по сравнению с контролем, на 9 %, B_2 – на 10 %, B_3 – на 22 %, B_6 – на 20 %, B_9 – на 20 %, С – на 7 %. В 2017 г. увеличение составило 12, 39, 22, 50, 17 и 5 % соответственно (табл. 2). Обработка изучаемым препаратом растений сорта Лесногородский привела к повышению

2. Содержание витаминов в семенах растений укропа, мг/100 г воздушно-сухой массы

Витамин	2016 г.		$НСР_{05}$	2017 г.		$НСР_{05}$
	опыт	контроль		опыт	контроль	
Сорт Грибовский						
B_1	0,047	0,043	0,003	0,042	0,040	0,003
B_2	0,282	0,257	0,016	0,252	0,211	0,019
B_3	0,368	0,301	0,023	0,309	0,263	0,027
B_6	0,110	0,092	0,007	0,112	0,081	0,008
B_9	0,012	0,010	0,002	0,011	0,009	0,002
C	88,300	82,500	6,500	84,200	81,300	7,600
Сорт Лесногорский						
B_1	0,053	0,047	0,003	0,049	0,047	0,004
B_2	0,347	0,249	0,014	0,273	0,242	0,021
B_3	0,380	0,311	0,020	0,352	0,300	0,029
B_6	0,153	0,102	0,006	0,134	0,107	0,010
B_9	0,014	0,012	0,002	0,015	0,011	0,002
C	90,200	86,200	6,300	89,500	85,700	7,800

концентрации витаминов B_1, B_2, B_3, B_6, B_9, C в семенах, по сравнению с контролем, на 5, 19, 17, 38, 22, 4 % соответственно; в 2017 г. – на 4, 13, 17, 25, 36 и 4 % соответственно. Таким образом, более восприимчивым к изучаемому агроприему оказался сорт Грибовский; из витаминов – B_3 (ниацин), B_6 (пиридоксин) и B_9 (фолиевая кислота).

В связи с тем, что в последнее десятилетие повышенное внимание уделяют производству функциональных пищевых продуктов для населения, интересно оценить соотношение между различными витаминами, потребление которых регламентируется соответствующими нормами для здорового питания. Учитывая, что такое соотношение можно регулировать в процессе роста и развития растений путем применения различных агроприемов, например, обработкой низкими дозами препаратов ингибиторного действия, производители зеленой продукции получают возможность позиционировать свой продукт как функциональный [17].

Кроме того, установлено, что существуют пары витаминов, каждый из которых представляет собой химическое соединение, обладающие антагонистическим или синергетическим взаимовлиянием. Например, B_2 усиливает действие витаминов B_3, B_6, B_9, K [18].

Сегодня более 450 млн человек в мире болеют сахарным диабетом. Механизм терапевтического действия витамина B_1 при его лечении связан с торможением гликолиза, образованием лактата и конечных продуктов гликелирования, что ослабляет токсический эффект гипергликемии. Показано, что витамин B_1 в дозе 300 мг/сутки и/или в комбинации с B_6, как антиоксидантом, и B_{12} обеспечивает анальгезирующий эффект [19]. Также установлено, что комплекс витаминов B_2, B_6 и B_{12} обладает способностью регулировать иммунный ответ и воспалительные процессы, оказывает противоопухолевое действие и снижает рост раковых клеток [20].

Знание соотношений между витаминами позволяет оценивать изменения их концентраций в продукции при переработке и хранении, тем самым контролировать качество продукции, сравнивать разные продукты по витаминному комплексу [21].

3. Изменение соотношения витаминов в семенах растений укропа в опыте относительно контроля (среднее за 2016 –2017 гг.)*

Соотношение витаминов	Грибовский	Лесногородский
$B_1 : B_2$	0,17 : 0,18	0,17 : 0,19
$B_1 : B_3$	0,13 : 0,15	0,14 : 0,15
B_1 : B6	0,40 : 0,48	0,36 : 0,45
B_1 : B9	3,87 : 4,37	3,52 : 4,09
$B_1 : C \times 10^{-4}$	5,16 : 5,07	5,68 : 5,47
$B_2 : B_3$	0,79 : 0,83	0,85 : 0,80
$B_2 : B_6$	2,41 : 2,71	2,16 : 2,35
B_2 : B9	23,20 : 24,60	21,40 : 21,30
$B_2 : C \times 10^{-4}$	31,00 : 28,56	34,50 : 28,60
$B_3 : B_6$	3,05 : 3,26	2,55 : 2,92
$B_3 : B_9$	29,40 : 29,70	25,20 : 26,60
$B_3 : C \times 10^{-4}$	39,30 : 34,40	40,70 : 35,50
$B_6 : B_9$	9,65 : 9,11	9,90 : 9,09
$B_6 : C \times 10^{-4}$	12,90 : 10,60	16,00 : 12,10
$B_9 : C \times 10^{-4}$	1,33 : 1,16	1,61 : 1,34

** – соотношение представлено в виде: витамин $1_{контроль}$/витамин $2_{контроль}$: витамин $1_{опыт}$/ витамин $2_{опыт}$.*

В нашем опыте соотношения витаминов после обработки изучаемым препаратом изменились, по сравнению с контролем. У сорта Грибовский увеличились следующие соотношения: рибофлавина к тиамину до 19 %; рибофлавина к аскорбиновой кислоте – до 24 %; ниацина в тиамину – до 10,5 %; пиридоксина к ниацину – до 18,5 %; ниацина к фолиевой кислоте – до 4,5 %; ниацина к аскорбиновой кислоте – до 14,3 %; пиридоксина к тиамину – до 24 %; пиридоксина к рибофлавину – до 8,2 %; ниацина к рибофлавину – до 12 %; пиридоксина к аскорбиновой кислоте – до 29 %; фолиевой кислоты к тиамину – до 9 %; аскорбиновой кислоты к тиамину– до 16,5 %; рибофлавина к фолиевой кислоте – до 16,3 %; пиридоксина к фолиевой кислоте – до 22,2 %; фолиевой кислоты к аскорбиновой кислоте – до 50,0 % (табл. 3).

Для сорта Лесногородский изменились в сторону увеличения следующие соотношения: рибофлавина к тиамину – до 12,1 %; рибофлавина к ниацину – до 1,62 %; рибофлавина к аскорбиновой кислоте – до 13,3 %; ниацина к тиамину – до 11 %; ниацина к аскорбиновой кислоте – до 13,5 %; пиридоксина к тиамину – до 24 %; пиридоксина к рибофлавину – до 13,6 %; пиридоксина к ниацину – до 15 %; пиридоксина к фолиевой кислоте – до 16,8 %; пиридоксина к аскорбиновой кислоте – до 30,7 %; фолиевой кислоты к тиамину – до 23 %; фолиевой кислоты к рибофлавину – до 17 %; фолиевой кислоты к ниацину – до 13,8 %; фолиевой кислоты к аскорбиновой кислоте – до 50,0 %; фолиевой кислоты к пиридоксину – до 8,1 % (см. табл. 3).

Полученные данные важны для составления рационов питания различных групп населения в соответствии с МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для

различных групп населения Российской Федерации» (2008 г.).

Выводы. Таким образом, установлено положительное влияние Никосульфурона на растения укропа огородного сортов Грибовский и Лесногородский. Сбор их семян в контроле по годам исследования у варьировал соответственно в пределах 0,83...0,85 кг/м^2 и 0,81...0,82 кг/м^2. Обработка препаратом способствовала росту величины этого показателя, по сравнению с контролем, на 0,15...0,19 кг/м^2 и 0,13...0,15 кг/м^2 соответственно. Масса 1000 семян в опытом варианте, была больше, чем в контроле, у сорта Грибовский на 0,19...0,31 г, Лесногородский – 0,12...0,17 г. Одновременно в семенах обоих сортов возросло количество водорастворимых витаминов группы В и витамина С. В среднем за два года исследований у сорта Грибовский концентрация витаминов B_1, B_2, B_3, B_6, B_9 и С увеличилась соответственно на 11, 23, 3, 39, 17, 2 %, у сорта Лесногородский – на 4, 8, 14, 22, 25, 6 %.

Литература.

1. Разработка специализированного продукта лечебно-профилактического назначения на основе растительного сырья / О. Г. Позднякова, Г. А. Белавина, А. Н. Австриевских и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 94 -97. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11226.

2. Кухарева Л. В. Местные пряно-ароматические растения, их применение и агротехника возделывания. М.: Изд-во РУДН, 2003. 92 с.

3. Лечебные свойства некоторых огородных растений семейства сельдерейных / Т. Л. Киселева, А. А. Карпеев, Ю. А. Смирнова и др. // Традиционная медицина. 2009. № 18. С. 30–36.

4. Акимов М. Ю., Макаров В. Н., Жбанова Е. В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно-важными биологически активными веществами // Дости-жения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 56 -60. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10214.

5. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. М.: ДеЛи принт, 2007. 276 с.

6. Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов: Справочник МакКанса и Уиддоусона / пер. с англ. под общ. ред. А.К. Батурина. СПб.: Профессия, 2006. 416 с.

7. Борисова А. В., Макарова Н. В. Антиоксидантная активность *in vitro* пряностей, используемых в питании человека // Вопросы питания. 2016. Т. 85 № 3. С. 120 –125.

8. Артамонов С.Г., Владимиров В.П., Мостякова А.А. Формирование урожая и качество клубней среднераннего картофеля сорта Гала в зависимости от вносимых доз калийных удобрений на серой лесной почве лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2 (53). С. 10-14.

9. Курьянова И.В., Олонина С.И. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур//Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 35-44.

10. Агансонова Н. Е. Оценка эффективности нового биопрепарата алейцид ПС против вредных организмов на картофеле // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 69-71. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10313.

11. Anethum graveolens seeds aqueous extract stimulates whole brain 5-hydroxytryptamine metabolism and reduces feeding behavior and body weight in obese rats / F. Bano, A. Ahmed, M. Ahmed, et al. // Pak. J. Pharm. Sci. 2015. Vol. 28. No. 1. Pp. 221–225.

12. Yazdanparast R., Alavi M. Antihyperlipidaemic and antihypercholesterolaemic effects of Anethum graveolens leaves after the removal of furocoumarins // Cytobios. 2001. Vol. 105. No. 410. Pp. 185–191.

