8.2018

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Для Урожайного Нового года Немного НАНО!

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ

www.betaren.ru

Оплот Трио – трехкомпонентный протравитель, обеспечивающий длительную защиту от семенной, почвенной и ранней аэрогенной инфекции. Стимулирует прорастание семян, обеспечивает получение дружных и здоровых всходов.

Табу супер – двухкомпонентный инсектицидный протравитель. Гарантирует долговременную и полную защиту зерновых культур от проволочника и других почвообитающих и наземных вредителей.

Балерина – гербицид-лидер по применению в России. Высокоэффективен против широкого спектра двудольных сорняков, включая подмаренник, ромашку, осот и молочай лозный. Применяется до фазы второго междоузлия культуры. Безопасен в севооборотах.

Бомба – инновационный гербицид на основе двух сульфонилмочевин. Безопасен для пшеницы до фазы колошения. Обладает непревзойденной эффективностью против подмаренника цепкого, а также пикульника, ромашки, горца, осотов и др. двудольных сорняков. Не имеет ограничений по севообороту.

Ластик Топ – граминицид на посевы пшеницы. Содержит уникальную комбинацию двух действующих веществ, эффективную одновременно против овсюга, видов проса, метлицы и др. злаковых сорняков. Очень избирателен к пшенице.

Спирит – инновационный двухкомпонентный фунгицид. Исключительно эффективен против листостебельных инфекций и заболеваний колоса. Обладает длительным профилактическим и защитным действием. Способствует продлению вегетации культуры.

Борей Нео – трехкомпонентный инсектицид для уничтожения комплекса грызущих и сосущих вредителей. Отличается высокой скоростью и продолжительностью действия независимо от погодных условий.

* – среди препаратов компании «Август»

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust crop protection

8.2018 НОЯБРЬ–ДЕКАБРЬ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПЛОДОРОДИЕ FERTILITY

А. Н. Налиухин, Д. А. Белозеров, А. В. Ерегин. Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения 3

A. N. Naliukhin, D. A. Belozerov, A. V. Eregin. Changes of Agrochemical Parameters of Light Loamy Sod Medium Podzolics Soil and Crop Rotation Productivity at Different Fertilizer Systems

С. И. Коржов,Т. А. Трофимова, Г. В. Котов. Биологическая активность почвы при совместном посеве культур 8

S. I. Korzhov, T. A. Trofimova, G. V. Kotov. Biological Activity of Soil under Combined Crops

Р. Н. Ушаков, А. В. Ручкина, Н. А. Головина. Устойчивость серой лесной почвы под разными угодьями в агроландшафте 11

R. N. Ushakov, A. V. Ruchkina, N. A. Golovina. Sustainability of Gray Forest Soil under Different Types of Land in Agrolandscapes

Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков, Д. О. Рогожин, О. Е. Ефимов. Изменение показателей состояния органического вещества и физических свойств чернозема южного при переходе от традиционной к нулевой обработке 14

B. A. Borisov, R. F. Baibekov, D. O. Rogozhin, O. E. Efimov. Changes in Indicators of Organic Matter State and Physical Properties of Southern Chernozem during the Transition from Traditional to Zero Treatment

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО FIELD CROPS

В. Н. Зейрук, О. В. Абашкин, С. В. Васильева, Д. В. Абросимов, К. А. Пшеченков, Г. Л. Белов. Защита картофеля в период хранения 17

V. N. Zeyruk, O. V. Abashkin, S. V. Vasilieva, V. D. Abrosimov, K. A. Pshechenkov, G. L. Belov. Protection of Potato during Storage

Е. А. Гришина, В. А. Литвинский, В. В. Носиков, С. Л. Белопухов, И. И. Дмитриевская. Определение содержания микроэлементов и тяжелых металлов в растениях, оценка безопасности льнопродукции методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой 19

E. A. Grishina, V. A. Litvinskiy, V. V. Nosikov, S. L. Belopuhov, I. I. Dmitrevskaya. Determination of the Content of Trace Elements and Heavy Metals in Plants, Safety Assessment of Flax Products by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

Л. Н. Андриенко, Ю. В. Аксенова. Влияние внесения кадмия, никеля, цинка на уровень содержания их в почве, урожайность и качество корнеплодов овощных культур 23

L. N. Andriyenko, Yu. V. Aksenova. Influence of Application of Cadmium, Nickel, Zink on the Level of Their Content in Soil, Productivity and Quality of Root Crops

Основан в 1939 г.

УЧРЕДИТЕЛИ:
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии

ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ИЗДАТЕЛЬ:
ООО «Редакция журнала «Земледелие»

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

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

КОНТАКТЫ:
Тел./факс: +7 916 241 63 43

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

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

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, 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 14.11.18
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”. 2018.

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

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

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

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ / SOIL CULTIVATION

В. А. Шевченко, А. И. Беленков, А. М. Соловьев. Корреляционная взаимосвязь агрофизических показателей мелиорированных земель Верхневолжья при различных способах их основной обработки 26

V. A. Shevchenko, A.I. Belenkov, A.M. Solovyov. Correlation of Agrophysical Indicators of Reclaimed Lands of the Upper Volga Region with Different Tillage Methods

В. И. Усенко, С. В. Усенко, В. П. Олешко, А. А. Гаркуша. Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации 30

V. I. Usenko, S. V. Usenko, V. P. Oleshko, A. A. Garkusha. Productivity of Agrocenosis and Quality of Wheat Grain Depending on Soil Tillage and Intensification Means

СОРТА И СЕМЕНА / GRADES AND SEEDS

С. Н. Пономарев, М. Л. Пономарева, М. Ш. Тагиров. Оценка фенотипической стабильности сортов озимой тритикале по урожайности зерна методом биплот-анализа 34

S. N. Ponomarev, M. L. Ponomareva, M. Sh. Tagirov. Evaluation of Phenotypic Stability of Winter Triticale Varieties by Grain Yield by Biplot Analysis

Т. А. Барковская, О. В. Гладышева, Н. В. Давыдова. Сорта яровой мягкой пшеницы для Нечерноземья 38

T. A. Barkovskaya, O. V. Gladysheva, N. V. Davydova. Spring Soft Wheat Varieties for the Non-Black Soil Zone

Г. Я. Кривошеев, Е. В. Ионова, Н. А. Шевченко, В. Л. Газе. Новые среднеспелые инбредные линии кукурузы для селекции на засухоустойчивость 41

G. Ya. Krivosheev, E. V. Ionova, N. A. Shevchenko, V. L. Gaze. New Mid-Season Inbred Maize Lines for Breeding on Drought-Resistance

П. А. Галушка, Д. В. Кравченко, А. И. Усков. Влияние различных способов применения SkQ1 на семенную продуктивность картофеля в процессе репродуцирования клубневых потомств оздоровленных микрорастений 45

P. A. Galushka, D. V. Kravchenko, A. I. Uskov. Influence of Different Ways of Using SkQ1 on Seed Productivity of Potato in Reproduction of Tuber Generation of Improved Microplants

Уважаемые читатели!

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

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

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10801
УДК 631.8: 631.445.24

Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения*

А. Н. НАЛИУХИН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: naliuhin@yandex.ru)
Д. А. БЕЛОЗЕРОВ, аспирант
А. В. ЕРЕГИН, аспирант
Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, ул. Шмидта, 2, с. Молочное, Вологда, 160555, Российская Федерация

В полевом стационарном опыте Вологодской ГМХА в звене севооборота «викоовсяная смесь – озимая пшеница – ячмень» изучено влияние органоминерального удобрения (ОМУ), модифицированного бактериями Bacillus subtilis Ч-13, в сравнении с различными системами удобрения (органической, минеральной, органо-минеральной), на продуктивность культур и агрохимические свойства дерново-среднеподзолиистой легкосуглинистой почвы – Albic Retisol (Loamic, Aric, Cutanic, Differentic, Ochric). Исследования проводили на фоне известкования (pH_{KCl} – 5,9) и без него (pH_{KCl} – 5,1). Для сопоставимости результатов все варианты были уравновешены по азоту, среднегодовое внесение которого составляло N_{50}. Изучаемые системы удобрения повышали продуктивность культур звена севооборота, по отношению к контролю (без удобрений), на 34...79 %. Первенство по среднегодовой продуктивности в опыте обеспечивала органо-минеральная система, основанная на использовании ОМУ – 4,09...4,62 тыс. зерн. ед./га, второе место занимали минеральная и органо-минеральная системы при совместном внесении навозного компоста с NPK в половинных дозах (3,65...4,31), третье – органическая (3,06...3,60 тыс. зерн. ед./га). Применение навозного компоста и его сочетание с NPK в половинных дозах способствовало повышению содержания почвенного органического углерода ($C_{орг}$) на 0,06...0,10 %, по сравнению с контролем без известкования, тогда как внесение одних минеральных удобрений на фоне известкования приводило к существенному снижению $C_{орг}$ в почве. Изучаемые системы удобрения способствовали сужению соотношения C/N до 11,1...11,8 (на известкованном фоне), против 15,3 в контроле без извести, что свидетельствует о повышении «качества» почвенного органического вещества. Метод Скофилда можно рекомендовать для более широкого использования при оценке фосфатного и калийного режима дерново-подзолистых почв как наиболее чувствительный из существующих на сегодняшний день методов.

Ключевые слова: *дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая почва, органо-минеральное удобрение, органические, минеральные и органо-минеральные системы удобрения, агрохимические показатели почвы, легкоподвижный фосфор и калий.*

Для цитирования: *Налиулин А. Н., Белозеров Д. А., Ерегин А. В. Изменение агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивности культур севооборота при применении различных систем удобрения // Земледелие. 2018. № 8. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10801.*

Устойчивое развитие агроэкосистем во многом обеспечивает научно обоснованное применение удобрений. Многочисленные исследования, проведённые в нашей стране и за рубежом, показывают, что использование органических, минеральных, известковых удобрений и сидератов позволяет поддерживать плодородие почв в течение продолжительного времени [1, 2, 3, 4, 5].

Увеличение в структуре посевных площадей зерновых колосовых культур при сокращении выхода навоза вызывает необходимость поддержания почвенного органического углерода ($C_{орг}$) на достаточном уровне, который определяется типом почвы, гранулометрическим составом, специализацией севооборота и множеством других факторов. Такая проблема характерна не только для России, но и для большинства стран мира [6, 7]. Органические и органо-минеральные системы удобрения обеспечивают дополнительное поступление органического вещества, способствуя тем самым увеличению в почве содержания $C_{орг}$ [8, 9, 10], в то время как применение одних минеральных удобрений имеет противоположный эффект [11, 12]. При этом следует отметить, что изменение содержания $C_{орг}$ происходит особенно быстро в первые 3...4 года после внесения органических удобрений. При этом оценка влияния систем удобрения, основанных на использовании новых видов органо-минеральных удобрений, на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв в условиях севера Нечернозёмной зоны России ещё требует уточнения.

Остаётся нерешённой и проблема выбора наиболее «чувствительного» метода определения P_2O_5 и K_2O для оценки фосфатного и калийного режимов дерново-подзолистых почв. Большинство исследователей склоняются к необходимости определения не только подвижных форм фосфора и калия в солянокислой вытяжке (0,2 М HCl) по методу Кирсанова, но и легкоподвижных форм по Скофилду в 0,01 М $CaCl_2$, а для оценки калийного режима – обменного калия по методу Масловой в 1М CH_3COONH_4 вытяжке [13, 14, 15, 16, 17].

Цель нашей работы – изучение влияния различных систем удобрения с включением органо-минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы и продуктивность культур звена полевого севооборота, а также выявление наиболее «чувствительных» методов определения содержания доступных форм фосфора и калия в дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве.

Двухфакторный полевой опыт по изучению различных систем удобрения заложен на опытном поле

**Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (проект МД-235.2017.11).*

ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА им Н.В. Верещагина осенью 2014 г. в 5-польном полевом севообороте: викоовсяная смесь (на зелёную массу) – озимая пшеница – ячмень (с подсевом клевера лугового) – клевер луговой – овёс. Опыт развёрнут в пространстве на 3 последовательно вводимых полях. В этой работе приведены результаты по 1-му полю севооборота. Площадь делянок – 100 м^2, повторность – 3-кратная, размещение вариантов – систематическое. Схема опыта включала изучение следующих вариантов:

известкование (фактор А) – без известкования; внесение $CaCO_3$;

система удобрения (фактор В) – без удобрений (контроль); органическая система удобрения (навоз 50 т/га); минеральная (NPK); органо-минеральная (навоз 25 т/га +1/2 NPK); органоминеральное удобрение (ОМУ) [23].

Все системы удобрения уравновешены по азоту, количество которого соответствует поступлению этого элемента с навозом в дозе 50 т/га (N_{150}).

В качестве органического удобрения в опыте использовали компост на основе навоза крупного рогатого скота (КРС) влажностью около 80 % с содержанием 0,27 % N, 0,24 % P_2O_5 и 0,45 % K_2O. Содержание органического вещества (на сухую массу) составляло 58 %, отношение C:N было широким – 23.

В опыте изучали гранулированное органоминеральное удобрение (ОМУ) на основе низинного торфа с содержанием органического вещества 40 %, N – 7 %, P_2O_5 – 7 %, K_2O – 8 %, MgO – 1,5 %, S – 3,92 %, Fe – 0,02 %, C – 0,01 %, Zn – 0,01 %, Mn – 0,05 % и B – 0,02 %, производства ОАО «Буйский химический завод» Костромской области. Гранулы ОМУ были модифицированы бактериями *Bacillus subtilis Ч-13* (препарат «Бисолбифит).

ОМУ и азотно-фосфорно-калийное удобрение марки 15:15:15 вносили ежегодно под тяжелую дисковую борону. Органические и известковые удобрения внесены весной 2015 г. в занятом викоовсяном пару под вспашку [24].

Согласно классификации почв СССР [18], почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая окультуренная. По «Классификации и диагностике почв России» [19], почвы стационарного опыта входят в ствол постлитогенных почв, отдела агрозёмы, тип – агрозёмы текстурно-дифференцированные. Основываясь на Международной классификациии почв (WRB) [20] – Albic Retisol (Loamic, Aric, Cutanic, Differentic, Ochric). Пахотный горизонт мощностью 20 см перед закладкой опыта имел следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,1...5,2, содержание почвенного органического углерода ($C_{орг}$) – 1,50...1,86 %, подвижного фосфора – 251...296, калия – 116...148 мг/кг почвы (по Кирсанову), гидролитическая кислотность (по Каппену) – 3,40...4,14 ммоль(экв)/100 г, сумма поглощённых оснований (по Каппену – Гильковицу) – 10,5...12,8 ммоль(экв)/100 г почвы [21].

Для определения изменения агрохимических показателей почвы за период ротации звена севооборота викоовсяная смесь – озимая пшеница – ячмень с каждой делянки (в 3-кратной повторности) из пахотного горизонта почвы осенью 2017 г. отбирали смешанные образцы, которые анализировали следующими методами: кислотность солевой вытяжки $pH_{(KCl)}$ – потенциометрически (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), сумма поглощённых оснований – по Каппену – Гильковицу (ГОСТ 27821-88), гумус – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор и калий – в вытяжке 0,2 н HCl по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91).

Легкоподвижные формы фосфора и калия определяли по Скофилду (0,01 М $CaCl_2$ – вытяжка). Последующий анализ содержания P_2O_5 проводили колориметрически, K_2O – потенциометрически с помощью ионоселективного к калию электрода. При определении обменного калия использовали метод Масловой (1М CH_3COONH_4), при котором наиболее полно вытесняются обменные формы калия из различных почв [22].

Содержание общего азота в почве определяли после мокрого озоления по Кьельдалю (ГОСТ 26107-84); фосфора и калия – по методу Гинзбург, с последующим определением P_2O_5 – колориметрически, K_2O – на пламенном фотометре (ГОСТ 26261-84).

В звене севооборота возделывали сорт вики яровой Льговская, овса ярового Боррус, озимой пшеницы Московская 56, ячменя ярового Выбор.

Учёт урожайности зерновых культур и однолетних трав проводили сплошным методом. Уборку озимой пшеницы и ячменя осуществляли поделяночно в фазе полной спелости с использованием малогабаритного комбайна Sampo Terrion 2010, викоовсяной смеси – косилкой КРН 1,5 в фазе начала созревания бобов вики в нижнем ярусе. Урожайность зерна приводили к стандартной 14 %-ной влажности, зелёной массы викоовсяной смеси – к 80 %-ной влажности, с последующим пересчётом в зерновые единицы (зерн. ед.). Солому после уборки озимой пшеницы и ярового ячменя оставляли в измельчённом виде на делянках с последующей запашкой. Метеорологические условия 2015 и 2016 гг. характеризовались как слабозасушливые (ГТК 0,7...1,0), 2017 г. – избыточно увлажненные (ГТК 2,3). Результаты учета урожайности подвергали статистической обработке (Multifactor analysis of variance ANOVA) с использованием программы STATGRAPHICS Centyrion [25]. Анализ различий между вариантами выявляли с учётом $НСР_{05}$ (LSD), а также критерия Тьюки (Tukey test HSD), позволяющего более глубоко определять скрытое взаимодействие между вариантами, при $p<0,05$.

За 3-летний период изучаемые системы удобрения способствовали росту продуктивности сельскохозяйственных культур на 34...79 %, по отношению к контролю без удобрений на известкованном фоне и без внесения $CaCO_3$ (табл. 1).