13. Дурнев Г. И., Ятчук П. В., Измалкова Е. Ю. Влияние сроков и норм внесения десикантов на сроки уборки, урожайность и качество зерна сои в Орловской области // Кормопроизводство. 2013. № 4. С. 14–15.

14. Печникова Т.И., Колесникова В.Г. Урожайность и качество семян овса яков в зависимости от десикантов и сроков их применения в условиях Среднего Предуралья // Вестник Ижевской ГСХА. 2017. № 4. С. 33–41.

15. Valuation of the nutritional profile of sweet maize after herbicide and foliar fertilizer application / J. Mesarovic, J. Srdic, S. Mladenovic-Drinic et al. // Journal of Cereal Science. 2019. Vol. 87. Pp. 132–137.

16. Short-time effects of the herbicide nicosulfuron on the biochemical activity of chernozem soil / L. Radivojevic, S. Gasic, L. Santric et al. // Journal of the Serbian Chemical Society. 2012. Vol. 77. No. 6. Pp. 845–855.

17. Технология и применение порошкообразных пищевых добавок из растительного сырья / Л. Я. Родионова, Н. В. Сокол, Е. А. Ольхватов и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 131. С. 1389–1404.

18. The Pharmacological Basis Of Therapeutics / L. L. Brunton, J. S .Lazo, K. Parker, et al. / 11th ed. New York: McGraw-Hill, 2005. 2021 p.

19. Пилипович А.А., Данилов А.Б. Роль витаминов группы В в терапии осложнений сахарного диабета // Терапия. 2017. № 7 (17). С. 50–54.

20. Anti-tumor effects of vitamin B2, B6 and B9 in promonocytic lymphoma cells / K. Mikkelsen, M.D. Prakash, N. Kuol, et al. // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Т. 20. № 15. С. 3763.

21. Усов А. В., Лифенцева Л. В., Смердов О. В. Исследование содержания витаминов в свежей и сушеной тыкве // Вестник КрасГАУ. 2018. № 3 (138). С. 157–160.

Influence of Nicosulfuron on the change of the ratio of vitamins in dill (*Anethum graveolens* L.)

E. V. Zueva[1], R. F. Baibekov[2], S. L. Belopukhov[2], Kh. V. Sharafutdinov[2]

[1]Orekhovo-Zuyevo branch Rostest-Moscow, ul. Kominterna, 1, g. Orekhovo-Zuevo, Moskovskaya obl., 142608, Russian Federation

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

Abstract. *The work was carried out in 2016–2017 in the Moscow region. We study the effect Nicosulfuron – the preparation with the desiccant action – on the vitamin composition of dill seeds to increase its nutritional value. Dill varieties Gribovsky and Lesnogorodsky were the material for the experiment. The experimental design included the following treatments: the control was the treatment of plants with water; the experiment variant was the treatment of plants with Nicosulfuron (active ingredient is 2-[(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl-carbamoyl-sulfamoyl)-N,N-dimethylnicotinamide)]) at the dose of 0.1 g/L. Sowing was carried out by a wide-row method to the depth of 2 cm at the rate of 1.0 million seeds/ha. Spraying of plants was carried out 10 days before harvesting in the phase of milk ripeness of seeds, plants were harvested in the phase of biological ripeness of seeds. The content of vitamins (B1, B2, B3, B6, B9, C) was determined by liquid chromatography. The collection of seeds in the control over the years of the research for Gribovsky variety ranged within 0.83–0.85 kg/m2, Lesnogorodsky – 0.81–0.82 kg/m2. The treatment with the preparation contributed to the growth of this indicator, in comparison with the control, by 0.15–0.19 kg/m2 and 0.13–0.15 kg/m2, respectively. On average over the years of the research of Gribovsky variety, the treatment with Nicosulfuron led to an increase in the content of vitamin B1 by 9–12%, B2 – by 10–12%, B3 – by 22–39%, B6 – by 20–22 %, B9 – by 17–20%, C – by 5–7% in comparison with the control. Spraying the crops of Lesnogorodsky variety with the studied preparation led to an increase in the content of vitamin B1 by 4–5%, B2 – by 13–19%, B3 – by 14–17%, B6 – by 22–25%, B9 – by 22–36%, C – by 4–5%. Gribovsky variety was more susceptible to the considered agrochemical method.*

Keywords: *dill (Anethum graveolens L.); plant growth regulator; Nicosulfuron; vitamins; product quality.*

Author Details: *E. V. Zueva, chemical engineer; R. F. Baibekov, D. (Sc. Agr.), prof. corresponding member; S. L. Belopukhov, D. (Sc. Agr.), prof. (e-mail: SBelopuhov@rgau-msha.ru); Kh. V. Sharafutdinov, D. (Sc. Agr.), prof.*

For citation: *Zueva EV, Baibekov RF, Belopukhov SL, et al. [Influence of Nicosulfuron on the change of the ratio of vitamins in dill (Anethum graveolens L.)]. // Zemledelie. 2020;(5):34-7. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10509.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10510
УДК 632.938

Использование сортосмешанных посевов в защите озимой пшеницы от бурой ржавчины*

Г. В. ВОЛКОВА, доктор биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: galvol.bpp@yandex.ru)
О. А. КУДИНОВА, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
О. Ф. ВАГАНОВА, научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения эффективности двухкомпонентной смеси в различных соотношениях сортов озимой пшеницы в ограничении развития бурой ржавчины. Эксперименты выполняли в Краснодарском крае в 2017–2019 гг. Метеоусловия в годы исследований были в целом благоприятными для развития заболевания. Смесь формировали из двух сортов озимой пшеницы – Лауреат (устойчив (R) к бурой ржавчине) и Краснодарская 99 (восприимчив (S) к P. triticina). При посеве семена сортов смешивали в соотношении 1R:1S и 4R:1S, а также высевали в чистом виде. Во все годы исследований, несмотря на высокий инфекционный фон развития болезни на восприимчивом сорте (от 44 % до 76 %), на сорте Лауреат оно не превышало 5 %. При соотношении сортов 1R:1S развитие болезни снизилось до 12...19 %, а в варианте 4R:1S – до 8,2...4,5 %. Биологическая эффективность изучаемого агроприема во всех вариантах сортосмесей была высокой (56,8...94,0 %). Прибавка урожая, по сравнению с контролем, при соотношении сортов 1R:1S менялась по годам в диапазоне от 2,2 до 18,0 %. В варианте 4R:1S она была значительно выше (от 22,9 до 30,8 %). Для снижения развития бурой ржавчины в посевах озимой пшеницы в производственных условиях можно рекомендовать выращивание смеси устойчивых и восприимчивых сортов (типа Лауреат и Краснодарская 99) в соотношении 4R:1S.

Ключевые слова: *бурая ржавчина (Puccinia triticina), озимая пшеница (Triticum aestivum L.), сортосмешанные посевы, биологическая и хозяйственная эффективность.*

Для цитирования: *Волкова Г. В., Кудинова О. А., Ваганова О. Ф. Использование сортосмешанных посевов в защите озимой пшеницы от бурой ржавчины // Земледелие. 2020. № 5. С. 38–40. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10510.*

По данным экспертно-аналитического центра агробизнеса, Краснодарский и Ставропольский край, а также Ростовская область входят в топ-3 регионов по валовому сбору озимой пшеницы в России, их доля в 2018 г. составила суммарно 35 % от общероссийского объема производства [1]. Бурую ржавчину (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) относят к значимым болезням пшеницы в этих регионах, что связано с рядом факторов: большие площади возделывания пшеницы, благоприятные для патогена климатические условия юга России, близость к генетическому центру происхождения пшеницы [2]. Обработка фунгицидом – эффективный метод контроля болезней [3], но в связи с тенденцией к экологизации сельского хозяйства, в последние годы особое внимание уделяют биобезопасным методам контроля фитопатогенов [4]. Использование сортосмешанных посевов не только экологически безопасно, но и экономически эффективно. Принцип метода заключается в смешивании семян двух сортов, один из которых устойчив к патогену, а другой восприимчив к нему. Таким образом увеличивается генетическое разнообразие посевов монокультуры и вредоносность заболевания снижается. Происходит это благодаря пространственной изоляции восприимчивых растений, а также барьерному эффекту, обеспечиваемому устойчивыми растениями, заполняющими промежутки между восприимчивыми [5, 6]. Тем не менее, для предотвращения отбора сложной расы патогена и поддержания потенциальной урожайности, рекомендуется регулярно менять состав смеси с использованием новых устойчивых и высокоурожайных сортов [7].

Самая ранняя работа о возможности использования неоднородности культур для контроля болезней принадлежит Tozzetti, который в восемнадцатом веке наблюдал сокращение ржавчины в смесях пшеницы и овса [8]. В последние годы с целью контроля фитопатогенов смеси используют в посевах пшеницы, ячменя, овса, риса, соевых бобов, картофеля, нута, масличного рапса, полевого гороха, хлопка, трав и различных древесных культур [9]. Использование сортосмешанных посевов пшеницы помогает справляться не только с биотическими, но и с абиотическими стрессами [10, 11, 12]. При этом исследователи экспериментируют с выбором эффективного соотношения компонентов, пробуя различные варианты. Например, в Непале двухкомпонентная сортосмесь озимой мягкой пшеницы в соотношении 1R:1S снижала вредоносность желтой ржавчины с последующим увеличением урожайности [13]. По данным исследователей из Бразилии, с помощью двухкомпонентной сортосмеси в аналогичном соотношении удалось уменьшить развитие нескольких болезней пшеницы – бурой ржавчины, желтой пятнистости листьев и мучнистой росы [14]. В России такие работы немногочисленны [15], одними из первых их начали сотрудники ВНИИ биологической защиты растений. В ходе многолетних исследований, учеными института уже отработан методический подход в части подбора и соотношения смеси сортов. Показана эффективность двухкомпонентных сортосмесей для снижения развития бурой ржавчины, пиренофороза и других болезней пшеницы [16, 17]. Однако в связи с постоянной сортосменой в регионе и потерей устойчивости районированными генотипами, необходимо продолжать такие исследования с новыми сортами озимой пшеницы.

Цель исследований – изучить эффективность использования двухкомпонентной смеси новых сортов озимой пшеницы в различных соотношениях для ограничения развития бурой ржавчины.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0008.

Рисунок. *Инфекционный питомник P. triticina: А– общий вид; Б – пораженное растение.*

Для ее достижения решали следующие задачи: подбор сортов озимой пшеницы с различной устойчивостью к патогену и сходными фенотипическими характеристиками; анализ биологической и хозяйственной эффективности использования двухкомпонентных сортосмесей озимой пшеницы против бурой ржавчины в различных соотношениях.

Исследования проводили на опытном поле ВНИИ биологической защиты растений в 2017–2019 гг. Почва типичная для центральной зоны Северо-Кавказского региона – чернозем выщелоченный. В пахотном слое почвы (0...20 см) содержание гумуса (по Тюрину, ГОСТ 26213-94) составляет 3,39 %, общего азота – 0,20 %, подвижного фосфора (по Чирикову, ГОСТ 26204-91) и калия (по Мачигину, ГОСТ 26205-91) – 18,2 и 30,6 мг/100 г соответственно. Мощность гумусового горизонта – 80...150 см, реакция почвы слабокислая – 5,5...6,5 ед. pH, гидролитическая кислотность – 2...4 мг-экв./100 г почвы, степень насыщения почвы основаниями – 85...95 % [18].

Условия вегетационного сезона в 2017 г. были в целом благоприятными для развития бурой ржавчины пшеницы, но интенсивные заморозки в воздухе и на почве (-2...-3 °С) в конце марта–начале апреля, а также частые дожди и пониженный температурный режим в июне не способствовали интенсивному развитию патогена. В 2018 г. в мае–июне наблюдали жаркую засушливую погоду в сочетании со значительным дефицитом осадков (20...30 % от среднемноголетнего количества), условия 2019 г. были благоприятными для развития болезни.

Для составления сортосмеси, исходя из проведенной ранее иммунологической оценки, отобрали два сорта озимой пшеницы – Лауреат и Краснодарская 99, которые районированы на юге России. Сорт Лауреат устойчив (R) к бурой ржавчине (развитие болезни до 5 %, тип реакции 1...2 балла). Сорт Краснодарская 99 восприимчив (S) к *P. triticina* (развитие болезни достигает 80 %, тип реакции 3...4 балла) [19].

При посеве семена сортов смешивали в соотношении 1R:1S и 4R:1S, а также высевали в чистом виде на делянках площадью 6 м² в трехкратной повторности. Оценку эффективности осуществляли в условиях искусственно созданного инфекционного фона (см. рисунок). Заражение растений проводили урединиоспорами гриба, собранными с пораженных листьев пшеницы в ходе ежегодных маршрутных обследований посевов. Учет развития болезни осуществляли по действующим методикам [20].

Биологическую и хозяйственную эффективность рассчитывали согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [21]. Достоверность различий между вариантами оценивали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (М., 2011).

Развитие болезни на восприимчивом сорте в годы исследований в условиях искусственного инфекционного фона было высоким (больше 70 %), за исключением 2017 г., когда сказалось влияние пониженных температур и осадков в период развития болезни (табл. 1). В 2017 г. устойчивый сорт сдерживал развитие бурой ржавчины на 89,5 %, сохранив при этом 44,3 % урожая (табл. 2) при поражении болезнью на уровне 4,6 %, что в 9,6 раза ниже, чем на восприимчивом сорте Краснодарская 99 (44,0 %).

При соотношении 1R:1S степень поражения растений была в 2,3 раза ниже, чем у восприимчивого сорта (S), а в соотношении 4R:1S она уменьшилась до 8,2 %, что в 5,4 раза ниже контроля (S). Разница между вариантами сортосмеси по биологической эффективности ограничения развития болезни составила 24,6 % в пользу соотношения 4R:1S.

Аналогичную тенденцию наблюдали в 2018–2019 гг. Несмотря на жесткий инфекционный фон, на котором развитие болезни на восприимчивом сорте составляло 71 % и 76 % соответственно, у устойчивого сорта Лауреат оно не превышало 5 %. В варианте смеси 4R:1S, как и в 2017 г., развитие болезни в эти годы сохранялось на уровне устойчивого сорта, а биологическая эффективность превысила 90 %. При соотношени 1R:1S такой эффект сохранился, но с небольшим снижением, что связано с увеличением числа восприимчивых растений на единицу площади.

Во все годы изучения наибольшая прибавка урожая зерна к восприимчивому контролю зафиксирована при соотношении сортов 4R:1S (22,9...30,8 %). В смесях равных частей устойчивого и восприимчивого сортов озимой пшеницы во все годы прибавка урожая к восприимчивому

1. Влияние смесей сортов озимой пшеницы с разной генетической основой на развитие бурой ржавчины (искусственный фон), %

Вариант	Развитие болезни			Биологическая эффективность		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Краснодарская 99 (S)	44,0	71,0	76,0	–	–	–
Лауреат (R)	4,6	4,0	4,2	89,5	94,4	94,1
Смесь 1R:1S	19,0	15,0	12,0	56,8	78,9	84,0
Смесь 4R:1S	8,2	5,3	4,5	81,4	92,5	94,0

2. Хозяйственная эффективность применения сортосмешанных посевов против возбудителя бурой ржавчины (искусственный фон)

Вариант	Урожайность, г/м²			Прибавка к восприимчивому контролю					
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
				г	%	г	%	г	%
Краснодарская 99 (S)	600	616	600	–	–	–	–	–	–
Лауреат (R)	866	816	756	266	44,3	200	32,4	156	26,0
Смесь 1R:1S	667	630	710	67	11,2	14	2,2	110	18,0
Смесь 4R:1S	767	806	732	167	27,8	190	30,8	132	22,9
$НСР_{05}$	18	9	16						

контролю была ниже, чем в соотношении 4R:1S, на 2,2...18,0 %.

Результаты этого эксперимента согласуются с данными наших более ранних исследований, в которых самую высокую биологическую эффективность и прибавку урожая также наблюдали при соотношении сортов 4R:1S [16]. По сведениям зарубежных коллег [13] из вариантов двухкомпонентной сортосмеси 9S:1R, 8S:2R, 5S:5R лучший эффект обеспечило соотношение устойчивого и восприимчивого сорта 5S:5R, что также согласуется с нашими данными.

Таким образом, в результате трехлетнего изучения влияния смесей восприимчивого и устойчивого сортов озимой пшеницы на их пораженность бурой ржавчиной установлено, что посев сортосмеси способствует значительному снижению развития болезни от 2,3 раз (в 2017 г.) до 16,9 раз (в 2019 г.) и повышению урожайности к восприимчивому контролю на 2,2...30,8 %. Наибольший эффект обеспечивает соотношение устойчивого и восприимчивого сортов в соотношении 4R:1S. Биологическая эффективность в этом варианте была выше, чем при посеве смеси сортов 1R:1S, на 10..... 24,6 %, а разница в прибавке урожая к восприимчивому контролю составила 22...176 г/м^2. Смесь устойчивых и восприимчивых сортов (типа Лауреат – Краснодарская 99) в соотношении 4R:1S можно рекомендовать для использования в сельскохозяйственном производстве с целью снижения развития бурой ржавчины в посевах озимой пшеницы.

Литература.

1. Экспертно-аналитический центр агробизнеса. [Электронный ресурс]. URL: https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-pshenicy-v-rossii-itogi-2018-goda (дата обращения: 11. 03. 2020).

2. Волкова Г. В., Кудинова О. А., Ваганова О. Ф. Скрининг Lr-генов пшеницы на устойчивость к *Pucinia triticina* в условиях Северо-Кавказского региона // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 54–56. doi: 10.30850/vrsn/2019/5/54-56.

3. Гришечкина Л. Д., Волкова Г. В., Долженко В. И. Исследование эффективности фунгицидов для защиты зерновых культур от фузариоза колоса // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 4. С. 13–16.

4. Кремнева О. Ю., Асатурова А. М., Волкова Г. В. Отбор штаммов бактерий, проявляющих антагонизм в отношении возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы // Биотехнология. 2013. Т. 29. № 5. С. 54–59.

5. Wolfe M. S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance //Annu.Rev. Phytopathol. 1985. Vol. 23: P. 251–73. doi: 10.1146/annurev.py.23.090185.001343.

6. Mundt C. C., Brophy L. S., Kolars C. Effect of genotype unit number and spatial arrangement on severity of yellow rust in wheat cultivar mixtures // Plant Pathol. 1996. Vol. 45. No. 2. P. 215–222. doi: 10.1046/j.1365-3059.1996.d01-127.x.

7. Finckh M. R. Integration of breeding and technology into diversification strategies for disease control in modern agriculture // European Journal of Plant Pathology. 2008. Vol. 121. No. 3. P. 399-409. doi: 10.1007/978-1-4020-8780-6_19.

8. Groenewegen L. M., Zadoks J. C. Exploiting within-field diversity as a defense against cereal diseases: A plea for 'polygenotype' varieties // Indian journal of genetics & plant breeding. 1979. Vol. 39. P. 81–94.

9. Mundt C. C. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management // Annual review of phytopathology. 2002. Vol. 40. No. 1. P. 381–410. doi: 10.1146/annurev.phyto.40.011402.113723.

10. Kiær L. P., Skovgaard I. M., Ostergard H. Effects of intervarietal diversity, biotic stresses and environmental productivity on grain yield of spring barley variety mixtures // Euphytica. 2012. Vol. 185. P. 123–138. doi: 10.1007/s10681-012-0640-1.

11. Does a mixture of old and modern winter wheat cultivars increase yield and water use efficiency in water-limited environments? / Y. Fang, B. Xu, L. Liu et al. // Field Crop Res. 2014. Vol. 156. P. 12–21. doi: 10.1016/j.fcr.2013.10.013.

12. Adu-Gyamfi P., Mahmood T., Trethowan R. Can wheat varietal mixtures buffer the impacts of water deficit? // Crop Pasture Sci. 2015. Vol. 66. P. 757–769. doi: 10.1071/CP14177.

13. Effect of two-component cultivar mixtures on development of wheat yellow rust disease in the field and greenhouse in the Nepal Himalayas / B. Chaulagain, G. Chhetri, B. Khatri at al. // Journal of general plant pathology. 2017. Vol. 83. P. 131–139. doi: 10.1007/s10327-017-0705-z.

14. Cultivars mixture of two components in the management of multiple wheat diseases / E. Brunetto, C. Muller, P. C. Pazdiora et al. // Revista Brasileira de Ciencias Agrerias (Agreria). 2017. Vol. 12. No. 3. P. 269–276. doi: 10.5039/agraria.v12i3a5446.