На первом месте по влиянию на урожайность было применение ОМУ, на фоне которого среднегодовая продуктивность составляла 4,09...4,62 тыс. зерн. ед./га, на втором –

1. Продуктивность культур севооборота в 2015-2017 гг., тыс. зерн. ед./га

Система удобрения (фактор В)	Вико-овсяная смесь			Озимая пшеница			Ячмень			В среднем за 3 года		
	фактор А*		сред-няя (В)	фактор А		сред-няя (В)	фактор А		сред-няя (В)	фактор А		сред-няя (В)
	1	2		1	2		1	2		1	2	
Без удобрений (контроль)	2,78	2,87	2,83	3,04	3,68	3,36	1,01	1,24	1,13	2,28	2,60	2,44
Навоз 50 т/га	3,58	3,67	3,63	4,47	5,55	5,01	1,14	1,58	1,36	3,06	3,60	3,33
NPK, экв. навозу 50 т/га	3,85	4,31	4,08	5,54	6,56	6,05	1,55	2,07	1,81	3,65	4,31	3,98
Навоз 25т/га + NPK, экв. навозу 25 т/га	3,96	4,24	4,10	6,01	6,88	6,45	1,34	1,80	1,57	3,77	4,31	4,04
ОМУ, экв по N навозу 50т/га	4,39	4,79	4,59	6,18	6,78	6,48	1,70	2,30	2,00	4,09	4,62	4,36
Среднее А	3,71	3,98	3,84^b	5,05	5,89	5,47	1,35	1,80	1,57	3,37	3,89	3,63
$НСР_{05}$ частных различий		0,49			0,54			0,15			0,43	
$НСР_{05}$ фактора А		0,16			0,18			0,05			0,13	
$НСР_{05}$ фактора В и АВ		0,35			0,38			0,11			0,30	

**здесь и в табл. 3: 1 – без $CaCO_3$, 2 – с $CaCO_3$.*

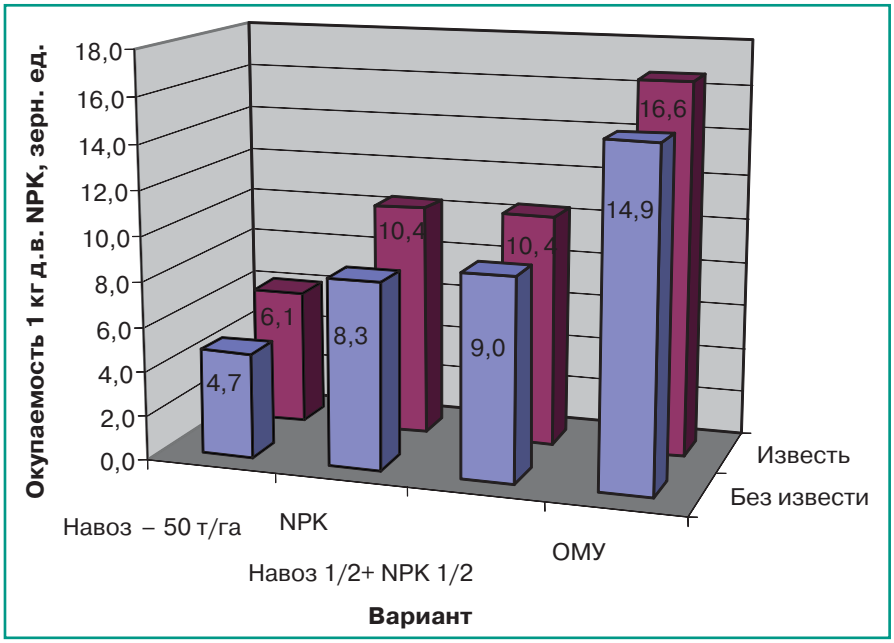


Рисунок. *Окупаемость систем удобрения в зависимости от известкования в сумме за 2015–2017 гг.*

минеральная и органо-минеральная системы (3,65...4,31), на третьем – органическая (3,06...3,60 тыс. зерн. ед./га). Наибольший эффект от известкования ранее слабокислой почвы с pH_{KCl} 5,1...5,2 отмечен на ячмене (23...35 %), прибавка урожайности на озимой пшенице и викоовсяной смеси была меньше и составляла 7...10 %. В среднем за три года все изучаемые системы удобрений обеспечивали повышение продуктивности благодаря известкованию на 12...18 %. Окупаемость 1 кг д.в. NPK, внесённого с навозом, была наименьшей – 4,7...6,1 зерн. ед., при совместном использовании с минеральными удобрениями в половинных дозах она повышалась до 9,0...10,4 зерн. ед. (см. рисунок).

Самая высокая оплата отмечена при использовании ОМУ – 14,9...16,6 зерн. ед./кг NPK, что во многом связано с присутствием в нём микроэлементов, а также с биологической модификацией гранул препаратом Бисолбифит, повышающим использование питательных веществ из почвы и удобрений.

Дисперсионный анализ двухфакторного полевого опыта с использованием критерия Тьюки показал различное влияние изучаемых факторов на агрохимические свойства почвы (табл. 2).

При этом изучаемые системы удобрения и известкование приводили к существенному изменению агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (табл. 3).

2. Статистическая оценка изменения агрохимических свойств почвы по результатам двухфакторного дисперсионного анализа на основе критерия Тьюки (Tukey test HSD) при 5% уровне значимости

Показатель	P-уровень		
	фактор А	фактор В	взаимодействие АВ
Характеристика содержания азота и $C_{орг}$			
$C_{орг}$, %	0,0022	0,0024	0,0232
$N_{общ}$, %	n.s.*	n.s.	n.s.
C/N	0,0023	<0,0001	0,0006
C в слое 0...20 см, т/га	0,0322	0,0250	0,0500
Физико-химические свойства			
pH_{KCl}	<0,0001	n.s.	n.s.
Нг, ммоль(экв)/100г	0,0129	n.s.	n.s.
S, ммоль(экв)/100г	<0,0001	n.s.	n.s.
V, %	0,0001	n.s.	n.s.
Фосфатный режим			
$P_2O_{5\,общ}$, %	n.s.	n.s.	n.s.
$P_2O_{5\,HCl}$, мг/кг	0,0282	n.s.	n.s.
$P_2O_{5\,CaCl2}$, мг/л	n.s.	0,0357	n.s.
Калийный режим			
$K_2O_{общ}$, %	n.s.	n.s.	n.s.
K_2O_{HCl}, мг/кг	n.s.	0,0018	n.s.
$K_2O_{CH3COONH4}$, мг/кг	n.s.	0,0117	n.s.
K_2O_{CaCl2}, мг/л	n.s.	0,0008	n.s.

**n.s. – значимые различия при p < 0,05 отсутствуют.*

Применение различных систем удобрения и известкования значимо влияло на содержание $C_{орг}$ в почве ($p < 0,05$). При этом отмечали две разнонаправленные тенденции: в первом случае, без известкования, содержание почвенного органического углерода увеличивалось благодаря применению полной дозы навоза, а также совместному использованию навоза и NPK в половинных дозах, по сравнению с неудобренным контролем, на 0,06 и 0,10 % $C_{орг}$ соответственно. Во втором, при известковании, содержание $C_{орг}$ снижалось, по сравнению с исходным уровнем. По всей вероятности, на начальном этапе происходила усиленная минерализация легкоразлагаемых компонентов почвенного органического вещества, которая приводила к резкому снижению содержания $C_{орг}$ в обрабатываемой почве. Со временем процесс дегумусирования замедлялся и почва при постоянном способе использования переходила в новое устойчивое состояние, когда почвенный пул органического вещества находился в относительном равновесии с вновь сложившимися агроэкологическими условиями [26, 27].

Особенно резкое снижение (-0,04 % $C_{орг}$) на известкованном фоне отмечено при внесении минеральных удобрений, по сравнению с неудобренным контролем. Применение органо-минеральных удобрений и ОМУ несколько сдерживало эту отрицательную тенденцию. Как известно, убыль органического вещества при минеральной системе удобрения наиболее свойственна почвам с высоким исходным уровнем содержания $C_{орг}$ [28].

Изучаемые в опыте системы удобрения не оказывали существенного влияния на изменение общего содержания азота в почве ($p>0,05$), но значимо ($p < 0,05$) сужали соотношение C/N до 13,0...14,8, по сравнению с исходным, что служит показателем повышения «качества» почвенного органического вещества [29, 30]. На фоне известкования соотношение C/N становится ещё меньше и составляет 11,1...11,8, против 15,3 в неизвесткованном контроле, наблюдается сопряженный эффект факторов А и В при уровне значимости менее 0,001%. Наибольшие запасы $C_{орг}$ в пахотном слое почвы зафиксированы при внесении навоза (без извести), а также при органо-минеральных системах удобрения – 42,7...46,9 т/га.

Известкование значительно улучшало физико-химические свойства почвы (см. табл. 3). Так, кислотность солевой вытяжки (pH_{KCl}) достоверно снижалась с 5,1...5,2 до 5,8...6,0, гидролитическая кислотность – с 1,78...

3. Агрохимические свойства дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от известкования и систем удобрения в звене севооборота

Показатель	Без удобрений		Навоз		NPK		Навоз 1/2+ NPK 1/2		ОМУ	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Характеристика содержания азота и Сорг										
$C_{орг}$, %	1,84	1,48	1,90*	1,58	1,78	1,44	1,94*	1,77*	1,86	1,72*
$N_{общ}$, %	0,12	0,13	0,13	0,14	0,12	0,13	0,15	0,15	0,12	0,12
C/N	15,3	11,3*	14,6	11,3*	14,8	11,1*	13,0*	11,8*	15,5	14,4
С в слое 0...20 см, т/га	44,5	36,7	46,0	39,2	43,1	35,7	46,9	43,9	45,0	42,7
Физико-химические свойства										
pH_{KCl}	5,1	5,8*	5,2	5,9*	5,0	5,8*	5,1	6,0*	5,2	5,8*
Нг, ммоль(экв)/100г	1,82	1,45*	1,92	1,39*	1,79	1,56*	1,82	1,40*	2,05	1,79*
S, ммоль(экв)/100г	11,5	14,9*	13,1	16,2*	12,7	15,0*	13,6	15,3*	12,9	14,9*
V, %	86,3	91,1*	87,2	92,1*	87,6	90,6*	88,2	91,6*	86,3	89,3*
Фосфатный режим										
$P_2O_{5\ общ}$, %	0,26	0,27	0,29	0,31	0,29	0,28	0,30	0,32	0,28	0,30
$P_2O_{5\ HCl}$, мг/кг	280	316*	295	353*	298	325*	320	345*	297	317*
$P_2O_{5\ CaCl2}$, мг/л	0,34	0,32	0,34	0,31	0,35	0,32	0,41*	0,38	0,40*	0,33
Калийный режим										
$K_2O_{общ}$, %	1,62	1,63	1,69	1,67	1,70	1,78	1,79	1,79	1,78	1,80
K_2O_{HCl}, мг/кг	100	104	111*	128*	140*	143*	140*	131*	123*	124*
$K_2O_{CH3COONH4}$, мг/кг	116	117	123	131	150*	147*	163*	161*	138*	145*
K_2O_{CaCl2}, мг/л	11,1	11,4	13,4	12,5	14,2*	15,3*	15,6*	18,5*	12,7	13,5

**изменения агрохимических свойств достоверны, по отношению к уровню до закладки опыта и неизвесткованному фону.*

2,05 до 1,39...1,79 ммоль(экв)/100 г при одновременном росте суммы поглощённых оснований во всех вариантах опыта, а также степени насыщенности почвы основаниями на 4...6 %, что свидетельствует о значимом влиянии применения $CaCO_3$ ($p<0,05$). В то же время, изучаемые системы удобрения (фактор В) не оказывали существенного влияния на физико-химические свойства почвы (см. табл. 2).

Применение систем удобрения существенно не отражалось на валовом содержании фосфора и калия в почве ($p<0,05$), изменяя количество подвижных соединений P_2O_5 и K_2O, извлекаемых различными вытяжками.

Использование солянокислой вытяжки по методу Кирсанова показало, что при известковании (фактор А) достоверно увеличивается содержание подвижного фосфора в почве ($p=0,0282$) во всех вариантах опыта на 36...65 мг/кг. При этом изучаемые системы удобрения не оказывали значимого влияния на содержание подвижного P_2O_5 ($p>0,05$). По данным [31], это можно объяснить наблюдаемым сопряжённым эффектом взаимодействия фосфорных и известковых удобрений – внесение одних снижает потребность в других. Определение P_2O_5 в солевой вытяжке (по Скофилду) даёт несколько иную картину – степень подвижности фосфора увеличивается при органо-минеральной системе удобрения и внесении ОМУ без извести.

Для изучения влияния систем удобрения на калийный режим почвы были определены 3 формы K_2O, экстрагируемые различными вытяжками: подвижный калий по Кирсанову, обменный – по Масловой и легкоподвижный – по Скофилду. В результате дисперсионного анализа выявлено, что содержание различных форм калия существенно зависело только от вносимых удобрений ($p<0,012$), а известкование не оказывало достоверного влияния ($p>0,05$). Не наблюдали также и сопряжённого эффекта от взаимодействия факторов (см. табл. 2) Возделывание культур без внесения удобрений привело к отрицательному балансу калия, в результате чего содержание подвижного K_2O снизилось на 20 %, обменного – на 35 % и легкоподвижного – на 60 %, по сравнению с исходным уровнем. При этом все системы удобрения существенно повышали содержание подвижного калия. При анализе почвенных образцов по методу Масловой в 1М CH_3COONH_4 вытяжку переходило примерно на 10...12 % K_2O больше, чем в 0,2 М HCl-вытяжку по Кирсанову, что связано с наиболее полным вытеснением обменного калия из почвы [33]. В то же время, этим методом не зафиксировано изменения содержания обменного калия в варианте с внесением навозного компоста, что, вероятно, связано с низкой концентрацией в нём K_2O (0,45 %), в отличие от подстилочного навоза (0,7 % K_2O). При применении ОМУ отмечено увеличение содержания калия, определяемого по методу Масловой, в сравнении с контролем, при одновременном снижении на 20 %, по сравнению с исходным уровнем. Определение легкоподвижного калия показало, что увеличение содержания K_2O происходит только при минеральной и органо-минеральной системах удобрения с использованием навоза и NPK в половинных дозах. Вероятно, это связано с повышенными дозами калийных удобрений, вносимых на 3-й год под ячмень в этих вариантах (135 кг д.в./га) при невысоком его выносе с урожаем зерна – 9...14 кг/га K_2O. В связи с этим можно предположить, что определение K_2O в $CaCl_2$-вытяжке позволяет зафиксировать его изменение даже в течение одного вегетационного периода. Особенно резкое снижение легкоподвижного калия отмечено в варианте без применения удобрений, что позволяет судить о высокой чувствительности метода по отношению к калийному режиму почвы.

Таким образом, применение биологически модифицированного биопрепаратом Бисолбифит и насыщенного микроэлементами ОМУ позволяет достигнуть высокого уровня среднегодовой продуктивности культур севооборота (4,09...4,62 тыс. зерн. ед./га), сопоставимой с действием традиционной органо-минеральной системы удобрения (3,77...4,31 тыс. зерн. ед./га).

Внесение ОМУ стабилизирует гумусовое состояние дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы, улучшает её фосфатный и калийный режимы.

Определение легкоподвижного фосфора и калия (по Скофилду) в 0,01 М $CaCl_2$-вытяжке показывает большую чувствительность этого метода к изменению фосфатного и калийного режима почвы, по сравнению с определением его подвижных форм по Кирсанову.

Литература.

1. Аканова Н. И. Агроэкологическая и энергетическая эффективность сочетания известкования с минеральными удобрениями: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ВИУА, 2001. 21 с.

2. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г. Е. Мерзлая, Г. А. Зябкина, Т. П. Фомкина и др. // Агрохимия. 2012. № 2. С. 37–46.

3. Налиухин А. Н., Веденеева Н. В., Власова О. А. Изменение физико-химических свойств дерново-подзолистой почвы при поверхностном внесении местных видов известковых удобрений в посевах многолетних травах // Агрохимия. 2017. № 11. С. 13–20.

4. Сычев В. Г., Шафран С. А., Духанина Т. М. Диагностика минерального питания полевых культур и определение потребности в удобрениях. М.: ВНИИА, 2018. 220 с.

5. Körschens M., Weigel A., Shulz E. Turnover of soil organic matter and long-term balances – tools for evaluating sustainable productivity of soils // Z. Pflanzenernahr, Bodenk. 1988. V. 161. P. 409–424.

6. Long-Term agroecosystem experiments: assessing agricultural sustainability and global change / P. E. Rasmussen, K. W. T. Goulding, J. R. Brown et al. // Science 282, 1998. P. 893–896. doi:http://dx.doi.org/10.1126/science.282.5390.893.

7. Six J., Conant R. T., Paul E. A., Paustian K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. Plant Soil, 2002. P. 241, 155–176. doi:http://dx.doi.org/10.1023/A:1016125726789.

8. Гомонова Н. Ф., Минеев В. Г. Динамика гумусного состояния и азотного режима дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия. 2012. № 6. С. 23–31.

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

10. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions a review / M. V. Lützow, I. Kögel-Knabner, K. Ekschmitt et al. // Eur. J. Soil Sci., 57. 2006. P. 426–445. doi:http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x.

11. Прогноз динамики запасов органического углерода пахотных земель Европейской территории России / В. А. Романенков, О. Д. Сиротенко, Д. И. Рухович и др. М.: ВНИИА, 2009. 96 с.

12. Edmeades D. C. The long-term effects of manures and fertilizers on soil productivity and quality: a review. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 2003. 66. P. 165–180. doi: http://dx.doi.org/10.1023/A:1023999816690.

13. Адрианов С. Н. Оценка методов определения подвижных фосфатов в почве // Плодородие. 2008. № 2. С. 14–17.

14. Эффективность фосфорных удобрений в длительном последействии / Н. А. Кирпичников, С. А. Ермолаев, Н. И. Аканова и др. // Плодородие. 2003. № 3. С. 34–36.