15. Боровик А. Н. Изучение посевов сортосмесей озимой пшеницы // Земледелие. 2014. № 3. С. 12–14.

16. Волкова Г. В., Ваганова О. Ф., Кудинова О. А. Эффективность сортосмешанных посевов озимой пшеницы против возбудителя бурой ржавчины // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 14–16. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10703.

17. Кремнева О. Ю., Астапчук И. Л., Волкова Г. В. Влияние сортосмешанных посевов на развитие желтой пятнистости листьев пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (43). С. 72–77. doi: 10.18286/1816-4501-2018-3-72-77.

18. Слюсарев В. Н., Швец Т. В. Учебная практика по почвоведению с основами геологии: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2018. 127 с.

19. Волкова Г. В., Ваганова О. Ф., Долбилова Т. А. Характеристика устойчивости к бурой ржавчине сортов мягкой озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4. С. 62–67.

20. Roelfs A. P., Singh R. P., Saari E. E. Rust diseases of wheat: concepts and methods management. Mexico: CIMMIT, 1992. 81 p.

21. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2009. 377 с.

Variety mixtures in the protection of winter wheat from brown rust

G. V. Volkova, O. A. Kudinova, O. F. Vaganova
All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. *The aim was to study the effect of a two-component mixture of different proportions of winter wheat varieties to reduce the development of brown rust. The study was carried out in Krasnodar Krai in 2017–2019. Weather conditions of the growing seasons during the study were generally favourable for the development of the disease. The mixture was formed from two varieties of winter wheat: Laureat (resistant (R) to brown rust) and Krasnodarskaya 99 (susceptible (S) to Puccinia triticina). Seeds of the varieties were mixed in the ratio of 1R:1S and 4R:1S. The varieties were also sown separately. For the entire duration of the experiment, despite the strong development of the disease in a susceptible variety (from 44% to 76%), in Laureat variety it did not exceed 5%. With the ratio of varieties of 1R:1S, the development of the disease decreased to 12–19%, and in 4R:1S variant – to 4.5–8.2%. The biological efficiency of the studied agricultural technique for all varieties was high (56.8–94.0%). The yield increase, compared with the control, with the ratio of varieties of 1R:1S varied over the years in the range from 2.2% to 18.0%. In 4R:1S variant, it was significantly higher (from 22.9% to 30.8%). To reduce the development of brown rust in winter wheat crops under production conditions, it is recommended to grow a mixture of resistant and susceptible varieties (such as Laureat and Krasnodarskaya 99) in the ratio of 4R:1S.*

Keywords: *brown rust (Puccinia triticina); winter wheat (Triticum aestivum L.); variety mixtures; biological and economical efficiency.*

Author Details: *G. V. Volkova, D. Sc. (Biol.), head of laboratory (e-mail: galvol.bpp@yandex.ru); O. A. Kudinova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; O. F. Vaganova, research fellow.*

For citation: *Volkova GV, Kudinova OA, Vaganova OF. [Variety mixtures in the protection of winter wheat from brown rust]. Zemledelije. 2020;(5):38-40. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10510.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10511
УДК 633.11:632.9

Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей

А. Ю. КЕКАЛО, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: alena.kekalo@mail.ru)
В. В. НЕМЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: nem.cad@mail.ru)
Н. Ю. ЗАРГАРЯН, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: natashazarg@yandex.ru)
А. С. ФИЛИППОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (tolifil@yandex.ru)
Т. А. КОЗЛОВА, старший научный сотрудник (e-mail: to1968ma@gmail.ru)
Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, 620142, Российская Федерация

Исследования проводили с целью определения эффективности применения препаратов фунгицидного и инсектицидного действия на пшенице яровой для стабилизации фитосанитарной обстановки в агроценозе и обеспечения высокой урожайности. Работу выполняли в 2010–2019 гг. в Курганской области на чернозёме выщелоченном маломощном среднесуглинистом в посевах яровой пшеницы, размещаемой по чистому раннему пару в трехпольном зернопаровом севообороте. Схемы опытов предусматривали изучение фунгицидных (Премис 200, Раксил, Бункер, Виал ТрасТ, Ламадор, Фитоспорин-М), инсектицидных (Круйзер, Табу) и инсектофунгицидных (Селест Топ, Сценик Комби) протравителей семян, а также листовых инсектицидов (Танрек, Эфория, Фасшанс) и фунгицидов (Титул 390, Колосаль ПРО, Альто Турбо, Рекс Дуо, Страйк Форте, Фалькон, Триада, Фитоспорин-М). Агрометеорологические условия по годам исследований изменялись от острой засухи в 2010 и 2012 гг. ($ГТК_{05-08}$ = 0,3) до удовлетворительной обеспеченности растений влагой и теплом в 2014, 2016, 2017 гг. ($ГТК_{05-08}$ = 0,9…1,2). Годы эпифитотий листовых инфекций (2009, 2013, 2014, 2016, 2017) характеризовались обильным увлажнением во второй половине вегетации. Депрессивный уровень поражения пшеницы отмечали в годы с ярко выраженной июльской засухой. Агрессивность насекомых вредителей была выше в годы с ярко выраженными засушливыми явлениями. Адресное использование фунгицидных протравителей семян обеспечило достоверное повышение урожайности пшеницы на 0,15…0,31 т/га, или на 8…16 %. Стабильно оправданным было применение двухкомпонентных препаратов. В результате своевременной защиты яровой пшеницы от пшеничного трипса при обработке двухкомпонентным листовым инсектицидом было сохранено 0,49 т/га, или 23 % урожая, это экономически оправданный уровень прибавки от защитных мероприятий. В годы эпифитотий аэрогенных инфекций обработка посевов фунгицидами сохраняла более 25 % урожая пшеницы.

Ключевые слова: *фунгициды, инсектициды, биологическая и хозяйственная эффективность, болезни растений, насекомые – вредители, пшеница яровая (Triticum aestivum L.), урожайность.*

Для цитирования: *Современный подход к вопросу защиты пшеницы от болезней и вредителей / А. Ю. Кекало, В. В. Немченко, Н. Ю. Заргарян и др. // Земледелие. 2020. № 5. С. 41–45. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10511.*

Для реализации потенциала продуктивности современным сортам необходима адекватная система защиты от вредных организмов. Комплекс защитных мероприятий формируется в зависимости от хозяйственной значимости того или иного вредоносного объекта.

Распространение бесплужных (mini-till, no-till) технологий возделывания пшеницы, которые призваны сохранять плодородие почвы, почвенную влагу и ресурсы хозяйства, сопровождается рядом негативных аспектов. Так, заметно повышается пораженность растений пятнистостями листьев (септориозом, гельминтоспориозом, пиренофорозом) и фузариозными корневыми гнилями. Особенно это наблюдается при возделывании её второй и третьей культурой после пара в зернопаровом севообороте и в бессменных посевах [1, 2, 3].

На стерневых фонах складываются благоприятные условия для перезимовки насекомых вредителей, в частности пшеничного трипса, злаковых мух, хлебных блошек и др. Они также могут наносить значительный урон продуктивности пшеницы [1, 2].

В последнее десятилетие отмечается приобретение хозяйственной значимости такими болезнями, как фузариоз колоса (зерна), бактериальные и вирусные поражения растений. Это обусловлено как климатическими изменениями, так и распространением новых технологий возделывания с сильной химической нагрузкой на агроценоз [4, 5, 6].

Пестицидный прессинг выводит систему агроценоза из относительной стабильности. Возникает эффект бумеранга – чем больше применение химических средств защиты растений, тем больше потери от болезней в дальнейшем. В связи с изложенным, приоритетное направление в сфере защиты растений – фитосанитарные экологические системы возделывания сельскохозяйственных культур. Они предусматривают разумное сочетание базовых (агротехнический метод, иммунозащита) и оперативных (химический метод, биологическая защита и их различные комбинации) мер защиты [7, 8, 9]. Это направление соответствует вектору движения к безопасной для человека и окружающей среды защите растений в мировой практике.

Очень привлекательный и экологичный способ ограничения вредоносных болезней – устойчивый сорт [9, 10, 11]. Использование в хозяйствах мозаики сортов с разными типами устойчивости позволяет существенно снижать фитосанитарные риски.

По результатам учетов поражения сортов яровой пшеницы болезнями селекционеры Курганского НИИСХ установили выносливость к местным расам бурой ржавчины (*Puccinia recondita Rob. ex Desm f. sp. tritici*) сортов пшеницы яровой Радуга, Уралосибирская, Челяба степная, Ингала, Сударыня, Новосибирская 31, Омская 37, Любава 5, Айна; к мучнистой росе – Черноземоуральская, Ирень. Комплексной выносливостью к бурой и стеблевой ржавчине, а также мучнистой росе обладают сорта Фаворит, Элемент 22, Омская 41, Экада 148, Геракл. К трём видам ржавчины, по оценкам в России, Казахстане и Кении, устойчивы сорта яровой пшеницы Элемент 22 и Силач [10]. Однако при адекватных мерах защиты имеют право на возделывание и многие другие перспективные сорта без генов устойчивости к патогенам. Что же касается возбудителей гельминтоспориозно-фузариозных корневых гнилей, то объективно устойчивых сортов к ним, к сожалению, пока нет.

Корневые гнили – это хроническая форма заболевания, их главное местообитание – почва, а семена – дополнительный фактор передачи. В условиях Урала, Сибири, Северного Казахстана распространены гельминтоспориозные, фузариозные и смешанные (*Fusarium spp.,* и *Bipolaris sorokiniana (Sacc.) Shoemaker*) корневые гнили [2, 3, 5]. Более высокая агрессивность этих возбудителей болезни злаков отмечается в годы с засушливыми явлениями – по результатам наших исследований потери урожая пшеницы в годы с жесткой засухой могут достигать 22 %, а при умеренно-засушливых и удовлетворительных условиях периода вегетации – 11…13 % [3].

В последнее десятилетие происходит постепенная трансформация патоло-

гического комплекса возбудителей корневых гнилей с преобладанием фузариозных инфекций, что связано с распространением ресурсосберегающих технологий возделывания, обильным применением пестицидов, а также климатическими изменениями [5, 6, 12].

Анализ литературных источников показал, что большинство современных протравителей семян, как правило, имеют среднюю биологическую эффективность против гельминтоспориозно-фузариозных корневых гнилей [13, 14, 15]. Необходимо определение стабильных методов контроля этих инфекций.