15. Никитина Л. В. Исследования калийного режима разных типов почв в длительных опытах Геосети // Агрохимия. 2018. № 1. С. 39–51. doi: 10.7868/S0002188118010040.

16. Прокошев В. В., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения. М. 2000. 182 с.

17. Applicability of 0.01 M. CaCl2 as a single extraction solution for the nutrient status of soils and other diagnosis purposes / V. Houba, I. Novozamsky, T. M. Lexmond et al. // Commun. Soil Sci. Plant Anal. V. 21, 19–20. 1990. P. 2281–2290.

18. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.

19. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

20. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. No 106. FAO, Rome, 2014.

21. Изменение метагенома прокариотного сообщества как показатель плодородия пахотных дерново-подзолистых почв при применении удобрений / А. Н. Налиухин, С. М. Хамитова, А. П. Глинушкин и др. // Почвоведение. 2018. № 3. С. 331–337.

22. Прокошев В. В. Агрохимия калийных удобрений. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: НИУИФ. 1984. 20 с.

23. Эффективность органических и минеральных удобрений при известковании дерново-подзолистой почвы / А. Н. Налиухин, Г. Е. Мёрзлая, А. С. Максимова и др. // Плодородие. 2018. № 2 (101). С. 42–45.

24. Влияние биоудобрений и известкования на продуктивность вико-овсяной смеси и изменение микробоценоза дерново-подзолистой почвы / А. Н. Налиухин, А. А. Завалин, О. В. Силуянова и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 6. С. 21–26.

25. Кирюшин Б. Д., Усманов Р. Р., Васильев И. П. Основы научных исследований в агрономии. М.: КолосС, 2009. 398 с.

26. Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.

27. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review / M. V. Lützow, I. Kögel-Knabner, K. Ekschmitt et al. // Eur. J. Soil Sci. 2006. 57, 426–445. doi:http://dx.doi.org/10.1111/j.1365–2389.2006.00809.x.

28. Шевцова Л. К., Хайдуков К. П., Кузьменко Н. Н. Трансформация органического вещества легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы при длительном применении в льняном севообороте // Агрохимия. 2012. № 10. С. 3–12.

29. Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic amendments in a Swiss conventional farming system / G. Blanchet, K. Gavazov, L. Bragazza et al. // Agric. Ecosyst. Environ., 230. 2016. P. 116-126. doi: http://dx. doi.org/10.1016/j.agee.2016.05.032.

30. Diacono M., Montemurro F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. Agron. Sustain. Dev., 2010. 30, 401–422.

31. Сычёв В. Г., Кирпичников Н. А. Приёмы оптимизации фосфатного режима почв в агротехнологиях. М.: ВНИИА, 2009. 176 с.

32. Ваулин В. А., Коваленко А. А., В.А. Варламов В. А. Динамика содержания легкоподвижного фосфора в дерново-подзолистой почве при внесении высоких доз фосфорных удобрений и в последействии // Плодородие. 2010. № 4. С. 28–30.

33. Важенин И. Г., Карасева Г. Н. Об агрохимических методах определения подвижных форм калия в почвах // Почвоведение. 1959. № 8. С. 87–90.

Changes of Agrochemical Parameters of Light Loamy Sod Medium Podzolics Soil and Crop Rotation Productivity at Different Fertilizer Systems

A. N. Naliukhin, D. A. Belozerov, A. V. Eregin
N. V. Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy, ul. Shmidta, 2, s. Molochnoe, Vologda, 160555, Russian Federation

Abstract. *The influence of organic and mineral fertilizer (OMF), modified by Bacillus subtilis Ch-13, on crop productivity and agrochemical properties of light loamy sod medium podzolics soils was compared with different fertilizer systems (organic, mineral, organic and mineral). The test was carried out in a stationary field experiment in Vologda State Dairy Farming Academy in a section of crop rotation: vetch-oat mixture, winter wheat, barley. The studies were carried out against the background of liming (pH(KCl) was 5.9) and without it (pH(KCl) was 5.1). For the comparability of the results, all the options were balanced by nitrogen, the average annual application of this element was N50. The studied fertilizer systems increased the productivity of the crops relative to the control (without fertilizers) by 34–79%. The organic and mineral system, based on the application of OMF, had the maximum average annual productivity (4,090–4,620 grain units/ha), followed by the mineral and the organic and mineral systems with the joint application of manure compost with 1/2NPK (3,650–4,310 grain units/ha). The organic system took third place (3,060–3,600 grain units/ha). The use of manure compost and its combination with 1/2NPK increased the content of soil organic carbon (C(org)) by 0.06–0.10%, compared with the control without liming, whereas the introduction of mineral fertilizers alone against the background of liming caused a significant reduction of the content of C(org) in the soil. The studied fertilizer systems contributed to the reduction of the C/N ratio to 11.1–11.8 (against the lime background) versus 15.3 in the control without liming, which indicated an increase in the quality of soil organic matter. The Scofield's method can be recommended for wider use in assessing the phosphate and potash regime of sod-podzolics soils as the most sensitive among the existing methods.*

Keywords: *sod medium podzolics light loamy soil; organic and mineral fertilizer; organic, mineral and organic and mineral fertilizer systems; agrochemical parameters of soil; easily mobile phosphorus and potassium.*

Author Details: *A. N. Naliuhin, D. Sc. (Agr.), Professor (e-mail: naliuhin@yandex.ru); D. A. Belozerov, post graduate student, A. V. Eregin, post graduate student.*

For citation: *Naliukhin A. N., Belozerov D. A., Eregin A. V. Changes of Agrochemical Parameters of Light Loamy Sod Medium Podzolics Soil and Crop Rotation Productivity at Different Fertilizer Systems. Zemledelie. 2018. No. 8. Pp. 3–7 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10801.*

Acknowledgements. *This study was supported by a grant from the President of the Russian Federation for the Young Doctors of Sciences (project MD-235.2017.11).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10802
УДК 631.427:631.445.4:631.53.04

Биологическая активность почвы при совместном посеве культур

С. И. КОРЖОВ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: zemledel@agronomy.vsau.ru)
Т. А. ТРОФИМОВА, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Г. В. КОТОВ, аспирант
Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, ул. Мичурина, 1, 394087, Российская Федерация

Длительное использование черноземных почв без достаточного внесения органических удобрений привело к значительному снижению содержания гумуса. Один из доступных способов пополнения запасов свежего органического вещества в почве – совместные посевы бобовых и небобовых культур. Исследования проводили в севооборотах со следующим чередованием культур: чистый пар (пар сидеральный, пар занятый) – озимая пшеница – ячмень – подсолнечник. Посев второго компонента бинарных смесей – донника и люцерны – осуществляли вслед за посевом подсолнечника в рядки. После уборки подсолнечника бобовые травы оставались в поле, которое на следующий год отводили под сидеральный или занятый пар. Это увеличивало поступление растительных остатков в почву, скорость их минерализации и микробиологическую активность чернозема типичного. Бинарные посевы подсолнечника с донником и люцерной способствовали оптимизации основных показателей плодородия почвы. Разложение льняного полотна в почве под такими посевами возрастало, по сравнению с одновидовым размещением подсолнечника, в 2,1…3,2 раза. Последействие приемов биологизации проявлялось и в посевах озимой пшеницы. При размещении этой культуры по донниковому и люцерновому пару темпы разложения льняного полотна были соответственно в 2,8 и 3,2 раза выше, чем в посевах по чистому пару. Самый высокий коэффициент иммобилизации азота отмечали в зернопаропропашном севообороте в период всходов ячменя. Он был в 3…4 раза больше, чем в других вариантах опыта, что указывает на достаточно большое количество трудно разлагаемых растительных остатков (соломы) в почве. Бинарные посевы подсолнечника с донником и люцерной повышали относительный показатель биогенности в период цветения и уборки, по сравнению с одновидовым посевом подсолнечника, на 38 и 27 % соответственно. Самую высокую урожайность озимой пшеницы отмечали по чистому пару (4,37 т/га), подсолнечника – в севооборотах с бинарными посевами культур (2,84...2,95 т/га).

Ключевые слова: *бинарные посевы, плодородие, чернозем, биологическая активность почвы.*

Для цитирования: *Коржов С. И., Трофимова Т. А., Котов Г. В. Биологическая активность почвы при совместном посеве культур // Земледелие. 2018. № 8. С. 8–10, DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10802.*

Современное земледелие строится на ландшафтной основе с использованием биологических приемов сохранения и повышения плодородия почвы [1, 2, 3]. Наряду с традиционными приемами биологизации земледелия (запашка нетоварной части урожая, посев сидеральных культур и бобовых трав), в ЦЧР могут получить широкое распространение бинарные посевы бобовых трав с различными сельскохозяйственными культурами. При их возделывании наблюдается положительное взаимодействие возделываемых культур, проявляется синергизм [4, 5, 6].

Цель исследований – установить влияние совместных посевов сельскохозяйственных культур на биологические показатели чернозема типичного, характеризующие состояние плодородия почвы.

Исследования проводили в 2014–2016 гг. в полевом опыте, заложенном в КФХ «ИП Палихов А.А.» Хохольского района Воронежской области. Почва опытного участка – чернозём типичный среднемощный глинистый с содержанием гумуса в пахотном слое почвы 5,65 %. Сумма обменных оснований – 34,1 мг-экв/100 г, содержание подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) – 113 и 184 мг/кг почвы соответственно, гидролизуемого азота – 62,9 мг/кг почвы.

Годы исследований по гидротермическим условиям были разными: вегетационный период 2014 г. и 2015 г. (ГТК по Селянинову 0,7 и 0,8 соответственно) – засушливые, 2016 г. характеризовался как влажный (ГТК = 2,1).

Схема опыта включала следующие варианты:

зернопаропропашной севооборот (№1, контроль) – чистый пар – озимая пшеница – ячмень – подсолнечник;

сидеральный севооборот (№2) – сидеральный пар (донник жёлтый 2-го года жизни) – озимая пшеница – ячмень (пожнивный сидерат редька масличная и горчица белая) – бинарный посев подсолнечника с донником жёлтым;

зернотравянопропашной севооборот (№3) – занятый пар (люцерна синяя 2-го года жизни) – бинарный посев озимой пшеницы с люцерной синей 3-го года жизни – ячмень (пожнивный сидерат редька масличная и горчица белая) – бинарный посев подсолнечника с люцерной синей.

Донник и люцерну подсевали в рядки посеянного перед этим подсолнечника, благодаря чему сохранялась возможность для проведения междурядных обработок пропашной культуры. В зернотравянопропашном севообороте посев озимой пшеницы осуществляли поперек рядков люцерны 2-го года жизни. Солому зерновых культур заделывали в почву дисковыми орудиями на глубину 10…12 см сразу после уборки. Технология возделывания культур, за исключением изучаемых приёмов, общепринятая для региона.

Опыт заложен в соответствии с общепринятой методикой. Размещение культур севооборотов систематическое, повторность трехкратная. Севообороты представлены всеми полями в пространстве и во времени. Общая площадь делянки – 658 м^2, учётная – 525 м^2.

Анализ почвы и растений осуществляли в соответствии с действующими методиками. Основные физиологические группы почвенных микроорганизмов учитывали по методике ВНИИСХМ путем высева разведений почвенной суспензии на элективные питательные среды [7]. Актуальную биологическую активность определяли методом льняных полотен [8].

Относительный показатель биогенности почвы, который характеризует начальную стадию разложения органического вещества, поступившего в почву, рассчитывали как соотношение между бактериями, использующими минеральные формы азота, и почвенными микромицетами [9].

В первый год жизни люцерны в совместном посеве с подсолнечником происходило более интенсивное развитие почвенных микроорганизмов, что выразилось в повышенных темпах разложения полотна – в 3,2 раза выше, чем в одновидовом посеве подсолнечника (рис. 1). В почве под бинарными посевами подсолнечника с донником темпы разложения льняной ткани были несколько ниже. Скорость утилизации полотна в этом варианте была больше, чем в чистом посеве подсолнечника, в 2,1 раза. Благодаря фиксации бобовыми культурами в почве под совместными посевами подсолнечника с донником или люцерной происходит накопление биологического азота, уменьшение соотношения C:N в растительных остатках и ускорение протекания микробиологических процессов в черноземе типичном [5].

В паровых полях создаются наиболее благоприятные условия для развития микроорганизмов, разлагающих целлюлозу. Их часто рыхлят, что повышает аэрацию почвы [10]. В среднем за вегетацию за 3 года наблюдений самую высокую интенсивность разложения льняной ткани отмечали в донниковом и люцерновом пару – 15,0

Рис. 1. *Интенсивность разложения полотна в зависимости от развития почвенных микроорганизмов: 1 – ячмень; 2 – ячмень по доннику (в сидеральном севообороте); 3 – ячмень по люцерне (в зернотравянопропашном севообороте; 4 – подсолнечник; 5 – бинарный посев подсолнечника с донником; 6 – бинарный посев подсолнечника с люцерной; 7 – пар чистый; 8 – пар донниковый; 9 – пар люцерновый; 10 – озимая пшеница по чистому пару; 11 – озимая пшеница по доннику; 12 – озимая пшеница по люцерне.*

и 11,0 % соответственно. Это в 1,5…2,0 раза больше, чем распад целлюлозы в чистом пару. В почве под посевами пшеницы по донниковому и люцерновому пару темпы разложения льняного полотна были соответственно в 2,8 и 3,2 раза выше, чем по чистому пару.

Росту интенсивности разложения льняной ткани под ячменем в севообороте с сидеральным донниковым паром и занятым люцерновым паром способствовало большее количество растительных остатков бобовых культур, которые создают благоприятные условия для жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Бобовые травы, возделываемые в качестве бинарного компонента с подсолнечником и парозанимающих культур, оставляют биомассу с высоким содержанием азота. В сочетании с богатыми углеродом соломистыми остатками это, с одной стороны, увеличивает темпы разложения органического вещества в почве, с другой, способствует увеличению продолжительности его минерализации.

Протекание биологических процессов, их динамику и направленность рассматривали по соотношению различных групп микроорганизмов. Важный параметр, характеризующий состояние микробного сообщества почвы – относительный показатель биогенности (ОП). Чем больше органического вещества поступило в почву, тем выше ОП, высокая его величина свидетельствует о том, что не все легкогидролизуемые органические вещества подверглись минерализации. Большее поступление легкогидролизуемого органического вещества в севооборотах с многолетними бобовыми травами, по сравнению с зернопаропропашным севооборотом (контроль), способствовало росту ОП в этих вариантах в период цветения и уборки соответственно на 38 и 27 % (рис. 2).

Коэффициент иммобилизации – это отношение численности микроорганизмов, учитываемых на крахмало-аммиачном агаре и мясо-пептонном агаре (КАА:МПА), которое отражает

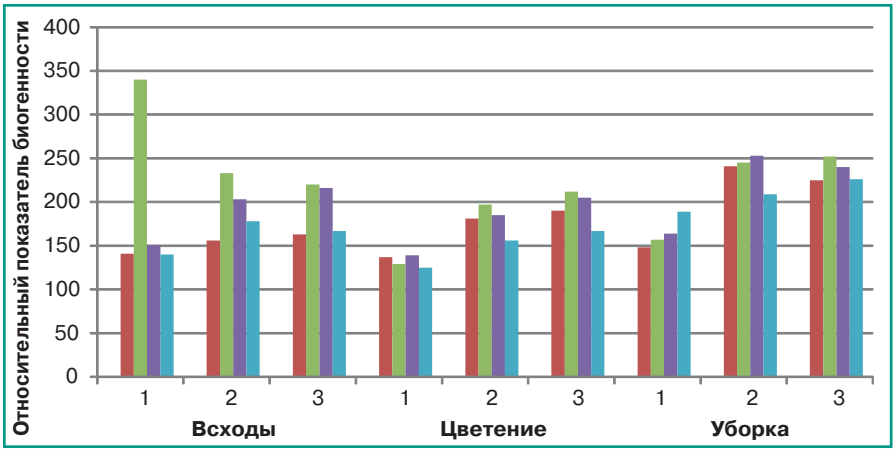


Рис. 2. *Относительный показатель биогенности (в среднем за 2014–2016 гг.): 1 – зернопаропропашной севооборот; 2 – сидеральный севооборот; 3 – зернотравянопропашной севооборот; ■ – пар; ■ – озимая пшеница; ■ – ячмень; ■ – подсолнечник.*

степень разложения органического вещества, в том числе трудно минерализуемого. Чем больше его величина, тем выше степень разложения. В период всходов полевых культур самый высокий коэффициент иммобилизации отмечали в посевах озимой пшеницы, при этом его величина мало зависела от предшественника (рис. 3). В другие сроки определения динамика разложения органического вещества была сходной, постепенно снижаясь к уборке.

На завершение процессов разложения органического вещества в почве указывает индекс олиготрофности или соотношение бактерий, учитываемых на среде Эшби и МПА (рис. 4). Наибольшую величину этого показателя отмечали в севообороте с чистым паром в период всходов ячменя. Она была выше, чем в других вариантах, в 3…4 раза, что указывает на значительное количество трудно разлагаемых растительных остатков в почве. На наш взгляд, такая ситуация обусловлена тем, что в севооборотах с многолетними бобовыми травами минерализация растительных остатков, включая солому, протекает более интенсивно. В другие сроки определения величина этого показателя была одинаковой по всем культурам и севооборотам.