Значительный урон продуктивности пшеницы могут наносить листовые фитопатогены (бурая и стеблевая ржавчины, мучнистая роса, септориоз, пиренофороз) и такие насекомые вредители, как пшеничный трипс и пилильщик, злаковые мухи, клоп вредная черепашка и др. В зоне особого риска находятся хозяйства, возделывающие яровые и озимые злаковые культуры по почвозащитным технологиям.

Эффективность контроля перечисленных вредных организмов напрямую зависит от квалификации агрономов, специалистов по защите растений. К сожалению, в последние годы отмечается острый дефицит таких кадров. Неграмотное использование пестицидов чревато экологическими рисками и отдаленными фитосанитарными проблемами (формирование устойчивых видов вредных организмов, остаточные количества пестицидов в продуктах питания).

Вопросов по результативному использованию пестицидов в посевах пшеницы остаётся достаточно много. При защите фунгицидными и инсектицидными препаратами требуется региональное уточнение чувствительности к ядам местных рас фитопатогенов и насекомых вредителей, сроков появление и скорости распространения вредных организмов, определение критериев целесообразности мер защиты, исходя из потенциально возможного уровня урожайности культур, цен на продукцию и средства производства и др. [8, 9, 12].

Существующие консультационные компьютерные программы не всегда могут объективно оценивать ситуацию в поле и учитывать возможности хозяйства. Научные рекомендации, особенно зонально приуроченные, позволяют растениеводческим хозяйствам формировать более результативные схемы защиты растений и успешнее хозяйствовать на земле.

Цель исследований – определение эффективности применения препаратов фунгицидного и инсектицидного действия на пшенице яровой для стабилизации фитосанитарной обстановки в агроценозе и получения высокой урожайности.

Для ее достижения решали следующие задачи:

определить уровни поражения растений фитопатогенами и повреждения насекомыми вредителями;

установить биологическую, хозяйственную и экономическую эффективность применения фунгицидов и инсектицидов.

Работу проводили в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (УрФАНИЦ УрО РАН) в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 153 Программы ФНИ государственных академий наук по теме «Усовершенствовать систему интегрированной защиты растений в ресурсосберегающих технологиях на основе одностороннего применения биологических и химических средств защиты растений нового поколения и комплексного их использования с регуляторами роста и некорневыми подкормками» в 2010–2019 гг. Объектами исследований были фитопатогены: *Fusarium spp., Bipolaris sorokiniana (Sacc.) Shoemaker, Puccinia recondita Rob. ex Desm f. sp. tritici, Blumeria graminis (DC.) Speer f. sp. Tritici March*), *Pyrenophora tritici-repentis (Died.) Drechsler*; насекомые вредители: *Phyllotreta vittula Redt.*, *Chetocnema aridula Gyl., Haplothrips tritici Kurd.*

Схемы опытов предполагали изучение следующих вариантов:

фунгициды для обработки семян – без обработки (контроль); тебуконазол (Раксил 0,5 л/т, Бункер 0,5 л/т); тритиконазол (Премис 200 0,2 л/т); дифеноконазол + мефеноксам (Дивиденд экстрим 0,6 л/т); протиоконазол + тебуконазол (Ламадор 0,2 л/т); тиабендазол + тебуконазол (Виал Траст 0,4 л/га); *Bacillus subtilis* штамм 26Д (Фитоспорин-М , Ж 1 л/т);

инсектициды и инсектофунгициды – без обработки (контроль); имидаклоприд (Табу 0,4 л/т); тиаметоксам (Круйзер 0,5 л/т); тиаметоксам + дифеноконазол + флудиоксонил (Селест Топ 1,2 л/т); клотианидин + флуоксастробин + протиоконазол + тебуконазол (Сценик Комби 1,3 л/т); имидаклопид + тиабендазол + тебуконазол (Табу 0,4 л/т + Виал Траст 0,4 л/т); тиаметоксам + тебуконазол + мефеноксам (Круйзер 0,5 л/т + Сертикор 1 л/т);

инсектициды – без обработки (контроль); имидаклоприд (Танрек 0,2 л/га); альфа-циперметрин (Фасшанс 0,15 л/га); лямбда-цигалотрин + тиаметоксам (Эфория 0,2 л/га).

фунгициды против аэрогенных инфекций – без обработки (контроль); биофунгицид на основе *Bacillus subtilis штамм 26Д* (Фитоспорин-М 1 л/га); пропиконазол (Титул 390 0,23 л/га); карбендазим (Кредо 0,5 л/га); пропиконазол + тебуконазол (Колосаль ПРО 0,4 л/га); пропиконазол + ципроконазол (Альто турбо 0,4 л/га); тиофанат-метил + эпоксиконазол (Рекс дуо 0,5 л/га); тебуконазол + флутриафол (Страйк форте 0,5 л/га); спироксамин + тебуконазол + триадименол (Фалькон 0,6 л/га); пропиконазол + тебуконазол + эпоксиконазол (Триада 0,6 л/га).

В опытах высевали пшеницу яровую мягкую (*Triticum aestivum L.*) сорта Омская 36. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный маломощный среднесуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое (0…20 см) 4,23…4,43 % (по Тюрину); $pH_{вод}$ – 5,95…6,19 ед.; $pH_{сол}$ – 5,32…5,65 ед., содержание подвижных P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 74…95 мг/кг и 174…222 мг/кг соответственно, $N\text{-}NO_3$ (ионометричекий метод) – 11,0…19,5 мг/кг почвы. Эксперименты проводили в поле пшеницы по чистому раннему пару в трехпольном зернопаровом севообороте. Агрометеорологические условия периода исследований изменялись от острой засухи в 2010 и 2012 гг. ($ГТК_{05\text{-}08}$ = 0,3) до удовлетворительной обеспеченности растений влагой и теплом в 2014, 2016, 2017 гг. ($ГТК_{05\text{-}08}$ = 0,9…1,2). Годы эпифитотий листовых инфекций (2009, 2013, 2014, 2016, 2017) характеризовались обильным увлажнением во второй половине вегетации. Депрессивный уровень поражения листьев пшеницы отмечали в годы с июльской засухой. Агрессивность насекомых вредителей была выше в годы с ярко выраженными засушливыми явлениями. Площадь опытных делянок 20 м^2, размещение систематическое, повторность 4-кратная. Обработку посевов инсектицидами осуществляли в фазе выхода в трубку (ф. 30…32 по Zadoks), фунгицидами – в фазе выхода флагового листа (ф. 37…39) опрыскивателем «Solo 456» с расходом рабочего раствора 300 л/га. Наблюдения и учёты проведены по общепринятым в Российской Федерации методикам (*Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009; Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989).*

Учет хлебных блошек проводили по всходам в три срока на 3, 7 и 14 сутки после обработки с использованием ящика Петлюка. Заселенность трипсами учитывали методом тепловой экстракции. Поражения растений болезнями оценивали по шкалам, соответствующим виду фитопатогена [16].

Распространенность гельминтоспориозно-фузариозных корневых гнилей на пшенице в среднем за годы исследований в контрольном варианте опыта составила 63 %, развитие болезни – 5,7 %. При использовании средств фунгицидной защиты семян

1. Влияние фунгицидных протравителей семян на степень поражения корневыми гнилями и урожайность яровой пшеницы (2010–2016 гг.)

Вариант	Корневые гнили в фазе кущения, %			Урожайность, т/га	
	распространенность	развитие	биологическая эффективность	всего	+/- к контролю
Без обработки (контроль)	63	5,7	–	1,90	–
Тебуконазол (Раксил 0,5 л/т, Бункер 0,5 л/т)	31	2,0	58	2,09	0,19
Тритиконазол (Премис 200 0,2 л/т)	40	1,9	66	2,17	0,27
Дифеноконазол + мефеноксам (Дивиденд экстрим 0,6 л/т)	27	1,5	73	2,15	0,25
Протиоконазол + тебуконазол (Ламадор 0,2 л/т)	42	1,9	66	2,19	0,29
Тиабендазол + тебуконазол (Виал Траст 0,4 л/га)	42	2,2	62	2,21	0,31
Bacillus subtilis штамм 26Д (Фитоспорин-М , Ж 1 л/т)	50	2,5	56	2,05	0,15
$НСР_{0,05}$	13	0,9		0,14	

число больных растений снижалось до 27…50 %. Биологическая эффективность химических протравителей по результатам многолетних исследований составляла 58…73 %, биопрепарат на основе *Bacillus subtilis* контролировал развитие обсуждаемых фитопатогенов на уровне 56 % (табл. 1).

Фунгицидные протравители семян обеспечили статистически достоверное сохранение урожайности пшеницы на уровне 0,15…0,31 т/га, или 10…16 %. Такая прибавка обеспечивает окупаемость защитных мероприятий по обработке семенного материала. Стабильно оправданным было применение двухкомпонентных фунгицидных препаратов. Биофунгицид Фитоспорин-М (*B. subtilis*) сохранял 0,15 т/га, или 8 % урожая, что находится на уровне химического протравителя на основе тебуконазола.

Следует помнить, что поражению корневыми гнилями способствует повреждение растений внутристебелевыми вредителями и засоренность злаковыми сорняками (резерваторы инфекции). Следовательно, нужен результативный и своевременный контроль этих объектов.

На ранних стадиях развития пшеницы зачастую вредоносны как специализированные (хлебные блошки, злаковые мухи), так и многоядные (проволочники и др.) насекомые-вредители. Защитить проростки от них можно посредствам обработки семян инсектицидами. В интенсивных технологиях с этой целью возможно использование инсектофунгицидов, которые осуществляют защиту одновременно от насекомых и фитопатогенов.

Заселённость всходов пшеницы хлебными полосатыми (на 95 % от общего числа жуков) и стеблевыми блошками в контрольном варианте опыта через 7 дней после инсектицидной обработки составляла в среднем за годы исследований 197 шт./м^2. Препараты на основе тиаметоксама и имидаклоприда снижали численность вредителей на 78…81 %. Инсектицидная защита проростков сохраняла 0,23…0,25 т/га урожайности культуры (табл. 2).

Применение инсектофунгицидов и баковых смесей протравителей на пшенице обеспечило высокую биологическую эффективность (более 70 %) борьбы с хлебными блошками, поражение корневыми гнилями снижалось на 50…65 %.