В одновидовом посеве подсолнечника на фоне вспашки при использовании на удобрение соломы ячменя сбор семян в среднем за 3 года составил 2,67 т/га (см. табл.). В бинарных посевах подсолнечника с донником и люцерной его урожайность была выше, чем в одновидовом посеве, соответственно на 0,17 и 0,28 т/га. Достоверные прибавки в варианте с донником желтым отмечали в 2015–

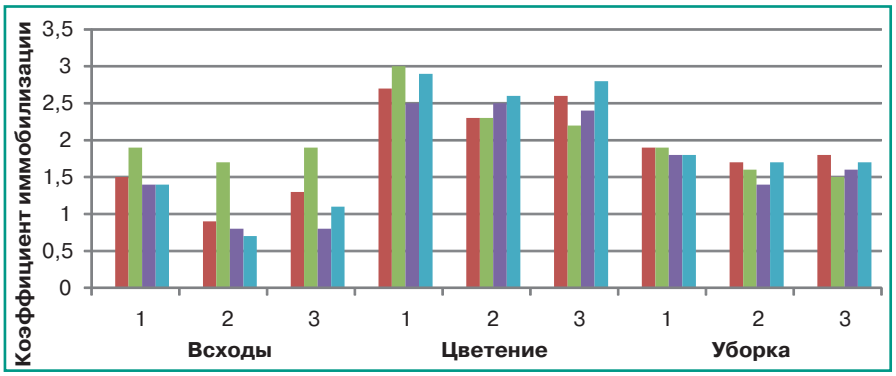


Рис. 3. *Коэффициент иммобилизации (среднее за 2014–2016 гг.): 1 – севооборот с чистым паром, 2 – севооборот с бинарным посевом донника; 3 – севооборот с бинарным посевом люцерны; ■ – пар; ■ – озимая пшеница; ■ – ячмень; ■ – подсолнечник.*

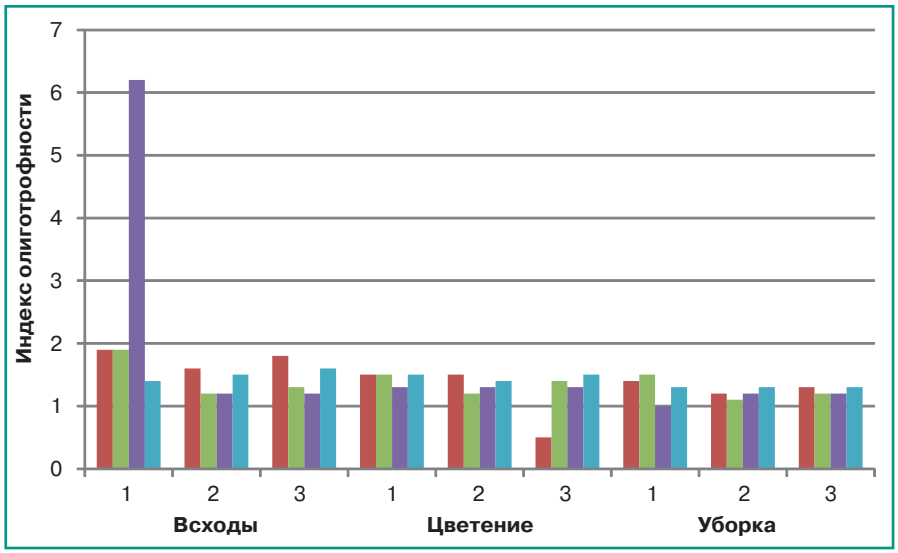


Рис. 4. Индекс олиготрофности (среднее за 2014–2016 гг.): 1 – севооборот с чистым паром, 2 – севооборот с бинарным посевом донника; 3 – севооборот с бинарным посевом люцерны; ■ – пар; ■ – озимая пшеница; ■ – ячмень; ■ – подсолнечник.

2016 гг., в бинарных посевах с люцерной синей – во все годы исследований.

Выращивание озимой пшеницы на фоне изучаемых приёмов биологизации (солома, пожнивной посев сидеральных культур, многолетние бобовые травы) приводило к достоверному снижению урожайности, по сравнению с контролем, практически во все годы, за исключением варианта с донниковым паром в 2014 г. В среднем за 3 года при размещении посевов озимой культуры по сидеральному донниковому пару она была меньше на 29,1 % (3,07 т/га), при бинарном посеве с люцерной синей – на 10,2 % (3,89 т/га).

Урожайность культур в различных звеньях севооборота, т/га

Севооборот	Культура	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Средняя
С чистым паром	подсолнечник	2,53	2,29	3,21	2,67
	озимая пшеница	3,51	4,25	5,23	4,33
С донниковым паром	подсолнечник	2,58	2,53	3,40	2,84
	озимая пшеница	3,23	3,85	4,61	3,07
С люцерновым паром	подсолнечник	2,88	2,64	3,34	2,95
	озимая пшеница	3,10	3,90	4,68	3,89
$НСР_{05}$	подсолнечник	0,09	0,10	0,12	–
	озимая пшеница	0,31	0,08	0,31	–

Таким образом, использование многолетних бобовых трав в качестве второго компонента при посеве с подсолнечником и последующем размещении в занятых парах обеспечило увеличение темпов разложения льняного полотна в сидеральном и зернотравянопропашном севооборотах, в сравнении с зернопаропропашным, в 1,5…2,0 раза.

Разложение растительных остатков озимой пшеницы и ячменя в зернопаропропашном севообороте протекало медленно. Сочетание зеленой массы сидеральных культур с соломистыми остаткамами способствовало увеличению скорости минерализации органического вещества в сидеральном и зернотравянопропашном севооборотах. Многолетние травы как бинарный компонент способствовали повышению биологической активности чернозема выщелоченного.

Урожайность подсолнечника в бинарных посевах была выше, чем в одновидовом, на 0,17…0,28 т/га. Зерновая продуктивность озимой пшеницы по сидеральному и занятому пару снижалась, по сравнению с выращиванием по чистому пару, на 1,26 и 0,44 т/га соответственно.

Литература.

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

2.Оленин О. А., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Приемы биологизации при возделывании яровой пшеницы на разных типах почв // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 41–45.

3. Плескачёв Ю. Н., Сухов А. Н., Мисюряев В. Ю. О севооборотах в Нижнем Поволжье // Земледелие. 2013. № 2. С. 3–5.

4. Люцерна изменчивая в бинарных посевах с подсолнечником и озимой пшеницей / Н. А. Зеленский, А. П. Авдеенко, А. С. Савинов и др. // Земледелие. 2008. № 7. С. 34–35.

5. Дедов А. А., Дедов А. В., Несмеянова М. А. Влияние темпов разложения растительных остатков на лабильное органическое вещество и урожайность культур севооборота // Земледелие. 2017. № 4. С. 6–9.

6. Коржов С. И., Трофимова Т. А., Маслов В. А. Оценка различных способов использования черноземов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2011. № 3. С. 27–29.

7. Практикум по земледелию / И. П. Васильев, А. М. Туликов, Г. И. Баздырев и др. М.: КолосС, 2004. 424 с.

8. Теппер Е. З., Школьникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии: учебное пособие. М.: Дрофа, 2004. 256 с.

9. Биологические основы плодородия почвы: сборник научных трудов / О. А. Берестецкий, Ю. М. Возняковская, Л. М. Доросинский и др. М.: Колос, 1984. 287 с.

10. Верзилин В. В., Коржов С. И., Придворев Н. И. Биология почв Среднерусского Черноземья (диагностика и пути решения). Воронеж: Изд-во Воронежского ГАУ, 2005. 247 с.

Biological Activity of Soil under Combined Crops

S. I. Korzhov, T. A. Trofimova, G. V. Kotov

Emperor Peter the Great Voronezh State Agrarian University, ul. Michurina, 1, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract. *Long-term use of chernozem without sufficient application of organic fertilizers led to a significant decrease in the humus content. One of the available ways to replenish the reserves of fresh organic matter in the soil is combined crops of legumes and non-legumes. The research was carried out in crop rotations: bare fallow (green manure fallow, seeded fallow), winter wheat, barley, sunflower. The second component, melilot or alfalfa, was seeded after sunflower sowing in the same rows. When sunflower had been harvested, the legumes remained in the field for the next year to form the green manure or seeded fallow. This increased the intake of plant residues into the soil, the rate of their mineralization and the microbiological activity of typical chernozem. Binary crops of sunflower with melilot and alfalfa contributed to the optimization of the main parameters of soil fertility. The decomposition of linen in the soil under such crops increased 2.1–3.2 times, compared with sunflower crops. The aftereffect of the biologization techniques was also manifested in winter wheat crops. The rate of decomposition of linen was 2.8–3.2 times higher if wheat was grown after melilot or alfalfa, in comparison with bare fallow. The highest coefficient of nitrogen immobilization was in a grain-fallow-row crop rotation during barley germination. It was 3–4 times higher than in other variants of the experiment, which indicated a sufficiently large number of hard degradable plant residues (straw) in the soil. Binary crops of sunflower with melilot and alfalfa increased the relative rate of biogenesity during flowering and harvesting by 138% and 127%, respectively, compared to the single-species sunflower crop. The highest yield of winter wheat was after bare fallow, barley and sunflower were the most productive in crop rotations with combined crops.*

Keywords: *binary crops; fertility; chernozem; biological activity of soil.*

Author Details: *S. I. Korzhov, D. Sc. (Agr.), prof. (e-mail: zemledel@agronomy.vsau.ru); T. A. Trofimova, D. Sc. (Agr.), prof.; G. V. Kotov, post graduate student.*

For citation: *Korzhov S. I., Trofimova T. A., Kotov G. V. Biological Activity of Soil under Combined Crops. Zemledelije. 2018. No. 8. Pp. 8–10 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10802.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10803
УДК 631.445.25:712

Устойчивость серой лесной почвы под разными угодьями в агроландшафте

Р. Н. УШАКОВ[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: r.ushakov1971@mail.ru)
А. В. РУЧКИНА[1], аспирант
Н. А. ГОЛОВИНА[2], ассистент
[1]Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, ул. Костычева, 1, Рязань, 390044, Российская Федерация
[2]Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, ул. Высоковольтная, 9, Рязань, 390026, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения устойчивости серой лесной почвы под полем, лугом и лесопосадкой, образующими агроландшафт. В почве определяли буферность к загрязнению, подкислению, микробиологическую активность. Устойчивость к загрязнению оценивали по максимальной адсорбции (Q_{max}) и буферной способности ($ПБС_{ТМ}$). Для расчета Q_{max} использовали уравнение Ленгмюра. $ПБС_{ТМ}$ рассчитывали по тангенсу угла наклона. Для определения емкости буферности к подкислению (ЕБ) и расчетной буферной способности ($РБС[H^+]_{водн}$) использовали метод непрерывного потенциометрического титрования. $РБС[H^+]_{водн}$ вычисляли по формуле: $РБС[H^+]_{водн} = \Delta C[H^+]/(C[H^+]_i - C[H^+]_o)$, где $\Delta C[H^+]$ – количество абсорбированных ионов водорода, $C[H^+]_i$ – равновесная концентрация в растворе после взаимодействия титранта с почвой, $C[H^+]_o$ – исходная концентрация. Подкисление имитировали добавлением кислоты из расчета $2,5 \cdot 10^{-5}$моль/л, загрязнение – путем внесения меди из расчета 30 ПДК и 50 ПДК (стрессовая нагрузка). Контроль – почва без нагрузки. Микробиологические исследования осуществляли методом посева на питательные среды. В слое почвы 0...20 см общая ЕБ под лугом составила 8,66 мМ-экв/100 г, под лесопосадкой – 3,58 мМ-экв/100 г. Величины показателя $РБС[H^+]_{водн.}$ также свидетельствуют о положительном влиянии луговой экосистемы на формирование устойчивости. Пахотная почва больше поглощала цинка (Q_{max} = 54 мМ/кг), почва под лесопосадкой – меди (Q_{max} = 179), кадмия (Q_{max} = 40) и свинца (Q_{max} = 80), почва под лугом – свинца (Q_{max} = 68 мМ/кг). На фоне подкисления разница в общей численности микроорганизмов, по сравнению с пашней ($57 \cdot 10^6$КОЕ/г), под лугом достигала 1,3 раза, лесопосадкой – 2,1 раза. В опыте с загрязнением общая численность микроорганизмов в контроле на пашне, под лугом и лесопосадкой составляла $75,4 \cdot 10^6$ КОЕ/г, $69,3 \cdot 10^6$ КОЕ/г и $81,6 \cdot 10^6$ КОЕ/г соответственно. При загрязнении почвы снижение микробиологической активности по перечисленным экосистемам составило 61...67 %, 11...26 % и 58...72 %.

Ключевые слова: *агроландшафт, устойчивость, серая лесная почва, лесополосы, луг, буферность к тяжелым металлам, подкислению, микробиологическая активность.*

Для цитирования: *Ушаков Р. Н., Ручкина А. В., Головина Н. А. Устойчивость серой лесной почвы под разными угодьями в агроландшафте // Земледелие. 2018. № 8. С. 11–13. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10803.*

Технологической основой устойчивого производства сельскохозяйственной продукции служат адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Сейчас совершенствуют теоретические положения оценки ресурсного потенциала, устойчивости и экологической емкости, нормирования антропогенной нагрузки для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Разработана система определения их устойчивости, что обеспечит проведение оценки его общей и агрономической устойчивости, а также устойчивости почвы как организующего компонента агроландшафта [1, 2]. Нарушение экологической сбалансированности агроландшафтов – одна из важных текущих проблем современного земледелия [3]. Для обеспечения их устойчивости и сохранения плодородия почв предлагают совершенствовать структуру использования пашни путем увеличения доли многолетних трав [4]. На агроландшафты должна возлагаться функция охраны почв, которую следует возвести в ранг национальной проблемы [5].

Решение вопросов повышения продуктивности агроландшафтов созвучно с проблемой их устойчивости к неблагоприятным воздействиям – подкислению и загрязнению тяжелыми металлами (ТМ). Поэтому цель исследований – изучить устойчивость серой лесной почвы под полем, лугом и лесопосадкой, входящими в единый агроландшафт.

Указанные компоненты агроландшафта на протяжении более чем 50-и лет образуют его единый комплекс с идентичным рельефом (табл. 1). В качестве показателей устойчивости использовали показатели буферности к подкислению и загрязнению, микробиологическая активность.

Устойчивость почвы к загрязнению оценивали по параметрам ионообменной адсорбции тяжелых металлов – максимальной адсорбции Q_{max} и потенциальной буферной способности ($ПБС_{ТМ}$) в области исходных концентраций катионов тяжелых металлов от 0 до 0,31 мМ/л при соотношении почва : раствор, равном 1:20 [6]. Находили точки пересечения касательной, проведенной при равновесной концентрации катионов тяжелых металлов 5 и 10 мМ/л. В этом случае $ПБС_{ТМ}$ определяется как тангенс угла наклона. Для нахождения величин Q_{max} использовали уравнение Ленгмюра.

Емкость буферности к подкислению (ЕБ) и расчетную буферную способность ($РБС[H^+]_{водн}$) определяли метод непрерывного потенциометрического титрования (НПТ) [7]. О величине ЕБ судили по количеству титранта, необходимого для изменения pH на заданную величину. Чем больше расходуется кислоты на сдвиг pH в пределах 0,5 единиц для каждого интервала, тем устойчивее почва к подкислению.

$РБС[H^+]_{водн}$ рассчитывали по формуле:

$$РБС[H^+]_{водн} = \Delta C[H^+]/(C[H^+]_i - C[H^+]_o),$$

где $\Delta C[H^+]$ – отражает количество абсорбированных катионов, $C[H^+]_i$ – равновесная концентрация в растворе после взаимодействия титранта с почвой, $C[H^+]_o$ – исходная концентрация.

$РБС[H^+]_{водн}$ служит количественной характеристикой межфазного взаимодействия. Она отражает количество поглощенных ионов водорода (фактор емкости) и активность их в растворе (фактор интенсивности). Чем больше твердая фаза поглощает ион водорода и меньше его остается в растворе, тем выше величина $РБС[H^+]_{водн}$.

Для определения устойчивости почвы к подкислению и загрязнению ТМ (на примере меди) под разными угодьями (пашня, луг, лесопосадка) подкисление моделировали путем добавления кислоты из расчета $2,5 \cdot 10^{-5}$

1. Агрохимическая характеристика серой лесной почвы под разными экосистемами в слое 0...20 см

Экосистема	$pH_{сол}$	Подвижный фосфор, мг/100 г	Обменный калий, мг/100 г	Гумус, %
Поле	5,9±0,2	26,65±0,4	22,8±0,5	2,7±0,1
Луг	5,1±0,1	18,7±1,8	16,0±1,2	2,8±0,06
Лесопосадка	5,2±0,04	6,5±1,1	22,3±0,9	5,1±0,06

2. Буферность к подкислению серой лесной почвы в зависимости от места в агроландшафте, мМ-экв/100 г

Экосистема	Слой, см	Буферность	Интервалы значений pH								Общая
			7,0...6,5	6,5...6,0	6,0...5,5	5,5...5,0	5,0...4,5	4,5...4,0	4,0...3,5	3,5...3,0	
Пашня	0-20	ЕБ	нет	нет	0,16	0,24	0,71	1,03	1,42	1.9	5,46
		РБС$[H^+]_{водн.}$	нет	нет	13,8	10,0	7,3	3,4	1,3	0,9	–
	20-30	ЕБ	нет	нет	0,24	0,24	0,71	0,95	1,42	1,58	5,14
		РБС$[H^+]_{водн.}$	нет	нет	26,2	14,2	7,0	3,4	1,90	0,3	–
Луг	0-20	ЕБ	0,16	0,31	0,63	0,79	1,16	1,50	1,26	2,85	8,66
		РБС$[H^+]_{водн.}$	157,0	101,0	75,9	37,4	18,0	15,7	3,9	1,1	–
	20-30	ЕБ	0,16	0,40	0,40	0,71	1,11	0,79	1,26	1,90	6,73
		РБС$[H^+]_{водн.}$	128,0	128,0	69,4	34,8	16,9	7,9	2,8	0,7	–
Лесопосадка	0-20	ЕБ	нет	нет	нет	нет	0,31	0,90	1,03	1,34	3,58
		РБС$[H^+]_{водн.}$	нет	нет	нет	нет	1,9	1,5	0,8	0,06	–
	20-30	ЕБ	нет	нет	нет	нет	нет	0,24	0,71	1,34	2,29
		РБС$[H^+]_{водн.}$	нет	нет	нет	нет	нет	0	0	0	–

моль/л и меди – из расчета 30 ПДК и 50 ПДК. Во всех опытах в качестве контроля использовали почву без нагрузки (фон). Высокие (стрессовые) уровни загрязнения и подкисления почвы продиктованы законом ограничения адаптивной способности организма пределами нормы его реакции к условиям окружающей среды. Влажность почвы поддерживали на уровне 30 % от сухой почвы.

Микробиологические исследования проводили методом посева на питательные среды в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрябина и в институте ФХиБПП РАН (г. Пущино).

Наибольшую буферную способность имела серая лесная почва под лугом. В слое 0...20 см общая емкость буферности (ЕБ) составила 8,66 мМ-экв/100 г, 20...30 см – 6,73 мМ-экв/100 г (табл. 2). В почве под лесопосадкой, несмотря на высокое содержание гумуса, установлены наименьшие значения ЕБ – 3,58 (0...20 см) и 2,29 мМ-экв/100 г (20...30 см). Результаты определения потенциальной буферной способности (РБС$[H^+]_{водн.}$) также свидетельствуют о положительном влиянии луговой экосистемы на формирование устойчивости почвы к подкислению.

Пахотная почва поглощала больше цинка (Q_{max} = 54 мМ/кг), почва под лесопосадкой – меди (Q_{max} = 179), кадмия (Q_{max} = 40) и свинца (Q_{max} = 80), почва под лугом – свинца (Q_{max} = 68 мМ/кг). Под лесопосадкой и лугом, по сравнению с пашней, повышалась устойчивость серой лесной почвы к кадмию и свинцу (табл. 3). По свинцу под пашней при равновесной концентрации (X) 10 мМ/л фактор емкости (Y_o) составил 23,5 мМ/л, под лугом – 15,7 мМ/л.

3. Потенциальная буферная способность и параметры уравнения Ленгмюра серой лесной почвы в зависимости от ее места в экосистеме

Экосистема	X = 5 мМ/л				X = 10 мМ/л				-ΔG, кДж/моль	Q_{max}, мМ/кг
	Y1	Q_o	Y_o	ПБС	Y1	Q_o	Y_o	ПБС		
Цинк										
Луг	37,6	30,1	20,1	1,5	41,4	36,4	72,8	0,5	16,57	46
Пашня	34,3	21,3	8,2	2,6	42,0	32,0	32,0	1,0	14,23	54
Лесопосадка	37,2	30,2	21,6	1,4	40,3	36,3	90,8	0,4	16,06	44
Медь										
Луг	40,0	18,5	4,3	4,3	53,3	34,3	18,1	1,9	12,88	80
Пашня	46,9	19,4	3,5	5,5	66,5	37,5	12,9	2,9	12,03	114
Лесопосадка	46,4	11,4	1,63	7,0	73,7	28,7	6,4	4,5	10,39	179
Кадмий										
Луг	24,9	15,4	8,1	1,9	29,7	22,7	32,5	0,7	14,65	37
Пашня	24,1	15,6	9,2	1,7	28,2	22,2	37,1	0,6	15,08	34
Лесопосадка	26,4	16,4	8,2	2,0	31,8	24,8	35,5	0,7	14,55	40
Свинец										
Луг	32,2	13,7	3,7	3,7	43,7	26,7	15,7	1,7	12,66	68
Пашня	33,9	18,4	5,9	3,1	43,6	30,6	23,5	1,3	19,94	61
Лесопосадка	45,2	23,7	5,5	4,3	57,8	40,8	24,0	1,7	19,62	80

Почва – среда обитания для микроорганизмов. Поэтому изучение их активности позволит оценить плодородие почвы. Это в особенности важно на фоне проявления таких неблагоприятных факторов, как подкисление и загрязнение [8, 9].

По сравнению с пашней, в почве под лесопосадкой численность аммонификаторов была больше на $31,4 \cdot 10^6$ КОЕ/г; общее количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, – на $25,9 \cdot 10^6$ КОЕ/г; микроскопических грибов – на $78 \cdot 10^3$ КОЕ/г, при этом целлюлозоразрушающих организмов оказалось на $86,4 \cdot 10^3$ КОЕ/г меньше (табл. 4). Дополнительная кислотная нагрузка на почву снизила значение pH почвенного раствора под всеми экосистемами. Все группы микроорганизмов, за исключением целлюлозоразрушающих актиномицетов, микроскопических грибов и денитрификаторов, отреагировали снижением численности на подкисление почвы. Количество аммонификаторов, микроорганизмов на крахмальном агаре (общее количество), нитрификаторов и аэробных азотофиксаторов в почве под лесопосадкой уменьшилось соответственно на 8; 7; 53 и 63 %, в пахотной почве – на 15, 31, 18 и 63 %

4. Численность микроорганизмов серой лесной почвы в зависимости от кислотной нагрузки под разными экосистемами

Экосистема	Добавлено кислоты, моль×10^{-5}/л	pH	Аммонификаторы	Микроорганизмы, использующие минеральный азот	Целлюлозоразрушающие бактерии	Микроскопические грибы	Нитрификаторы
			10^6 КОЕ/г		10^3 КОЕ/г		
Пашня	фон	6,0	27,3	48,7	100	150	20,3
	2,5	4,5	23,2	33,6	89,5	122	23,2
Луг	фон	7,1	53,8	43,4	61,8	89	11,3
	2,5	5,7	33,5	41,2	36,2	79	10,3
Лес	фон	4,8	58,7	74,6	13,6	228	17,6
	2,5	3,9	54,1	69,2	43,7	236	0,3

5. Численность микроорганизмов серой лесной почвы в зависимости от загрязнения под разными экосистемами

Экосистема	Добавлено меди, мг/кг	Аммонификаторы	Микроорганизмы, использующие минеральный азот	Целлюлозоразрушающие бактерии	Микроскопические грибы	Нитрификаторы
		10^6 КОЕ/г		10^3 КОЕ/г		
Пашня	Фон (контроль)	27,8	47,5	44,7	46,5	31,9
	30 ПДК	23,6	10,0	18,5	83,6	4,4
	50 ПДК	20,6	8,4	3,2	82,4	4,0
Луг	Фон (контроль)	31,1	38,1	48,9	40,0	61,6
	30 ПДК	25,6	36,1	29,7	95,9	6,9
	50 ПДК	24,1	27,4	3,6	48,8	27,8
Лес	Фон (контроль)	42,4	39,1	64,6	61,9	29,9
	30 ПДК	13,3	21,3	40,0	73,1	23,5
	50 ПДК	12,7	9,8	17,1	103	2,6

соответственно. Кроме того, в почве пашни уменьшилась численность целлюлозоразрушающих организмов (на 17 %).

При дополнительной кислотной нагрузке общая численность микроорганизмов под пашней составила $57 \cdot 10^6$ КОЕ/г, под лугом – $75 \cdot 10^6$ КОЕ/г, лесопосадкой – $123 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Таким образом, на основе биодиагностики можно заключить, что серая лесная почва под лесными и луговыми компонентами агроландшафта более устойчива к подкислению.

В пахотной почве при дозе меди, соответствующей 30…50 ПДК, резко сократилась численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на 78…82 %), целлюлозоразрушающих и нитрифицирующих бактерий (соответственно на 58…93 % и 55…89 %). Общая численность микроорганизмов в контролях на пашне, под лугом и лесопосадкой составляла $75{,}4 \cdot 10^6$ КОЕ/г, $69{,}3 \cdot 10^6$ КОЕ/г и $81{,}6 \cdot 10^6$ КОЕ/г соответственно. При загрязнении почвы снижение микробиологической активности под пашней составило 61…67 %, лугом – 11…26 %, лесопосадкой – 58…72 % (табл. 5). По-видимому, ингибирование активности почвенной микрофлорой под лесопосадкой объясняется высокой кислотностью почвы, на фоне которой возрастает активность тяжелых металлов.

Результаты наших исследований еще раз подтверждают необходимость совершенствования инфраструктуры агроландшафтов для обеспечения их устойчивости в долгосрочной перспективе вопреки давлению экономической конъюнктуры над аграрным производством.

На основании результатов исследования можно сделать следующие выводы:

в луговой экосистеме складываются наилучшие условия для увеличения устойчивости серой лесной почвы к подкислению;

биодиагностика указывает на повышение устойчивости серой лесной почвы и агроландшафта в целом при увеличении доли лугового компонента.

Литература.

1. К усовершенствованию теоретических основ формирования экологически сбалансированных агроландшафтов / Н. П. Масютенко, Н. А. Чуян, А. В. Кузнецов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 8. С. 10–14.

2. Trofimov A. P., Trofimova L. S., E. P. Yakovleva Development of the Systematic Approach to Studying Agricultural Land and Agrolandscape Management // Biology Bulletin. 2017. No. 10. Pp. 1308–1315.

3. Пыхтин И. Г., Дубовик Д. В., Айдиев А. Я. Текущие проблемы в земледелии // Земледелие. 2018. № 5. С. 8–11.

4. Проблемы земледелия и управления агроландшафтами / И. А. Трофимов, В. М. Косолапов, Л. С. Трофимова и др. // Земледелие. 2014. № 7. С. 3–5.

5. Каштанов А. Н. Охрана почв – важнейшая национальная проблема // Земледелие. 2007. № 4. С. 10–11.

6. Водяницкий, Ю. Н., Фрид А. С., Шаймухаметов М. Ш. Применение уравнений Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича для описания изотерм адсорбции ортофосфатов почвами // Агрохимия. 1998. № 7. С. 27–34.

7. Соколова Т. А. Взаимодействие лесных суглинистых подзолистых с модельными кислыми осадками и кислотно-основная буферность подзолистых почв. М.: Изд-во МГУ, 2001. 208 с.

8. Influence of metal contamination in soil on metabolic profiles of Miscanthus x gigante usbelowground parts and associated bacterial communities / H. N. Pham, P. A. Pham, T. T. H. Nguyen, etc. // Applied Soil Ecology. 2018. Vol. 125. Pp. 240–249.

9. Susceptibility to additional stressors in metal-tolerant soil microbial communities from two pollution gradients / H. Azarbad, N. M. van Straalen, R. Laskowski, etc. // Applied Soil Ecology. 2016. Vol. 98. Pp. 233–242.

Sustainability of Gray Forest Soil under Different Types of Land in Agrolandscapes

R. N. Ushakov[1], A. V. Ruchkina[1], N. A. Golovina[2]

[1]P. A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University, ul. Kostycheva, 1, Ryazan', 390044, Russian Federation

[2]I. P. Pavlov Ryazan State Medical University, ul. Vysokovol'tnaya, 9, Ryazan', 390026, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the research was to study the sustainability of gray forest soil under field, meadow and forest plantation, forming an agricultural landscape. Buffer capacity for acidification and pollution and microbiological activity were determined in the soil. Soil resistance to pollution was assessed by the maximum adsorption Qmax and the buffer capacity to heavy metal SBC(HM). Buffering capacity was calculated by the slope tangent. To calculate Qmax, the Langmuir equation was used. To determine the buffer capacity for acidification BC and the calculated buffer capacity CBC[H+]aq, the method of continuous potentiometric titration was used. CBC[H+]aq was calculated by the formula: CBC[H+]aq = deltaC[H+] / (C[H+]i – C[H+]o), where deltaC [H+] was the number of absorbed hydrogen ions, C[H+]i was the equilibrium concentration in solution after the interaction of the titrant with the soil, C[H+]o was the initial concentration. The acidification was modeled by adding acid at the rate of 2.5x10E-5 mol/L; the pollution was simulated by addition of copper at the rate of 30 maximum permissible concentration (MPC) and 50 MPC (the stress load). In all experiments, the soil without load was a control. Microbiological studies were carried out by inoculation on nutrient media. In the 0–20 cm layer, the total BC was 8.66 mM-eq/100 g, under the forest plantation it was 3.58 mM-eq/100 g. The values of CBC[H+]aq also indicated a positive effect of the meadow ecosystem on the maintenance of soil sustainability. The arable soil absorbed more zinc (Qmax = 54 mM/kg), the soil under forest plantations absorbed more copper (Qmax = 179 mM/kg), cadmium (Qmax = 40 mM/kg) and lead (Qmax = 80 mM/kg), the soil under meadow absorbed more lead (Qmax = 68 mM/kg). Against the background of acidification, the difference in the total number of microorganisms in comparison with the arable land (57 x 10E6 CFU/g) under the meadow was 1.3 times, and under forest plantations it was 2.1 times. In the test pollution, the total number of microorganisms in the control in the arable land, under meadow and forest plantations was 75.4 x 10E6 CFU/g, 69.3 x 10E6 CFU/g and 81.6 x 10E6 CFU/g, respectively. With soil contamination, the decrease in microbiological activity for the same ecosystems was 61–67%, 11–26% and 58–72%.*

Keywords: *agricultural landscape; sustainability; gray forest soil; tree belt areas; meadow; buffer capacity for heavy metals and acidification; microbiological activity.*

Author Details: *R. N. Ushakov, D. Sc. (Agr.), prof. (e-mail: r.ushakov1971@mail.ru); A. V. Ruchkina, post graduate student; N. A. Golovina, assist.*

For citation: *Ushakov R. N., Ruchkina A. V., Golovina N. A. Sustainability of Gray Forest Soil under Different Types of Land in Agrolandscapes. Zemledelije. 2018. No. 8. Pp. 11–13 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10803.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10804
УДК 631.445.4:631.417.2

Изменение показателей состояния органического вещества и физических свойств чернозема южного при переходе от традиционной к нулевой обработке

Б. А. БОРИСОВ[1], доктор биологических наук, декан (e-mail: borisov@rgau-msha.ru)
Р. Ф. БАЙБЕКОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, первый заместитель генерального директора
Д. О. РОГОЖИН[1], аспирант
О. Е. ЕФИМОВ[1],кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[1]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт химических средств защиты растений, ул. Угрешская, 31, Москва, 115088, Российская Федерация

Сравнивали изменения показателей почвенного плодородия в результате перехода от традиционной обработки почвы к технологии No-till. Для этого в Новоаннинском районе Волгоградской области разделили на две части поле с однородным почвенным покровом, представленным одной почвенной разностью (чернозем южный среднемощный среднесуглинистый на лессовидном суглинке освоенный) и в течение 5 лет возделывали зерновые культуры при традиционной обработке почвы (с оборотом пласта) и при технологии No-till («нулевой обработке»). Отбор образцов осуществляли в пятикратной повторности с двух площадок размером 50×50 м. Содержание углерода гумуса определяли по методу Тюрина в модификации Симакова, состав гумуса – по методу Кононовой-Бельчиковой, содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) – по методике отделения ЛОВ от минеральной части почвы и стабильных гумусовых веществ с помощью тяжелой жидкости плотностью 1,8 г/см^3 (концентрированный раствор иодида натрия), а для более тонкого препаративного отделения проводили повторную флотацию в тяжелой жидкости с плотностью 1,6 г/см^3. Степень гумификации ЛОВ определяли как процентное отношение С в 0,1 н NaOH вытяжке из ЛОВ к С ЛОВ. Для характеристики физического состояния исследуемых почв определяли плотность (в поле с ненарушенным сложением) и плотность твердой фазы (пикнометрическим методом), агрегатный состав и содержание водопрочных агрегатов (по Н.И. Савинову), рассчитывали общую пористость и коэффициент структурности. При переходе к нулевой обработке наблюдали достоверное повышение содержания лабильного органического вещества на 0,17 % от массы почвы, а также тенденцию к увеличению содержания гумуса на 0,18 % и гуминовых кислот в его составе (на 0,22 % по углероду). Отмечено некоторое снижение плотности (на 0,08 г/см^3) и плотности твердой фазы почвы (на 0,09...0,11 г/см^3), а также увеличение содержания агрономически ценных (на 9,3 %) и водопрочных (на 10,9 %) агрегатов.

Ключевые слова: *чернозем южный, отвальная обработка почвы, нулевая обработка почвы, физические свойства почвы, органическое вещество, гумус.*

Для цитирования: *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. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10804.*

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства наблюдается отчетливая тенденция к минимизации обработки почвы [1]. Крайняя ее степень – прямой посев или технология «нулевой обработки» (No-till), которая состоит в том, что семена высевают в почву, необработанную после уборки предшествующей культуры [2]. В последние годы в России происходит ее активное распространение, поскольку это позволяет в значительной мере снизить затраты на проведение механической обработки почвы. Однако нужно учитывать, что использование такой технологии может вести к усилению развития сорной растительности и появлению дополнительных расходов на применение химических средств защиты растений. Известно, что при постоянном использовании отвальной обработки (с оборотом пласта) происходит активная минерализация органического вещества почвы, разрушается почвенная структура, почва сильно распыляется, становится менее устойчивой как к водной эрозии, так и к дефляции [3, 4, 5]. Кроме того, при преимущественном возделывании культур с невысоким количеством послеуборочных остатков и при недостаточном внесении органических удобрений (то есть при низком уровне поступления в почву свежего органического вещества), наступает состояние выпаханности [6]. Его характеризует ухудшение показателей плодородия почвы [7] (снижается содержание гумуса, разрушаются структурные агрегаты, из-за дефицита новообразованного гумуса не происходит полноценного возобновления структуры, в результате чего развивается переуплотнение и ухудшение водно-воздушных свойств). Это касается как высокоокультуренных, так и неокультуренных почв, имеющих как высокое, так и низкое содержание гумуса. Выпаханность – начальная стадия деградации почвенного плодородия. В связи со значительным сокращением минерализации органических остатков в условиях использования технологии No-till [8], можно предположить снижение выпаханности почв. Преимущества нулевой обработки – энергоресурсосбережение, защита почвы от эрозии, дополнительное снегонакопление, сохранение влаги, снижение темпов минерализации органического вещества, сокращение потерь минерального азота, мульчирующий эффект, улучшение сложения почвы, перспективы экологизации. Недостатки – ухудшение фитосанитарной ситуации, необходимость применения гербицидов, усиление дефицита минерального азота, ограничения при повышенном увлажнении, солонцеватости и переуплотнении почв, дифференциация пахотного слоя, невозможность внесения органических удобрений и мелиорантов [2].