При двусторонней защите проростков комплексные препараты способствовали увеличению продуктивности культуры на 17…22 %. Применение Селест Топ 1,2 л/т (тиаметоксам + дифеноконазол + флудиоксанил) и Сценик Комби 1,3 л/т (клотианидин + протиоконазол + флуоксастробин + тебуконазол) сохраняло 0,4…0,5 т/га урожая пшеницы.

Высокую эффективность продемонстрировали баковые смеси препаратов фунгицидного и инсектицидного действия (Табу 0,4 л/т + Виал ТрасТ 0,4 л/т; Круйзер 0,5 л/т + Сертикор 1 л/т), прибавка урожайности к контролю составила более 20 %. Они были привлекательнее, чем готовые продукты (инсектофунгициды), и по ценовой категории, однако компоненты таких смесей необходимо обязательно предварительно проверять на совместимость. При их составлении лучше использовать препараты одного производителя.

В период с конца кущения до выхода в трубку (ф. 29…32) пшеницы следует пристально наблюдать за заселённостью посевов пшеничными трипсами. *Haplothrips tritici* – очень мелкие насекомые, темно-коричневые или почти черные. Взрослые трипсы вредят с фазы выхода в трубку до колошения, повреждают зеленые части растений. Вредители имеют ротовой аппарат сосущего типа, уколы их вызывают обесцвечивание листьев и колосковых чешуек, гибель цветков, деформацию колоса, задерживают выколашивание. Личинки трипса красного цвета также вредят на посевах культуры и питаются наливающимся зерном в колосьях злаков.

Массовое заселение растений пшеничным трипсом, как правило, отмечали в годы с сухим и жарким периодом выхода в трубку (2014, 2015 и 2016 гг.). В 2017 г. численность вредителя была низкой, поскольку в июне–июле часто шли дожди (особенно во второй декаде июля – 261 % к норме), а среднесуточная температура воздуха была ниже обычной (13…16 °С).

Результатом своевременной защиты яровой пшеницы от пшеничного трипса путем обработки препаратом Эфория стало сохранение 0,49 т/га, или 21 % урожая, что можно считать экономически оправданным уровнем прибавки от защитного мероприятия. Действие инсектицидов Фасшанс (альфа-циперметрин) и Танрек (имидаклоприд) было слабее (биологическая эффективность 65…77 %), чем у двухкомпонентного препарата. Сохраняли они только 0,23…0,27 т/га урожайности, или 10…12 % к контролю без инсектицидов. То есть для эффективной защиты пшеницы против этого вредителя целесообразнее использовать препараты системного действия с комбинациями действующих веществ различных химических классов, например, тиаметоксам + лямбда-цигалотрин (табл. 3).

2. Эффективность инсектицидной защиты семян пшеницы яровой от хлебных блошек (*Phyllotreta vittula, Chetocnema aridula*, 2014–2016 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га		Численность хлебных блошек, шт./м^2	Биологическая эффективность, %
	всего	+/- к контролю		
Без обработки (контроль)	2,32	–	197	–
Имидаклоприд (Табу 0,4 л/т)	2,55	0,23	38	81
Тиаметоксам (Круйзер 0,5 л/т)	2,57	0,25	38	81
Тиаметоксам + дифеноконазол+ флудиоксонил (Селест Топ 1,2 л/т)	2,83	0,50	37	81
Клотианидин+ флуоксастробин+ протиоконазол+ тебуконазол (Сценик Комби 1,3 л/т)	2,72	0,40	44	78
Имидаклопид + тиабендазол + тебуконазол (Табу 0,4 л/т + Виал Траст 0,4 л/т)	2,82	0,49	43	78
Тиаметоксам + тебуконазол + мефеноксам (Круйзер 0,5 л/т + Сертикор 1 л/т)	2,83	0,50	37	81
$НСР_{0,05}$	0,17		18	

3. Эффективность препаратов инсектицидного действия на посевах яровой пшеницы, 2014-2016 гг.

Вариант	Урожайность, т/га		Биологическая эффективность препарата против пшеничного трипса, %
	всего	+/- к контролю	
Без обработки (контроль)	2,32	–	13 имаго на стебель в фазе выхода в трубку
Имидаклоприд (Танрек 0,2 л/га)	2,59	0,27	77
Альфа-циперметрин (Фасшанс 0,15 л/га)	2,55	0,23	65
Лямбда-цигалотрин + тиаметоксам (Эфория 0,2 л/га)	2,81	0,49	82
$НСР_{0,05}$	0,20		

Значительные потери урожая пшеницы вызывают грибные инфекции, развивающиеся на вегетирующих растениях. Высокой вредоносностью отличаются бурая ржавчина, мучнистая роса, стеблевая ржавчина, септориоз и пиренофороз или желтая пятнистость листьев. В 2015–2017 гг. на Урале и соседних территориях отмечали эпифитотии бурой и стеблевой ржавчин в сочетании с мучнистой росой злаков, потери урожая составляли от 15 до 50 % [2, 17]. В 2018–2019 гг. в регионе наблюдали распространение на злаковых культурах листовых пятнистостей, особенно пиренофороза и септориоза [17, 18, 19]. Эти инфекции при использовании бесплужных технологий возделывания становятся объектами, требующими постоянного контроля. Особенно опасны они при раннем заражении растений (период всходы–начало кущения ф. 7…21). Настораживает и тот факт, что результативность фунгицидной защиты от этих патогенов часто бывает удовлетворительной или даже слабой [11, 18, 20].

Тактика защиты от «стерневых инфекций» при использовании технологий возделывания Mini-till, No-till должна быть многолетней и основываться на обеззараживании и ускоренном разложении стерневых остатков, например, путем инокуляции полезными микроорганизмами (грибы из рода *Trichoderma spp.*, бактерии из родов *Pseudomonas spp., Bacillus spp.* и др.). Важно также соблюдение севооборота с перерывами возделывания злаковых культур. Для снижения вредоносности обсуждаемых инфекций результативно запахивание растительных остатков по классической технологии возделывания пшеницы, когда это возможно [3, 21].

Фунгицидные обработки посевов – дорогостоящее мероприятие, которое связано с экологическими рисками для окружающей среды, поэтому использовать меры химзащиты следует дифференцировано. Целесообразность и окупаемость фунгицидной защиты посевов лучше рассматривать в годы, разные по уровню поражения пшеницы, а также по видовому составу возбудителей болезней. В 2017 г. на пшенице отмечали массовое развитие аэрогенных инфекций (бурая ржавчина, мучнистая роса, линейная ржавчина), а в 2018 г. поражение находилось на уровне депрессии и было представлено в основном пиренофорозом и мучнистой росой в период цветение – созревание (ф. 61…71).

Результаты полевых исследований свидетельствуют, что в 2018 г. фунгицидная обработка химическими монокомпонентными препаратами не обеспечивала достоверного повышения продуктивности и сопровождалась убытком 430…654 руб./га. Фунгициды на основе 2…3 действующих веществ обеспечили прибавку урожайности 0,19…0,32 т/га, прибыль в этих вариантах опыта составляла от 209 до 912 руб./га (табл. 4). Биофунгицид сохранял 0,13 т/га, прибыль к контролю была равна 804 руб./га. То есть при невысоких фитосанитарных рисках по листовым инфекциям предпочтительна защита с использованием биологического фунгицида на основе сенной палочки.

Корреляционная зависимость между урожайностью пшеницы и уровнем развития листовых фитопатогенов характеризовалась в год невысокого уровня поражения болезнями как слабая отрицательная (r=-0,33), в 2017 г. она была средней отрицательной (r=-0,59).

В эпифитотийном 2017 г. отмечали совсем другой уровень окупаемости затрат на защитные мероприятия. При массовом поражении посевов инфекциями только своевременное использование фунгицидов позволяло сохранить урожайность пшеницы. Прибавки составляли от 0,41…0,47 т/га при защите монофунгицидами до 0,80…0,99 т/га – при обработке препаратами на основе 2…3 действующих веществ. Прибыль к контролю от химзащиты посевов варьировала соответственно от 1106…1731 руб./га до 2059…3868 руб./га.

Таким образом, применение листовых фунгицидов в годы эпифитотий аэрогенных инфекций сохраняло более 25 % урожая пшеницы, прибыль к контролю составляла от 1106 до 3868 руб/га, рентабельность возрастала на 20…25 %. Высокой эффективностью и окупаемостью характеризовались препараты

4. Результативность фунгицидной защиты яровой пшеницы в зависимости от уровня поражения аэрогенными инфекциями, 2017–2018 гг.

Вариант, действующее вещество препаратов	2018 г. (слабое поражение листьев фитопатогенами)			2017 г. (массовое развитие аэрогенных инфекций)		
	урожайность		прибыль (убыток), руб./га +/- к контролю	урожайность		прибыль (убыток), руб./га +/- к контролю
	т/га	+/- к контролю, т/га		т/га	+/- к контролю, т/га	
Без обработки (контроль)	2,86	–	12160	2,57	–	3785
Биофунгицид на основе *Bacillus subtilis* (Фитоспорин-М 1 л/га)	2,99	0,13	+ 804	2,75	0,18	+529
Пропиконазол (Титул 390 0,23 л/га)	2,89	0,03	-430	3,04	0,47	+1737
Карбендазим (Кредо 0,5 л/га)	2,84	-0,02	-654	2,98	4,1	+1106
Пропиконазол + тебуконазол (Колосаль ПРО 0,4 л/га)	3,05	0,19	+458	3,37	0,80	+3190
Пропиконазол + ципроконазол (Альто турбо 0,4 л/га)	3,05	0,19	+209	3,52	0,95	+3590
Тиофанат-метил + эпоксиконазол (Рекс дуо 0,5 л/га)	3,06	0,20	+232	3,56	0,99	+3106
Тебуконазол + флутриафол (Страйк форте 0,5 л/га)	3,13	0,27	+912	3,34	0,77	+3009
Спироксамин + тебуконазол + триадименол (Фалькон 0,6 л/га)	3,14	0,28	+506	3,52	0,95	+3868
Пропиконазол + тебуконазол + эпоксиконазол (Триада 0,6 л/га)	3,18	0,32	+911	3,37	0,80	+2059
$НСР_{0,05}$	0,13			0,19		

на основе 2…3 действующих веществ: тиофанат-метил + эпоксиконазол (Рекс Дуо 0,5 л/га), спироксамин + тебуконазол + триадименол (Фалькон 0,6 л/га), пропиконазол + тебуконазол (Колосаль ПРО 0,4 л/га), пропиконазол + тебуконазол + эпоксиконазол (Триада 0,6 л/га), пропиконазол + ципроконазол (Альто супер 0,5 л/га).