Изменения свойств почв, происходящие в результате освоения технологии нулевой обработки изучены недостаточно. При ее использовании изменяются условия поступления и трансформации органического вещества, а также физические свойства почв. Эта технология способствует как увеличению поступления органических остатков в почву, так и снижению минерализации органического вещества вследствие отсутствия механических обработок. Поэтому можно предположить, что при освоении прямого посева в первую очередь будет увеличиваться содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ). Н. Ф. Ганжара и Б. А. Борисов [6, 9] относят к легкоразлагаемому органическому веществу группу лабильных соединений, включающую неразложившиеся

1. Содержание и состав гумуса в исследуемой почве при традиционной и нулевой обработке

Вариант	Глубина, см	Содержание гумуса	$C_{общ}$	$C_{гк}$	$C_{фк}$	$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$
		%				
Традиционная обработка	0…10	5,21	3,03	1,22	0,58	2,1
	10…20	5,22	3,01	1,25	0,60	2,1
No-till	0…10	5,39	3,13	1,44	0,62	2,3
	10…20	5,20	3,02	1,26	0,61	2,1
$НСР_{05}$		0,24	0,14		–	

органические остатки растительного и животного происхождения, детрит, низко- и среднемолекулярные углеводы, аминокислоты, пептиды и другие неспецифические вещества, новообразованные гумусовые кислоты, гуминовые и фульвокислоты, непрочно связанные с минеральной частью почвы.

Цель исследований – изучение изменений некоторых агрономически значимых показателей состояния органического вещества, агрегатного состояния и физических свойств чернозема южного при переходе от традиционной технологии с оборотом пласта к технологии No-till для сравнительной оценки влияния этих технологий на почвенное плодородие.

Объектом исследований был чернозем южный среднемощный среднесуглинистый на лессовидном суглинке освоенный Новоаннинского района Волгоградской области. Содержание гумуса в пахотном горизонте – 5,2...5,4 %, pH водной суспензии – 7,2, содержание подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) – 96 мг/кг и 114 мг/кг соответственно. Разделив на две части поле с однородным почвенным покровом, представленным данной почвенной разностью, в хозяйстве в течение 5 лет осуществляли традиционную (с оборотом пласта) и нулевую обработку почвы при выращивании зерновых культур. Отбор образцов проводили в пятикратной повторности с двух площадок размером 50×50 м.

Лабораторные анализы выполняли по общепринятым методикам [10]: содержание углерода гумуса – по методу Тюрина в модификации Симакова, состав гумуса – по методу Кононовой-Бельчиковой, содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) – по методике отделения ЛОВ от минеральной части почвы и стабильных гумусовых веществ с помощью тяжелой жидкости плотностью 1,8 г/см^3 (концентрированный раствор иодида натрия), а для более тонкого препаративного отделения проводили повторную флотацию в тяжелой жидкости с плотностью 1,6 г/см^3 по Ганжаре и Борисову [6], Степень гумификации ЛОВ определяли как процентное отношение С в 0,1 н NaOH вытяжке из ЛОВ к С ЛОВ. Для характеристики физического состояния исследуемых почв измеряли плотность (в поле с ненарушенным сложением) и плотность твердой фазы (пикнометрическим методом), рассчитывали общую пористость, определяли агрегатный состав и содержание водопрочных агрегатов (по Н. И. Савинову), рассчитывали коэффициент структурности.

2. Содержание, запасы и степень гумификации легкоразлагаемого органического вещества в исследуемой почве при традиционной обработке и при использовании технологии No-till

Вариант	Глубина	Содержание ЛОВ, %	Запасы ЛОВ, т/га	Степень гумификации ЛОВ, %
Традиционная обработка	0...10	0,28	6,9	7,6
	10...20	0,25		7,6
No-till	0...10	0,45	9,1	8,5
	10...20	0,27		7,4
$НСР_{05}$		0,11	–	–

При традиционной обработке с оборотом пласта существенных различий по содержанию гумуса в слоях 0...10 см и 10...20 см не отмечали, поскольку они представляют собой единый пахотный горизонт, который постоянно гомогенизируется в результате вспашки (табл. 1).

После 5 лет нулевой обработки содержание гумуса в слое 10...20 см осталось на том же уровне, как в пахотном слое при традиционной вспашке, а в слое 0...10 см наметилась тенденция к повышению его содержания, по сравнению с пахотным горизонтом при традиционной вспашке, на 0,18 %, хотя различия пока недостоверны. Также при использовании технологии No-till проявилась тенденция к повышению содержания гуминовых кислот (на 0,22 % по углероду) и к расширению соотношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк}$ к $C_{фк}$) в слое почвы 0...10 см, по сравнению с пахотным горизонтом, обрабатываемым с оборотом пласта, на 0,2. Отмеченные различия, по-видимому, связаны с тем, что при технологии No till основное количество послеуборочных остатков накапливается в верхнем слое, вследствие чего происходит постепенное его обогащение органическим веществом.

Результаты анализа показателей содержания, запасов и степени гумификации легкоразлагаемого органического вещества свидетельствуют, что при традиционной обработке почв в слое 0...10 см содержание ЛОВ было выше, чем в слое 10...20 см, на 0,3 %, при этом разница была недостоверной (табл. 2). Большее содержание ЛОВ в верхнем слое, по-видимому, связано с повышенным количеством корневых остатков в период отбора образцов. В почве участка, на котором в течение 5 лет использовали нулевую технологию, отмечено достоверное увеличение содержания ЛОВ в верхнем слое 0...10 см, по сравнению как со слоем 10...20 см (на 0,18 %), так и с пахотным горизонтом почвы, используемой по традиционной технологии (на 0,17 %).

В результате использования технологии нулевой обработки запасы ЛОВ в слое почвы 0...20 см возросли, по сравнению с отвальной вспашкой, на 2,2 т/га. Также проявилась тенденция к увеличению степени гумификации ЛОВ при переходе от традиционной к нулевой обработке в слое 0...10 см – содержание гумусовых веществ в составе ЛОВ повысилось на 0,9 %.

При обеих исследованных технологиях чернозем южный характеризовался благоприятными для зерновых культур величинами плотности (табл. 3). В слоях 0...10 см и 10...20 см при вспашке она была примерно одинаковой, а при нулевой обработке верхний слой 0...10 см отличался от слоя 10...20 см достоверно меньшей плотностью (на 0,18 г/см^3). По-видимому, это связано с преимущественным накоплением в верхнем слое растительных остатков. Несмотря на отсутствие обработки в

3. Плотность, плотность твердой фазы и общая пористость в черноземе южном при традиционной и нулевой обработке (среднее из 5 повторностей)

Вариант	Глубина	Плотность, г/см^3	Плотность твердой фазы, г/см^3	Общая пористость, %
Традиционная обработка	0...10	1,27	2,58	50,8
	10...20	1,31	2,59	49,4
No-till	0...10	1,19	2,49	52,2
	10...20	1,37	2,61	47,5
$НСР_{05}$		0,09	0,12	–

4. Агрегатный состав исследуемых почв, % от массы сухой почвы

Вариант	Содержание агрегатов размером, мм											
	сухое просеивание						мокрое просеивание					
	более 10	10...5	5...3	3...1	1,0... 0,25	менее 0,25	более 3	3...2	2...1	1... 0,5	0,5... 0,25	менее 0,25
Традиционная обработка	23,6	17,9	5,9	18,5	13,8	20,3	5,2	1,5	3,4	6,3	27,7	55,9
No-till	16,4	10,2	15,3	21,9	18,0	18,2	5,4	5,8	14,5	12,8	16,5	45,0

течение 5 лет плотность верхнего слоя почвы при нулевой обработке была ниже, чем при вспашке, на 0,08 г/см^3, хотя различия оставались недостоверными.

Плотность твердой фазы почвы, обрабатываемой по традиционной технологии в слоях 0...10 и 10...20 см, а также при нулевой обработке в слое 10...20 см была примерно одинаковой – 2,58...2,61 г/см^3, а в слое 0...10 см при нулевой обработке была заметно ниже (на 0,09...0,11 г/см^3), что также объясняется, по-видимому, высоким содержанием растительных остатков в этом слое.

Общая пористость в вариантах с различной обработкой и в разных слоях почвы характеризовалась близкими величинами. При нулевой обработке в слое 0...10 см она была несколько выше (на 1,4 %), а в слое 10...20 см несколько ниже (на 3,3 %), чем в пахотном горизонте при традиционной обработке. При этом следует отметить, что во всех исследованных почвах общая пористость находилась ниже оптимального интервала (55...65 %).

Агрегатное состояние чернозема южного в результате перехода к технологии No-till, по сравнению с традиционной обработкой, стало более благоприятным: содержание агрономически ценных агрегатов (0,25...10 мм) увеличилось на 9,3 %.

Использование нулевой обработки в течение 5 лет способствовало некоторому увеличению количества водопрочных агрегатов. Содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм при технологии No-till увеличилось, по сравнению с традиционной технологией, на 10,9 %.

Проведенное сравнительное исследование показало, что через 5 лет после перехода от традиционной обработки с оборотом пласта к нулевой обработке чернозема южного достоверно возросло содержание лабильного органического вещества, на 0,17 % от массы почвы, а также отмечена тенденция к увеличению содержания гумуса на 0,18 % и гуминовых кислот в его составе (на 0,22 % по углероду). Кроме того, отмечено некоторое снижение плотности (на 0,08 г/см^3) и плотности твердой фазы (на 0,09...0,11 г/см^3) почвы, при одновременном увеличении содержания агрономически ценных (на 9,3 %) и водопрочных (на 10,9 %) агрегатов.

Литература.

1. Шарков И. Н., Самохвалова Л. М., Мишина П. В. Изменение органического вещества чернозема выщелоченного при минимизации обработки в лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. 2016. № 7. С. 892–899.
2. Кирюшин В. И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия // Земледелие. 2006. № 5. С. 12–14.
3. Деградация и охрана почв / под ред. Г. В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
4. Крупенников И. А. Типизация антропогенных процессов деградации черноземов // Почвоведение. 2005. № 12. С. 1509–1517.
5. Кирюшин В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: КолосС, 2011. 443 с.
6. Борисов Б. А., Ганжара Н. Ф. Органическое вещество почв (генетическая и агрономическая оценка). М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 214 с.
7. Таразанова Т. В., Борисов Б. А. Степень выпаханности почв зонального ряда и их агрегатное состояние // Почвы – национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов РАН: в 2-х кн. Новосибирск: Наука-Центр, 2004. Кн. 2. С. 267.
8. Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. 687 с.
9. Состояние органического вещества и соединений азота черноземов выщелоченных в зависимости от способов возделывания культур / Н. Ф. Ганжара, В. В. Верзилин, Р. Ф. Байбеков и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2005. № 3. С. 1–13.
10. Практикум по почвоведению / под редакцией И. С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.

Changes in Indicators of Organic Matter State and Physical Properties of Southern Chernozem during the Transition from Traditional to Zero Treatment

B. A. Borisov[1], R. F. Baibekov[2], D. O. Rogozhin[1], O. E. Efimov[1]

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

[2]All-Russian Research Institute of Chemical Means of Plant Protection, ul. Ugreshskaya, 31, Moskva, 115088, Russian Federation

Abstract. *The experiment was carried out in Novoanninsky district of Volgograd region. The aim of the research was a comparative assessment of changes in soil fertility as a result of the transition from traditional tillage to no-till technology. The field with a uniform soil cover, represented by one soil phase (southern chernozem, medium thick, medium loamy on loess-like loam, cultivated) was divided into two parts. Cereals were cultivated during 5 years according to the traditional technology (with soil overturning) and to no-till technology (zero treatment). Sampling was carried out in fivefold replication from two sites with a size of 50 x 50 m. Laboratory analyzes were performed according to generally accepted methods: humus carbon content was determined according to the Tyurin method modified by Simakov; humus composition – according to the Kononova-Belchikova method; easily decomposable organic matter (EOM) content – according to the EOM separation method from the mineral part of soil and stable humus substances using heavy liquid with a density of 1.8 g/cm3 (concentrated solution of sodium iodide); and for a thinner preparative separation repeated flotation was carried out in a heavy liquid with a density of 1.6 g/cm3. The degree of humification of EOM was also determined. To characterize the physical state of the studied soils, it was determined the density in a field with undisturbed composition and the density of the solid phase (by the pycnometric method), the total porosity was calculated, the aggregate composition and the content of water-stable aggregates were determined (according to Savinov method), the coefficient of structural properties was calculated. During the transition to zero treatment, a significant increase in the content of labile organic matter was observed by 0.17% from weight of the soil, as well as a tendency to an increase in the content of humus by 0.18% and humic acids in its composition (by 0.22% by carbon) was revealed. There was a slight decrease in the density (by 0.08 g/cm3) and density of the solid phase of the soil (by 0.09–0.11 g/cm3), as well as an increase in the content of the agronomically valuable (by 9.3%) and water-resistant (by 10.9%) aggregates.*

Keywords: *southern chernozem; moldboard soil tillage; zero tillage; physical properties of soil; organic matter; humus.*

Author Details: *B. A. Borisov, D. Sc. (Biol.), dean (e-mail: borisov@rgau-msha.ru); R. F. Baibekov, D. Sc. (Agr.), first deputy general director; D. O. Rogozhin, post graduate student; O. E. Efimov, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof.*

For citation: *Borisov B. A., Baibekov R. F., Rogozhin D. O., Efimov O. E. Changes in Indicators of Organic Matter State and Physical Properties of Southern Chernozem during the Transition from Traditional to Zero Treatment. Zemledelije. 2018. No. 8. Pp. 14–16 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10804.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10805
УДК 635.21:633.14:631.563

Защита картофеля в период хранения

В. Н. ЗЕЙРУК, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией (e-mail: vzeyruk@mail.ru)
О. В. АБАШКИН, зав. лабораторией
С. В. ВАСИЛЬЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Д. В. АБРОСИМОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
К. А. ПШЕЧЕНКОВ, доктор технических наук, главный научный сотрудник
Г. Л. БЕЛОВ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Возросшие в последние годы экологические требования к производству сельскохозяйственной продукции предполагают поиск новых средств защиты картофеля, в том числе в период хранения. В работе приведены результаты изучения биологической и экономической эффективности осеннего протравливания семенного картофеля химическими, биологическими препаратами и агрохимикатами. Перед закладкой на хранение клубни обрабатывали химическим препаратом Максим или шашками Вист (эталоны). В других вариантах испытывали следующие биологические препараты и агрохимикаты: Картофин и Силиплант (по отдельности и совместно), а также Зерокс и Фармайод. Опыт закладывали в хранилище навального типа на экспериментальной базе «Ильинское» в Домодедовском районе Московской области. По результатам исследований эффективность биопрепаратов несколько уступала химическим Максим и Вист (27,2 % и 21,9 % соответственно). Наибольшая эффективность среди биологических препаратов обеспечило совместное применение Картофина и Силипланта – 16,2 %, немного хуже были результаты в варианте с Картофином – 15,7 %. Осеннее протравливание картофеля повышало выход здоровых клубней на 10,3...11,8 %, по сравнению с контролем, что незначительно, но уступало эффективности химических препаратов, обеспечивших рост величины этого показателя на 13,0...13,2 %. Применение химических и биологических препаратов позволило снизить общие потери при хранении на 3,6...7,3 %, главным образом, благодаря уменьшению естественной убыли массы и потерь на ростки. По величине этого показателя также наиболее эффективными были химические эталоны (снижение на 7,3 % от Максима и на 5,7 % от Виста, по сравнению с контролем), при использовании биопрепаратов величина этого показателя была на 1,4...2,8 % ниже. Экономический эффект химических препаратов составлял 1,95...2,1 тыс. руб./т, а биопрепаратов и агрохимикатов – 1,0...1,6 тыс. руб./т. Рентабельность осеннего протравливания клубней картофеля находилась в пределах 125...217 %.

Ключевые слова: *картофель (Solanum tuberosum L.), защита, хранение, болезни, потери, препараты, биологическая и экономическая эффективность.*

Для цитирования: *Защита картофеля в период хранения / В. Н. Зейрук, О. В. Абашкин, С. В. Васильева и др. // Земледелие. 2018. №8. С. 17–19. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10805.*

Эффективность хранения картофеля зависит от множества факторов: метеоусловий, качества семян, сорта, удобрений, технологии выращивания, уборки, послеуборочной доработки клубней, способа загрузки в хранилище, конструкции хранилища, вентиляции, системы контроля и управления температурно-влажностными режимами и др. [1].

Во время хранения картофель очень восприимчив к патогенам. При этом возникновение малейшего очага инфекции несет угрозу всему закрому. Ситуация усугубляется отсутствием у подавляющего большинства сортов картофеля устойчивости к болезням при хранении.