В случаях слабого поражения пшеницы листовыми инфекциями целесообразно использовать биорациональные средства, в частности препараты на основе бактерии *B. subtilis*.

В целом в результате исследований установлено, что агрессивность возбудителей гельминтоспориозно-фузариозных корневых гнилей пшеницы возрастает в годы с дефицитом влаги, потери урожайности от них составляют 11…22 %. Применение фунгицидных протравителей семян позволило повысить урожайность пшеницы на 0,15…0,31 т/га, или 8…16 %. Использование инсектицидных и инсектофунгицидных протравителей семян обеспечило прибавки урожайности пшеницы от 0,23 до 0,50 т/га в годы с высокой численностью насекомых вредителей всходов.

Для эффективной защиты пшеницы от пшеничного трипса целесообразнее использовать препараты системного действия с комбинациями действующих инсектицидных веществ различных химических классов, например, Эфория 0,2 л/га (тиаметоксам + лямбда-цигалотрин).

В годы эпифитотий аэрогенных инфекций обработка посевов фунгицидами сохраняла более 25 % урожая пшеницы, прибыль составляла от 1106 до 3868 руб/га. При слабом поражении растений листовыми инфекциями целесообразно использовать биорациональные средства, в частности препараты на основе сенной палочки.

Литература.

1. Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по No-till технологии, в севооборотах / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 6. С. 5–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10601

2. Защита зерновых культур от болезней / А. Ю. Кекало, В. В. Немченко, Н. Ю. Заргарян и др. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. 172 с.

3. Койшибаев М. Болезни пшеницы. Анкара, 2018. 365 с.

4. Левитин М. М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата // Сельскохозяйственная биология, 2015. Т. 50. № 5. С. 641–647. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.641rus

5. Торопова Е. Ю., Селюк М. П., Казакова О. А. Факторы доминирования грибов рода Fusarium в патокомплексе корневых гнилей зерновых культур // Агрохимия. 2018. № 5. С. 69–78.

6. Some aspects of the distribution of Fusarium on cereals of Russia / M. I. Kiseleva, A. V. Ovsyankina, T. M. Kolomiets, et al. // Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. 2016. T. 51. № 2. P. 183–192.

7. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем / под ред. Е. Ю. Тороповой. Барнаул: изд-во НГАУ, 2017. 210 с.

8. Актуальность разработки экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А. М. Сабирзянов, С. В. Сочнева, Н. А. Логинов и др // Зерновое хозяйство России. 2017. № 2 (50). С. 26–29.

9. Санин С. С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 6. С. 45–55.

10. Устойчивость сортов яровой мягкой пшеницы к листовым болезням в условиях Зауралья / Е. А. Филиппова, Л. Т. Мальцева, Н. Ю. Банникова и др. // Аграрный Вестник Урала. 2017. № 7. С.28–35.

11. Дифференциация сортов озимой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) по устойчивости к наиболее вредоносным возбудителям грибных болезней / Е. В. Пахолкова, Н. С. Жемчужина, В. В. Любич и др. // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 3. С. 299–309.

12. Распространение грибов рода Fusarium Link. На зерновых культурах / А. П. Глинушкин, А. В. Овсянкина, М. И. Киселева и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 19–25.

13. Нанопестициды на основе супрамолекулярных комплексов тебуконазола для обработки семян злаковых культур / Е. С. Метелева, В. И. Евсеенко, О. И. Теплякова и др. // Химия в интересах устойчивого развития. 2018. Т. 26. № 3. С. 279–294. DOI: 10.15372/KhUR20180304.

14. Власенко Н. Г., Теплякова О. И., Душкин А. В. Применение механокомплексов тебуконазола с полисахаридами растительного происхождения для защиты яровой пшеницы от болезней листьев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-6-1

15. Soil infections of Grain Crops with the Use of The Resource-saving Technologies in Western Siberia, Russia / E. Yu. Toropova, A. A. Kirichenko, G. Ya. Stetsov, et al. // Biosciens Biotehnology Research Asia, 2015. August. Vol. 12 (2). P. 1081–1093.

16. Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков / под ред. В. И. Танского. СПб: ВИЗР, 2002. 76 с.

17. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации. Москва, 2020. 897 с.

18. Евсеев В. В. Пиренофороз пшеницы в лесостепи Южного Зауралья. Beau Bassic: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 148 с.

19. Control of airborne infections of wheat / A. Yu. Kekalo, N. Yu. Zargaryan, A. S. Filippov, et al. // IOP: Earth and Environmental Science. 2019. vol. 341, issue 1, No 203. https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012203.

20. Mehamdia D., Merad T., Tichati L. Triazole and strobilurin fungicides sensitivity of Pyrenophora tritici-repentis isolates originated from eastern Algeria // Микология и фитопатология. 2020. Т. 54. № 3. С. 221–227.

21. Проблемы экологизации зернового хозяйства и пути их решения в Зауралье / Под ред. С. Д. Гилева. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2018. 224 с.

A modern approach to the wheat protection from diseases and pests

A. Yu. Kekalo, V. V. Nemchenko, N. Yu. Zargaryan, A. S. Filippov, T. A. Kozlova

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch, Russian Academy of Science, ul. Belinskogo, 112a, Ekaterinburg, 620142, Russian Federation

Abstract. *The research aimed to determine the efficiency of preparations with fungicidal and insecticidal action for spring wheat to stabilize the phytosanitary situation in the agrocenosis and obtain high yields. The work was carried out in 2010–2019 in the Kurgan region in leached low-thick medium loamy chernozem in spring wheat crops, sown after bare fallow in a three-field grain-fallow crop rotation. The experimental design provided for the examination of fungicides (Premis 200, Raksil, Bunker, Vial TrasT, Lamador, Fitosporin-M), insecticides (Krujzer, Tabu) and insectofungicides (Selest Top, Scenic Combi), used for seed treatment, as well as leaf insecticides (Tanrek, Eforia, Fasshans) and fungicides (Titul 390, Kolosal PRO, Alto Turbo, Reks Duo, Straik Forte, Falkon, Triada, Fitosporin-M). The weather conditions during the study period differed significantly from the acute drought in 2010 and 2012 (the hydrothermal coefficient was 0.3) to a satisfactory supply of plants with moisture and heat in 2014, 2016, and 2017 (the hydrothermal coefficient was 0.9–1.2). The years of epiphytoties of leaf infections (2009, 2013, 2014, 2016, 2017) were characterized by abundant moisture in the second half of the growing season. A depressive level of wheat damage was noted in years with a pronounced July drought. The aggressiveness of insect pests was higher in years with pronounced arid phenomena. The target use of fungicidal seed protectants provided a significant increase in wheat yield by 0.15–0.31 t/ha or 8–16%. The use of two-component drugs was consistently justified. As a result of timely protection of spring wheat from wheat thrips during treatment with a two-component leaf insecticide, 0.49 t/ha, or 23% of the yield, was saved, this is an economically justified level of increase from protective measures. In the years of epiphytoties of aerogenic infections, the treatment of crops with fungicides preserved more than 25% of the wheat yield.*

Keywords: *fungicides; insecticides; biological and economic efficiency; plant diseases; insect pests; spring wheat (Triticum aestivum L.); yield.*

Author Details: *A. Yu. Kekalo, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: alena.kekalo@mail.ru); V. V. Nemchenko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: nem.cad@mail.ru); N. Yu. Zargaryan, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: natashazarg@yandex.ru); A. S. Filippov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: tolifil@yandex.ru); T. A. Kozlova, senior research fellow (e-mail: to1968ma@gmail.ru).*

For citation: *Kekalo AYu, Nemchenko VV, Zargaryan NYu, et al. [A modern approach to the wheat protection from diseases and pests]. Zemledelie. 2020. (5):41-5: Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10511.*

Феромониторинг – экологичная защита рапса

Использование феромонного мониторинга капустной моли на крестоцветных культурах позволяет успешно бороться с опасным вредителем. Сведения, полученные путём наблюдения за насекомыми с помощью ловушек с феромонами, являются важной частью формирования системы интегрированной защиты растений. Рекомендации по использованию этих экологически безопасных методов имеют большое значение для хозяйств, специализирующихся на выращивании рапса.

В 2019 году, по данным Росстата, посевные площади рапса составили 1545,5 тыс. га. За 5 лет они выросли на 29,9% (355,7 тыс. га), за 10 лет – на 124,5% (857,1 тыс. га). Средняя урожайность рапса в России в 2019 году составила 16,2 центнера с гектара, что на 9,5% (1,4 ц/га) больше, чем в 2018 году. За 5 лет (к 2014 году) урожайность рапса выросла на 17,4% (2,4 ц/га), за 10 лет – на 35% (4,2 ц/га). Аналитики в значительной степени исключают влияние на эти показатели природно-климатических факторов и отмечают решающий вклад в рост урожайности этой сельскохозяйственной культуры использования передовых технологий.

Увеличение площадей под рапсом и другими крестоцветными культурами привело к значительному росту численности капустной моли. Кандидат химических наук, директор по науке АО «Щёлково Агрохим» Елена Желтова отмечает, что в 2019 году капустная моль была одной из главных проблем хозяйств, возделывающих рапс. Для борьбы с этим вредителем компания предлагает несколько актуальных методов. Прежде всего, речь идёт о регулировании сроков сева. Перенос сева рапса на 1-ю декаду июня позволит сдвинуть фазу бутонизации от максимальной вредоносности капустной моли. Не менее важно использование феромонных ловушек для мониторинга первого лета бабочки, прогноза срока раннего появления гусениц и определения оптимального периода применения средств защиты растений. Для этого необходимо установить две ловушки на гектар с появлением всходов до конца вегетации. Кроме этого, профилактическими мерами для снижения рисков распространения вредителей являются краевые обработки и химическая защита – опрыскивание в период начала лёта бабочки.

Капустную моль сложно обнаружить

Капустная моль может в значительной степени уничтожить посевы рапса

Агрономам хорошо известно, что опасная представительница семейства серпокрылых всегда жила на территориях, где выращивали капусту. Помимо культурных растений она питается сорняками семейства крестоцветных, главным образом, пастушьей сумкой. Вспышки численности капустной моли происходят чаще всего в условиях засухи. При этом вредитель может в значительной степени уничтожить и посевы рапса. Первые яйцекладки возникают уже на семядольных листочках рапса. Ветром капустная моль разносится по всему полю. Если вредителю не препятствовать, то он значительно повредит настоящие листья и точки роста рапса. Это сделает культуру неконкурентоспособной по отношению к сорнякам.