Основная причина гибели клубней в период хранения, снижения качества семенного и продовольственного картофеля – грибные и бактериальные заболевания. Наибольшие потери и ухудшение товарных качеств возможны при поражении клубней возбудителями фитофтороза, фомоза, сухой фузариозной гнили, кольцевой и мокрой гнили.

Успешно противодействовать отрицательному влиянию гнилей при хранении можно только соблюдая комплекс мероприятий (агротехнических, химических и фитосанитарных), охватывающих все этапы возделывания картофеля – от подготовки семенного материала до хранения. Он должен включать защитные мероприятия против болезней и вредителей, развивающихся в период вегетации, так как проявление их на клубнях способствует развитию гнилей в период хранения. Центральное место среди этих мероприятий сегодня занимает химический метод защиты. Однако он не всегда дает высокий эффект в борьбе с гнилями. Сейчас актуальна разработка системы мероприятий, снижающих пестицидную нагрузку на агробиоценоз. В этом плане особую актуальность приобретают исследования новых технологий и препаратов по защите заложенной на хранение продукции [2, 3, 4].

Цель наших исследований – определить биологическую и экономическую эффективность осеннего протравливания семенного картофеля химическими, биологическими препаратами и агрохимикатами в период хранения.

Работу проводилди на экспериментальной базе ФГБНУ ВНИИКХ «Ильинское» в Домодедовском районе Московской области. Хранилище навального типа с высотой насыпи 3 м, в котором были установлены энергосберегающие вентиляторы серии ЕС с регулируемым числом оборотов в зависимости от периода хранения и состояния картофеля в насыпи, рециркуляционные, впускные и вытяжные вентиляторы жалюзийного типа.

Для закладки опыта использовали клубни среднеспелого сорта Колобок. Все опытные образцы (обработанные и необработанные клубни) массой 5 кг помещали в сетки, закладывали в насыпь картофеля на глубину 0,4...0,5 м и хранили с сентября по май месяц. Повторность – 4-кратная.

Схема опыта включала изучение следующих вариантов:

1. Без обработки (контроль 1);
2. Вода, 10 л/т (контроль 2);
3. Максим, КС, 0,2 л/т (эталон)
4. Вист, 10,0 г/т (эталон-фумигация)
5. Картофин, 7,5 г/т

1. Пораженность клубней картофеля болезнями в конце хранения

Вариант	Здоровые клубни, %	Поражено клубней, %				Биологическая эффективность, %
		всего	парша обыкновенная	ризоктониоз	сухая гниль	
1	72,0	28,0	2,0	12,0	14,0	0,0
2	73,8	26,2	2,3	11,9	12,0	0,0
3	85,2	14,8	1,1	6,4	7,3	27,2
4	85,0	15,0	1,5	6,0	7,5	21,9
5	82,7	17,3	0,8	7,9	8,6	15,7
6	82,3	17,7	1,2	8,6	7,9	12,0
7	83,8	16,2	0,7	7,4	8,1	16,2
8	75,1	24,9	1,6	11,7	11,6	7,3
9	83,7	16,3	1,2	7,3	7,8	12,6

6. Силиплант, 30 мл/т

7. Силиплант, 30 мл/т + Картофин, 7,5 г/т

8. Зерокс, 30 мл/т

9. Фармайод, 100 мл/т

Картофин – получен путем микробиологического синтеза на основе культуры *Bacillus subtilis,* штамм И5-12/23. Действующим началом препарата служат живые споры и комплекс антибиотиков, выделяемых бактерией. Предназначен для борьбы с бактериальными и грибными инфекциями картофеля.

Силиплант – новый кремнийсодержащий препарат, в состав которого, помимо кремния и калия (13...21 мг/л), входят в легко доступной для растений хелатной форме микроэлементы (г/л): Fe – 0,44...0,54; Mg – 0,12,..0,13; Cu – 0,09...0,27; Zn – 0,74...0,87; Mn – 0,32...0,37; Mo – 0,06...0,07; Co – 0,020-0,024; B – 0,094...0,112.

Фармайод, ГР (100 г/л йод – I_2) – дезинфицирующее, противовирусное средство с бактерицидным и фунгицидным эффектом.

Зерокс – контактный фунгицид и бактерицид широкого спектра действия, действующим веществом которого выступают частицы наноразмерного серебра, специальным образом модифицированные биоразлагаемым и абсолютно безопасным поверхностно-активным веществом.

Оценку эффективности изучаемых препаратов проводили по следующим показателям:

распространенность основных гнилей клубней при хранении по счету и по массе – согласно ГОСТ 33996-2016 [8];

биологическую эффективность рассчитывали по формуле $Э_б = 100(a-в)/a$, где $Э_б$ – биологическая эффективность, %; *а* и *в* – соответственно показатели средней пораженности клубней картофеля в контроле и в обработанном варианте;

убыль массы по показателям абсолютная гниль, технические отходы, естественная убыль – согласно «Технологии хранения картофеля» [1];

экономическая эффективность.

Статистическую обработку результатов опыта проводили методом дисперсионного анализа [9].

Учет поражения перед обработкой препаратами показал, что общее количество больных клубней составляло 24,3 %, из них паршой обыкновенной было поражено 2,5 %, ризоктониозом – 3,6 %, сухой гнилью – 14,7 %. Поражений бактериозами не отмечено.

2. Потери урожая картофеля после осеннего протравливания клубней

Вариант	Потери, %				
	всего	абсолютная гниль	технический отход	естественная убыль массы	ростки
1	18,2	0,3	3,9	9,2	4,8
2	19,1	0,2	3,3	11,8	3,8
3	11,8	0,4	2,9	7,4	1,1
4	12,5	0,2	4,1	7,0	1,2
5	13,2	0,4	3,5	7,8	1,5
6	14,3	0,2	5,2	7,6	1,3
7	13,3	0,6	4,6	6,8	1,3
8	14,6	0,3	4,1	8,7	1,5
9	13,9	0,3	4,7	7,5	1,4
$НСР_{05}$	3,1	0,14	1,15		

Результаты фитопатологического анализа, проведенного весной, после длительного хранения, показали, что обработка клубней всеми изучаемыми химическими и биологическими препаратами уменьшала пораженность клубней картофеля болезнями (табл. 1) и сокращала потери урожая (табл. 2), по сравнению с контрольными вариантами.

Так, количество больных клубней при применении фунгицида Максим уменьшилось на 11,4 %. Фунгицид-фумигант Вист по своей эффективности практически не уступал Максиму. Число здоровых клубней в результате его применения достигало 85,0 % (см. табл. 1). Соответственно, потери по массе клубней в этих вариантах составили 11,8 % и 12,5 % (см. табл. 2). Естественная убыль массы в этих вариантах находилась практически на одном уровне – 7,4 и 7,0 %, а биологическая эффективность – 27,2 и 21,9 %.

Эффективность биологических препаратов Картофин, Силиплант и Фармайод была ниже, чем химических. Однако, по сравнению с контролем, выход здоровых клубней от их действия увеличился на 10,3...11,8 %. Минимальная биологическая эффективность отмечена в варианте с препаратом Зерокс – 7,3 %.

Потери клубней по массе при использовании биологических препаратов достигали 3,8...5,0 %. Биологическая эффективность изучаемых биопрепаратов и агрохимикатов находилась на уровне 7,3....16,2 % и уступала химическим на 14,6... 19,9 %. Естественная убыль массы в этих вариантах была ниже, чем в контроле на 0,5...2,4 %. Масса ростков уменьшилась, по сравнению с контрольными вариантами, на 3,3... 3,5 % и находилась на одном уровне с эталонами.

Более высокий экономический эффект обеспечили химические препараты. Условный доход в вариантах с шашками Вист и фунгицидом Максим составил 1,95...2,10 тыс. руб./т, а в вариантах с агрохимикатом и биопрепаратами – 1,00...1,60 тыс. руб./т, при уровне рентабельности соответственно

3. Экономическая эффективность осеннего протравливания препаратами клубней сорта картофеля Колобок (в расчете на 1 т)

Вариант	Показатель							
	потеря продукции, %	потеря продукции, т	цена реализации картофеля, тыс. руб./т	стоимость потерь продукции, тыс. руб.	стоимость дополнительно сохранённого урожая, тыс. руб.	затраты на обработку, тыс. руб.	экономический эффект (условный доход), тыс. руб.	рентабельность обработки, %
1	18,2	0,182	50,0	5,46	0,00	0,00	0,00	0,0
2	19,1	0,191	50,0	5,73	0,00	0,00	0,00	0,0
3	11,8	0,118	50,0	3,54	3,20	1,10	2,10	190,9
4	12,5	0,125	50,0	3,75	2,85	0,90	1,95	216,7
5	13,2	0,132	50,0	3,96	2,50	0,90	1,60	177,8
6	14,3	0,143	50,0	4,29	1,95	0,80	1,15	143,8
7	13,3	0,133	50,0	3,99	2,45	0,90	1,55	172,2
8	14,6	0,146	50,0	4,38	1,80	0,80	1,00	125,0
9	13,9	0,139	50,0	4,17	2,15	0,80	1,35	168,8

191…217 и 125…178 % (табл. 3). Среди биопрепаратов наиболее эффективным оказался Картофин в чистом виде и совместно с Силиплантом.

Таким образом, осеннее протравливание клубней сорта картофеля Колобок от основных болезней биологическими препаратами Картофин, Силиплант, Фармайод и Зерокс незначительно, но уступало, по эффективности применению химического препарата Максим и шашек Вист. Выход здоровых клубней после обработки биологическими препаратами увеличивался на 1,3…10,0 %, а химическими – на 11,4 и 13,0 %.

Осенняя обработка клубней картофеля биологическими препаратами обеспечивает снижение общих потерь урожая при длительном хранении на 3,6…6,4 %, главным образом благодаря уменьшению естественной убыли массы и потерь на ростки.

Экономический эффект (условный доход) от использования химических препаратов составил 1,95…2,10 тыс. руб./т, от биопрепаратов и агрохимикатов – 1,00…1,60 тыс. руб./т при уровне рентабельности соответственно 191…217 и 125…178 %.

Литература.

1. Хранение картофеля / К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук, С. Н. Еланский и др. М.: Агроспас, 2016. 144 с.
2. Новый препарат Зерокс – оценка фунгицидного и бактерицидного эффекта in vitro / Е. Д Мыца., С. Н. Еланский, Л. Ю. Кокаева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2014. Т. 28. N 12. С. 16–19.
3. Биологическая эффективность препарата Бактосол против клубневых гнилей картофеля при хранении / Э. И. Коломиец, И. И. Бусько, И. Н. Ананьева и др. http://www.agrobelarus.ru/content/, 2014.
4. Зейрук В. Н. Разработка и совершенствование технологического процесса защиты и хранения картофеля в Центральном регионе РФ: автореф. ... д-ра с.-х. наук. М. 2015. 44 с.
5. Клубневые гнили картофеля / Н. А. Дорожкин, С. И. Бельская, И. В. Викторчик и др. Минск: Наука и техника, 1980. 135 с.
6. Гусев С. А., Метлицкий Л. В. Хранение картофеля. М.: Колос, 1982. 223 с.
7. Пшеченков К. А., Мальцев С. В. Методические рекомендации по технологии хранения различных сортов картофеля. М. Россельхозакадемия, ВНИИКХ, 2010. 30 с.
8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 33996-2016 Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. – М.: Стандартинформ, 1016. – 41 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 352 с
10. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. М. ВНИИКХ, Россельхозакадемия, 1995. 105 с.

Protection of Potato during Storage

V. N. Zeyruk, O. V. Abashkin, S. V. Vasilieva, V. D. Abrosimov, K. A. Pshechenkov, G. L. Belov
A. G. Lorkh All-Russian Research Institute of Potato Farming, ul. Lorkha, 23, pos. Kraskovo, Lyuberetskii r-n, Moskovskaya obl., 140051, Russian Federation

Abstract. *The environmental requirements for agricultural products that have increased in recent years suggest the search for new means of protecting potato, including for the storage period. This paper presents the results of an estimation of biological and economic efficiency of autumn treatment of seed potato with chemical and biological preparations. Before storage, the tubers were treated with Maxim chemical preparation or smoked with Vist smoke bombs, and these tubers were used as a standard. In other variants, biological preparations and agrochemicals were tested: Kartofin, Siliplant and their combined use, as well as Zeroxxe, and Pharmaiodine. The experiment was carried out in a bulk-type storage facility at the Ilyinskoe experimental base, Domodedovo district, Moscow region. According to the results, the biological preparations were less effective than Maxim and Vist (27.2% and 21.9%, respectively). The highest efficacy among biological preparations was shown by the combined use of Kartofin and Siliplant (16.2%), and by Kartofin (15.7%). Autumn treatment of potato tubers provided an increase in the yield of healthy tubers by 10.3–11.8% compared to the control, which was slightly less than the efficiency of chemical preparations. They ensured the increase in the yield of healthy tubers by 13.0–13.2%. The use of chemical and biological preparations enabled to reduce the total loss during storage by 3.6–7.3%, mainly due to the reduction of the natural loss of weight and the loss of sprouts. According to this indicator, chemical standards were also the most effective (a decrease by 7.3% for Maxim and by 5.7% for Vist compared to the control). The economic effect from the use of chemicals reached 1,950–2,100 RUB/t, and from biological products and agrochemicals it was 1,000–1,600 RUB/t. The profitability of autumn treatment of potato tubers was 125–217%.*

Keywords: *potato (Solanum tuberosum L.); protection; storage; diseases; losses; preparations; biological and economic efficiency.*

Author Details: *V. N. Zeyruk, D. Sc. (Agr.), head of laboratory (e-mail: vzeyruk@mail.ru); O. V. Abashkin, head of laboratory; S. V. Vasilieva, Cand. Sc (Agr.), leading research fellow; V. D. Abrosimov, Cand. Sc (Agr.), head of laboratory; K. A. Pshechenkov, D. Sc. (Tech.), chief research fellow; G. L. Belov, Cand. Sc (Biol.), senior research fellow.*

For citation: *Zeyruk V. N., Abashkin O. V., Vasilieva S. V., Abrosimov V. D., Pshechenkov K. A., Belov G. L. Protection of Potato during Storage. Zemledelie. 2018. No. 8. Pp. 17–19 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10805.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10806
УДК 543.423.1; 631.81.095.337

Определение содержания микроэлементов и тяжелых металлов в растениях, оценка безопасности льнопродукции методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой*

Е. А. ГРИШИНА[1], кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
В. А. ЛИТВИНСКИЙ[1], кандидат биологических наук, руководитель группы (e-mail: vl.litvinskiy@gmail.com)
В. В. НОСИКОВ[1], кандидат биологических наук, руководитель группы
С. Л. БЕЛОПУХОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И. И. ДМИТРИЕВСКАЯ[2], кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, ул. Прянишникова, д. 31А, Москва, 127550, Российская Федерация
[2]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Во Всероссийском научно-исследовательском институте агрохимии изучали возможность использования метода атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, в сочетании с микроволновой минерализацией в качестве про-

**Работа выполнена по государственному заданию № 0572-2014-0011.*

боподготовки, для определения содержания микроэлементов и тяжелых металлов в растениях и продукции растениеводства. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов (кадмия, свинца, меди, цинка) определяли в пробах льносемян и льноволокна, выращенных в абсолютном контроле в опыте РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева. Первоочередное значение имела метрологическая характеристика предлагаемого подхода. Величина доверительного интервала (α = 0,05) была ниже 10 %. Для цинка и свинца это находится на уровне погрешности измерения стандартизированным методом (атомно-абсорбционная спектроскопия) после классического озоления, а для меди и кадмия даже ниже. В целом содержание тяжелых металлов в льносеменах не превышало значений предельно допустимых концентраций, установленных Евразийской экономической комиссией. Волокно льна по содержанию меди и кадмия может быть отнесено к классу I отраслевого стандарта ОЕКО-ТЕХ-100®. По концентрации свинца оно не соответствует даже классу IV, однако после ряда технологических операций, обеспечивающих снижение величины этого показателя, продукция может удовлетворять требованиям класса II или III стандарта. Результаты исследований использовали при разработке методики определения содержания микроэлементов и тяжелых металлов в растениях и продукции растениеводства методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой..

Ключевые слова: *атомно-эмиссионная спектрометрия, индуктивно-связанная плазма, СВЧ-минерализация, микроволновая минерализация, растения, продукция растениеводства, микроэлементы, тяжелые металлы, методы определения, лен, волокно, семена.*

Для цитирования: *Определение содержания микроэлементов и тяжелых металлов в растениях, оценка безопасности льнопродукции методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой / Е. А. Гришина, В. А. Литвинский, В. В. Носиков и др. // Земледелие. 2018. № 8. С. 19–22. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10806.*

Сегодня в России определение содержания тяжелых металлов и ряда микроэлементов в растительном сырье регламентировано нормативными документами, в которых закреплен в качестве аналитического метода – метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с классическими сухим или мокрым озолением в качестве пробоподготовки [1, 2].

При этом существует альтернатива такому подходу – атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП), перспективность которой наглядно иллюстрирует смена базового инструментального метода в международных стандартах ISO [3, 4], в сочетании с микроволновым разложением, интенсивно использующимся в России в смежных областях [5], также закрепленным в международных [6, 7], межгосударственных [8] и национальных нормативных документах [9].

По сравнению с атомно-абсорбционной спектроскопией, метод АЭС-ИСП обладает рядом принципиальных преимуществ, в первую очередь – экспрессностью при анализе в одной пробе содержания нескольких элементов и более высокой воспроизводимостью аналитических результатов [10].