В начале стеблевания рапса капустная моль поедает зачатки соцветий, в результате чего нижние цветки остаются стерильными, а в начале цветения вредитель переходит на почки соцветий второго порядка, которые закладываются у основания листьев стебля, где прячется под кроющими листьями. При выращивании рапса хозяйства столкнулись с тем, что капустную моль чрезвычайно сложно обнаружить. Зачастую её не видно ни на листе, ни на главном соцветии, но на каждом боковом ответвлении обнаруживаются по три-четыре личинки. Также гусеницы повреждают молодые стручки, которые затем в процессе роста деформируются и преждевременно растрескиваются.

Ситуация осложняется тем, что в средней полосе сельхозпроизводители имеют дело с 3 поколениями популяции капустной моли, каждое из которых развивается по-разному. Первое и последнее поколения развиваются в течение 1,5 месяцев, второе поколение – быстрее. Поэтому для борьбы с капустной молью необходимо несколько обработок инсектицидами.

На помощь приходят химики и энтомологи

Начальник лаборатории феромонов АО «Щёлково Агрохим» Сергей Стулов демонстрирует принцип работы феромонных ловушек

Изучение капустной моли открывает большие перспективы использования феромонов в защите растений и привлекает внимание химиков и энтомологов к решению практических задач. Для решения проблем, стоящих перед хозяйствами, занимающимися возделыванием рапса, руководством АО «Щёлково Агрохим» перед лабораторией феромонов несколько лет назад была поставлена задача разработки феромона против капустной моли.

– Удобным инструментом для мониторинга многих чешуекрылых являются феромонные ловушки, – подчёркивает Сергей Стулов, начальник лаборатории феромонов АО «Щёлково Агрохим». – С помощью феромонной ловушки можно отслеживать практически любых вредителей, особенно тех, которых трудно обнаружить визуально. Это в полной мере относится к таким мелким вредителям, как листовёртки, плодожорки, огнёвки; капустная моль – не исключение. Феромонный мониторинг позволяет точно определить наличие насекомого. С помощью феромонных ловушек просто отслеживать развитие популяции вредителя. Это селективный и высокочувствительный метод. Сам феромон является специфичным для каждого насекомого, поэтому, например, опылитель или энтомофаг в ловушке не окажется.

– Создание феромонного препарата – сложный процесс?

– Чтобы вывести феромонный препарат на рынок требуется порядка 2-3 лет различных испытаний, которым предшествует химический синтез. Стоит напомнить, что производство феромонов является достаточно сложным как технологическим, так и химическим процессом, к которому предъявляется ряд требований, главным из которых является высокая квалификация наших сотрудников. Получение феромонов, а это количество от нескольких граммов до нескольких килограммов, относится к тонкому органическому синтезу, поэтому такой синтез целесообразно осуществлять в лабораторных условиях. Так полученный нами половой феромон капустной моли представляет собой трёхкомпонентную смесь ненасыщенных алифатических соединений, содержащих спиртовую, альдегидную и сложноэфирную группы. Поскольку с подобными соединениями мы работаем достаточно активно, для нас не составило особого труда провести синтез и получить в течение нескольких месяцев феромон, имея понимание только о химической структуре компонентов.

Бабочки капустной моли на вкладышах ловушек с фольгапленовым диспенсером

– Как были организованы испытания препарата?

– Ориентиром фактической цели при создании нового препарата являлись испытания феромонных ловушек для оценки динамики развития численности капустной моли и установления целесообразности проведения химической обработки против данного вредителя на рапсе. В 2017 году на участках двух научных организаций: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» и ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» – были организованы 3-летние полевые испытания. Подбор площадей проводили сами испытатели.

Традиционно на первом этапе был проведён выбор соотношения компонентов и концентрации действующих веществ, предложены препаративные формы. На основании проведённого полевого скрининга производилась выборка композиций, показавших наибольшую аттрактивность. Параллельно в лабораторных условиях проводились модельные эксперименты по изучению скорости эмиссии феромона различными диспенсерами при их экспозиции в условиях, приближенных к климатическим условиям южных регионов России.

По существу, первые два года испытаний направлены на разработку оптимальной препаративной формы, т. е. диспенсера, позволяющего равномерно в течение как минимум 4-х недель испарять феромон с концентрацией, близкой к концентрации, выделяемой в природе самкой капустной моли. Заключительным этапом испытаний феромонного препарата является разработка технологии его применения, которая включает в себя сроки, место размещения и количество ловушек в зависимости от защищаемой площади, временные интервалы просмотра ловушек до и после начала лёта, мониторинг отловленных бабочек в ловушках и оценку экономического порога вредоносности. Затем полученный за весь срок испытаний материал обобщается и, как следствие, феромонный препарат получает рекомендации к применению и пополняет линейку феромонной продукции.

– Что показал феромониторинг капустной моли?

– В ходе опытов наряду с озвученными целями главным было установление корреляции между численностью вредителей, попавших в феромонные ловушки, и экономическим порогом вредоносности.

Различия между двумя регионами оказались достаточно велики. На опытных полях в Воронежской области в 2017 г. наблюдалась небольшая повреждённость посевов рапса, хотя численность отловленных за неделю особей оказалась достаточно высокой. На протяжении 3-х лет испытаний картина происходящего менялась, численность отловленных особей уменьшалась, а повреждаемость росла. Предположительно влияние природных факторов внесло коррективы в развитие популяции в регионе. Так, неблагоприятные погодные условия могут снизить количество яиц и гусениц, и при высоком отлове самцов повреждение растений может быть небольшим. И наоборот, ущерб при засухе окажется выше на фоне малочисленного отлова. Вероятно, именно это мы и видели

Отработана концентрация действующих веществ, подобрана препаративная форма для диспенсера, готова ловушка. Препарат показал высокую надёжность и селективность. К слову, с 2018 года компания «Щёлково Агрохим» начала реализацию этих ловушек в России.

Феромониторинг позволяет безошибочно отслеживать динамику развития численности вредителя на протяжении всего периода вегетации, а также корректировать сроки проведения химических обработок

на полях Воронежского региона. В Краснодарском крае всё было пропорционально: при росте численности вредителя увеличивалась повреждаемость рапса. Конечно, статистических данных для заключения утвердительных выводов на основании испытаний, проведённых в двух регионах, несомненно, мало. Так, по числу отловленных насекомых не всегда удаётся предсказать плотность популяции. Хотя здесь оговорюсь, подобная проблема характерна не только для капустной моли и связана с особенностями развития насекомого и влиянием природных факторов. Как следствие, единый критерий оценки экономического порога вредоносности, общего для регионов, возделывающих рапс, определить не представляется возможным, для каждого региона он будет индивидуальный. По предварительным данным, ориентировочное значение ЭПВ – 30-50 экз./ловушку/неделю. С другой стороны, с помощью феромониторинга можно безошибочно проследить динамику развития численности вредителя на протяжении всего периода вегетации, а также спрогнозировать сроки проведения химических обработок.

Сегодня основные испытания феромонных ловушек для мониторинга капустной моли завершены. Отработана концентрация действующих веществ, подобрана препаративная форма для диспенсера, готова ловушка. Препарат показал высокую надёжность и селективность. К слову, с 2018 года компания «Щёлково Агрохим» начала реализацию этих ловушек в России.

АО «Щёлково Агрохим» разработаны феромонные ловушки против 48 наименований вредителей садовых, овощных, технических, лесных и декоративных культур.

– В каких направлениях продолжаются исследования?

– В настоящее время идут разработки ловушек для массового отлова капустной моли. Этот метод регуляции численности вредителя эффективен в первую очередь для защиты растений в закрытом грунте, а также на небольших изолированных участках с низкой плотностью популяции целевого вида. На небольших площадях рапса – от 1 до 3 га – мы планируем испытать два типа ловушек: дельтовидную и барьерного типа. В этих экспериментах перспективной задачей для нас будет решение снижения трудоёмкости обслуживания ловушек без потери эффективности метода отлова. Задача, сразу скажу, не из лёгких, но направление интересное и наряду с инсектицидами может стать мощным инструментом регуляции численности вредителя в системе интегрированной защиты растений.

Феромонные ловушки: эффективность и безопасность

Использование ловушек с синтетическим половым феромоном, синтезированным в АО «Щёлково Агрохим», позволяет эффективно и с меньшими трудозатратами, по сравнению с традиционными методами наблюдений, установить динамику численности опасного вредителя рапса – капустной моли – и сделать прогноз её вредоносности.

АО «Щёлково Агрохим» рекомендует закреплять диспенсеры с феромоном в дельтовидные ловушки производства компании. На поле, засеянном рапсом, устанавливают ловушки при появлении всходов культуры в шахматном порядке (0,5 лов./га), от края поля на расстоянии 15-20 метров, на высоте 0,2-0,4 метра над верхушками растений. По мере роста культуры ловушки поднимают вверх. Замена диспенсера производится раз в 3-4 недели, замена вкладыша – по мере загрязнения.

До начала лета контроль ловушек осуществляется не менее двух раз в неделю, а после начала лета – ежедневно. Одновременно необходимо отслеживать появление гусениц на растении.

Необходимо применять обработку, если вредитель находится в стадии гусеницы младших возрастов, а также когда динамика численности бабочек достигает 30-50 экземпляров в ловушку в неделю и на 10% растений численность гусениц достигает 2-5 на растение.

При нарастании численности имаго в ловушке в течение 3-х дней подряд при средней температуре воздуха 7-12 градусов необходима обработка через 7-12 дней, при температуре 20-25 – через 4-7 дней.

Наталья АБРАМОВИЧ

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

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

АИЦ
АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

НАШИ ВОЗМОЖНОСТИ

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

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

С нами расти легче.
С нами растет компетентность

Компания «Август» не только поставляет сельхозпроизводителям высококачественные препараты, но обеспечивает технологическое сопровождение их применения

Штатные технологи в представительствах

Помощь в правильном выборе препаратов

Разработка оптимальных схем применения ХСЗР

Консультации по передовым технологиям выращивания с/х культур

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2020. № 5.1 - 48. Индекс 70329.

С нами расти легче. С нами растет страна.

avgust 30 лет

avgust.com