Использование устройств для сверхвысокочастотного (СВЧ) разложения обеспечивает более высокую воспроизводимость по сравнению с классическими методами, вследствие увеличения полноты минерализации, обусловленной быстротой и равномерностью нагрева реакционной смеси, отсутствием ограничения температуры реакционной смеси температурой кипения реагентов и др. [11]. СВЧ-разложение в герметично закрытых сосудах позволяет предотвратить потери летучих веществ (в частности, соединений мышьяка и ртути) в ходе минерализации и не требует непосредственного контакта оператора с горячими концентрированными кислотами [12].

Определение содержания микроэлементов и тяжелых металлов – один из аспектов оценки качества продукции льноводства (семян и волокна). Уровень содержания микроэлементов, в том числе тяжелых металлов в льносеменах влияет как на их пищевую ценность, так и на качество продуктов дальнейшей переработки [13].

Микроэлементы, содержащиеся в льноволокне, влияют на его прочностные, гигроскопические и электростатические свойства [14]. Лен способен накапливать тяжелые металлы: кадмий, свинец, медь, поэтому в некоторых случаях его используют при фиторемедиации почв [15]. При этом дополнительная химическая обработка текстильных материалов, как свидетельствуют результаты испытаний, может приводить как к снижению, так и к увеличению относительного содержания тяжелых металлов в продукции из льноволокна [16].

Цель исследования – оценка пригодности комплексного подхода, включающего АЭС-ИСП-анализ и СВЧ-минерализацию вместо классического мокрого озоления, для определения содержания микроэлементов и тяжелых металлов в семенах и волокне льна-долгунца с последующим анализом безопасности льнопродукции.

Естественное, не представляющее опасности, содержание тяжелых металлов в продукции льноводства варьирует в широком диапазоне значений – от сотых долей (например, для кадмия) до десятков и даже сотен (например, для цинка) миллиграммов в килограмме растительного материала (табл. 1) [17, 18].

При оценке опасности обнаруженных количеств элементов в льносеменах используют значения предельно допустимых концентраций, нормируемые Евразийской экономической комиссией [19] и отраслевым стандартом ОЕКО-ТЕХ-100®, классифицирующим содержание микроэлементов, в том числе тяжелых металлов, в текстильных волокнах, в зависимости от области использования продукции (табл. 2) [20].

Все использовавшиеся реактивы имели квалификацию не ниже ч.д.а., если не указано иначе, водные растворы были приготовлены с использованием деионизированной воды, соответствующей требованиям ГОСТ Р 52501-2005 [21]. Для анализа использовали концентрированную азотную кислоту и раствор перекись водорода 30 % х.ч.

В качестве объекта исследования были взяты семена и волокна льна-долгунца сорта Антей, выращенного в полевых опытах кафедры физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [22]. В этих опытах оценивали урожайность и качество продукции льна. Для проверки предлагаемого подхода использованы пробы урожая 2011 и 2012 гг. с делянок абсолютного контроля опыта.

Пробы растительных объектов высушивали в сушильном шкафу при температуре 65 °С, затем каждую пробу размалывали на лабораторной мельнице и просеивали через сито с отверстиями 1 мм. Остаток на сите после ручного измельчения в ступке добавляли к просеянной части и тщательно перемешивали. Массовую долю гигроскопической влаги в приготовленных для испытания образцах определяли стандартным методом [23].

Минерализацию навесок осуществляли в устройстве СВЧ-разложения MDS-2000, CEM, США. Навеску растительной пробы массой 1,00±0,01 г помещали в автоклав и приливали к ней 7,0±0,1 мл концентрированной азотной кислоты и 3,0±0,1 мл 30 %-ной перекиси водорода. Автоклавы герметично закрывали и помещали в устройство СВЧ-разложения. Минерализацию осуществляли согласно рекомендациям производителя: четыре цикла нагрева (5 мин)/охлаждения (10 мин), мощность нагрева составляла 50 % от максимальной.

После окончания минерализации автоклавы вынимали из устройства микроволновой подготовки и давали

1. Предельные колебания нормальных концентраций тяжелых металлов в растениях

Элемент	Нормальные концентрации, мг/кг сухого вещества
Кадмий	0,05...0,2
Свинец	0,1...5,0
Медь	2...12
Цинк	15...150

2. Контрольные значения содержания тяжелых металлов в продукции льноводства, мг/кг

Элемент	ПДК для семян масличных культур	OEKO-TEX® STANDARD 100			
		I	II	III	IV
Кадмий	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Свинец	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0
Медь	Не нормируется	25	50	50	50
Цинк	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется

остыть в вытяжном шкафу до комнатной температуры. Затем их открывали, каждый минерализат переносили в отдельную мерную колбу объемом 50 см^3 и доводили до метки деионизированной водой.

Определение содержания микроэлементов и тяжелых металлов проводили в трехкратной аналитической повторности.

Атомно-эмиссионный анализ выполняли с использованием АЭС-ИСП-анализатора iCAP 6300 DUO, Thermo Scientific, США. Эта модель обладает двойным (радиальным и аксиальным) обзором плазмы.

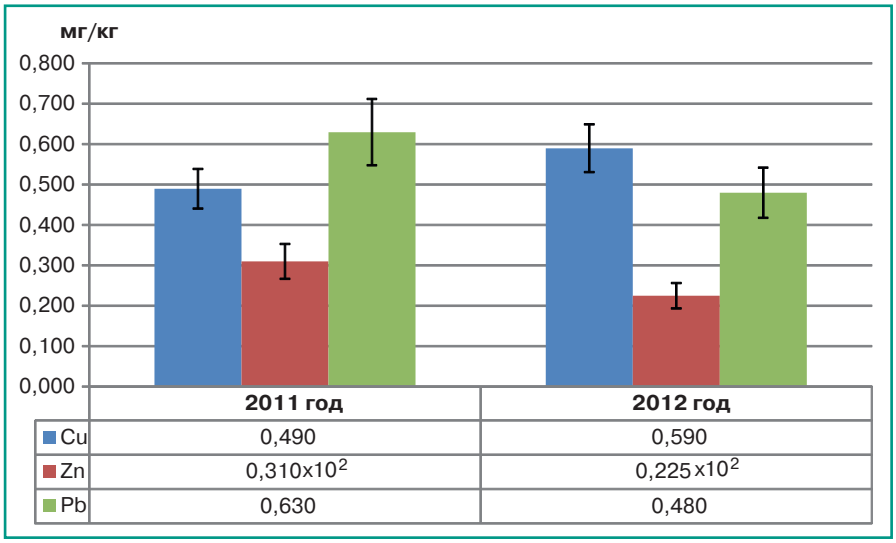


Рис. 1. Содержание свинца, меди и цинка в льносеменах (в целях удобства графического представления данных содержание цинка уменьшено в сто раз).

При проведении анализа использовали рекомендованные производителем [24] значения рабочих параметров спектрометра: мощность плазмы 1150 Вт, скорость насоса 50 об/мин, распылительный поток 0,5 л/мин, вспомогательный поток 1,0 л/мин, обзор плазмы двойной.

Для статистического анализа экспериментальных значений использовали доверительные интервалы с уровнем значимости 95 %, рассчитанные с помощью программы Excel пакета программ MS Office®.

Результаты, описываемые в представленной статье и ранее опубликованных [25] аналитических работах, позволили в 2018 г. обобщить накопленный экспериментальный материал и на его основе после дополнительных сравнительных испытаний [26, 27] с использованием отраслевых стандартных образцов провести метрологическую оценку предлагаемого инструментального подхода, результатом чего стала методика анализа содержания микроэлементов и тяжелых металлов методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в растениях и продуктах растениеводства с СВЧ-пробоподготовкой.

Относительное значение доверительного интервала для содержания тяжелых металлов и микроэлементов, в том числе меди и свинца, определенных методом АЭС-ИСП в сочетании с СВЧ-минерализаций в льносеменах, не превышало 10 %. Это значение для цинка и свинца не выше, а для меди и кадмия даже ниже погрешности стандартного метода, включающего атомно-абсорбционное определение с классическим мокрым или сухим озолением растительной пробы.

Большее значение относительного доверительного интервала для содержания определяемых элементов, включая медь и свинец, в льноволокне, по сравнению с семенами льна, можно объяснить повышенным содержанием этих тяжелых металлов.

Среднее содержание кадмия, свинца, меди и цинка находилось в пределах естественного варьирования массовых долей этих элементов в продукции растениеводства (см. табл. 1).

Содержание тяжелых металлов в семенах льна (рис. 1) не превышало предельно допустимых концентраций, установленных санитарно-эпидемиологическим контролем (см. табл. 2).

По содержанию меди и кадмия исследуемое волокно льна (рис. 2, табл. 2) соответствовало классу I текстильной продукции, которая может быть использована при производстве изделий для детей в возрасте до двух лет. Однако по содержанию свинца льноволокно, независимо от года выращивания, было непригодно в исходном виде даже для изготовления фурнитуры и отделки (скатерти, текстильные покрытия, шторы, тканевые настилы, матрасы) и только после прохождения технологических операций эмульсирования, отбеливания и др. может быть использовано для изготовления текстильной продукции II или III класса, в зависимости от степени непосредственного контакта изделия с потребителем.

Таким образом, относительное значение доверительного интервала для использования предлагаемого комплексного подхода при анализе льносемян и льноволокна не уступало, а в ряде случаев превосходило метрологические характеристики гостиро-

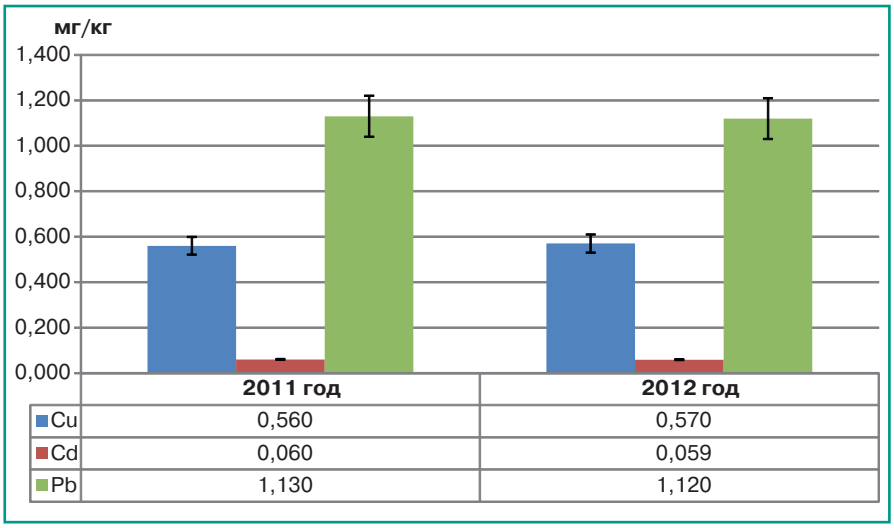


Рис. 2. Содержание кадмия, свинца и меди в льноволокне

ванного метода. Содержание меди, цинка, кадмия и свинца в льнопродукции находилось в диапазоне значений, характерном для естественной концентрации этих элементов в растительной продукции, и не превышало установленных пороговых значений.

Литература.

1. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2010. 10 с.

2. ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.

3. EN ISO 6869:2000 Animal feeding stuffs – Determination of the contents of calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, sodium and zinc – Method using atomic absorption spectrometry. International Organization for Standardization, 2000. 15 p.

4. ISO 27085:2009 (en) Animal feeding stuffs – Determination of calcium, sodium, phosphorus, magnesium, potassium, iron, zinc, copper, manganese, cobalt, molybdenum, arsenic, lead and cadmium by ICP-AES. International Organization for Standardization, 2000. 15 p.

5. Третьякова Е. И., Плотникова О. Е., Ильина Е. Г. Микроволновой метод подготовки проб для определения общего фосфора в объектах окружающей среды // Ползуновский вестник. 2008. № 1-2. С. 152–156.

6. ISO 12914:2012(en) Soil quality. Microwave-assisted extraction of the aqua regia soluble fraction for the determination of elements. International Organization for Standardization, 2012. 7 p.

7. ISO 16729:2013 Soil quality. Digestion of nitric acid soluble fractions of elements. International Organization for Standardization, 2013. 8 p.

8. ГОСТ ISO 6498-2014 Корма, комбикорма. Подготовка проб для испытаний Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2015. 52 с.

9. ГОСТ Р 53150-2008 Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Подготовка проб методом минерализации при повышенном давлении. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.

10. Дин, Дж. Индуктивно-связанная плазма. Практическое руководство. М.: изд-во Профессия, 2017. 200 с.

11. Abu-Samra A., Steven. Morris J., Koirtyohann S. R. Wet ashing of some biological samples in a microwave oven. // Analytical Chemistry. 1975. № 47 (8). P. 1475–1477.

12. Кингстон Г. М., Джесси Л. Б. Пробоподготовка в микроволновых печах. Теория и практика. М.: Мир, 1991. 350 с.

13. Фатыхов И. Ш., Корепанова Е. В. Качество тресты и элементный состав семян сортов льна-долгунца в условиях Среднего Предуралья // Агрохимический вестник. 2012. № 3. С. 5–7.

14. Натуральные волокна в современных технических материалах / Н. Н. Корсун, С. Л. Белопухов, А. В. Фокин и др. М.: Изд-во «ИКАР», 2007. 160 с.

15. Живетин В. В., Гинзбург Л. Н., Ольшанская О. М. Лен и его комплексное использование. М.: Информ-Знание, 2002. 400 с.

16. Ольшанская О. М., Котин В. В., Артёмов А. В. Критерии оценки экологической чистоты льняной текстильной продукции // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. № 2. С. 66–76.

17. Белопухов С. Л., Калабашкина Е. В., Дмитревская И. И. Исследование накопления тяжелых металлов в продукции льноводства // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. №1. С. 162–165.

18. Овчаренко М. М. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение. М.: Пролетарский светоч, 1997. 290 с.

19. Евразийская экономическая комиссия. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299.

20. Standard 100 by OEKO-TEX®. Appendix 4. Limit values and fastness, part 1. OEKO-TEX® International Association for Research and Testing in the Field of Textile and Leather Ecology, Ed. 02.2018. 41 p.

21. ГОСТ Р 52501-2005 Вода для лабораторного анализа. Технические условия. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2006. 11 с.

22. Гришина Е. А. Влияние органо-минерального комплекса из льняной костры на урожай и качество льна-долгунца (Linem Usitatissimum L.) и белого люпина (Lupinus Albus): дис. ... канд. биол. наук. М. 2015. 170 с.

23. ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2012. 12 с.

24. Determination of trace elements in soils and sediments. Application Note: 40756. Cambridge, Thermo Electron Limited, 2008. 2 p.

25. Гришина Е. А., Литвинский В. А., Носиков В. В. Перераспределение химических элементов в волокне и семенах льна-долгунца под действием биопрепаратов // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летнему юбилею академика Д. Н. Прянишникова. М.: ВНИИ агрохимии, 2015. С. 246–249.

26. Использование метода атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой для определения содержания цинка в растениях и продукции растениеводства / В. А. Литвинский, Е. А. Гришина, В. В. Носиков и др. // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 54. № 4. С. 140–148.

27. Атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой для определения содержания меди в растениях и продукции растениеводства / В. А. Литвинский, Е. А. Гришина, В. В. Носиков и др. // Плодородие. 2018. № 5. С. 57–60.

Determination of the Content of Trace Elements and Heavy Metals in Plants, Safety Assessment of Flax Products by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

E. A. Grishina[1], V. A. Litvinskiy[1], V. V. Nosikov[1], S. L. Belopuhov[2], I. I. Dmitrevskaya[2]

[1]D. N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova, 31a, Moskva, 127550, Russian Federation

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

Abstract. *Scientists from the All-Russian Research Institute of Agrochemistry studied the possibility of using the method of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma in combination with microwave mineralization as sample preparation, to determine the content of microelements and heavy metals in plants and plant production. The content of heavy metals and trace elements (cadmium, lead, copper, zinc) was determined in samples of flax seeds and fiber, grown on plots of the absolute control in the experiment in the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The metrological characteristic of the proposed approach was of primary importance. The value of the confidence interval (alpha was equal to 0.05) was below 10%. For zinc and lead, it was at the level of measurement error for a standardized method (atomic absorption spectroscopy) after classical ashing, and for copper and cadmium it was even lower. In flax seeds the content of heavy metals did not exceed the values of maximum permissible concentrations, established by the Eurasian Economic Commission. The flax fiber according to the content of cadmium and copper can be classified as class I of the OEKO-TECH-100 industry standard. In terms of lead concentration, it does not even meet class IV, but after a number of technological operations that reduce the value of this indicator, products can meet the requirements of class II or III standard. The results of these studies were used in the development of methods for determining the content of trace elements and heavy metals in plants and plant production using atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma.*

Keywords: *atomic emission spectrometry; inductively coupled plasma; super high-frequency mineralization; microwave mineralization; plants; plant products; trace elements; heavy metals; methods of determination; flax; fiber; seed.*

Author Details: *E. A. Grishina, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; V. A. Litvinskiy, Cand. Sc. (Biol.), head of group (e-mail: vl.litvinskiy@gmail.com); V. V. Nosikov, Cand. Sc. (Biol.), head of group; S.L. Belopuho[2], D. Sc (Agr.), prof.; I. I. Dmitrevskaya, Cand. Sc (Agr.), head of department.*

For citation: *Determination of the Content of Trace Elements and Heavy Metals in Plants, Safety Assessment of Flax Products by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. / E. A. Grishina, V. A. Litvinskiy, V. V. Nosikov, S. L. Belopuhov, I. I. Dmitrevskaya. Zemledelie. 2018. No. 8. Pp. 19–22 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10806.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10807
УДК 631.416.8

Влияние внесения кадмия, никеля, цинка на уровень содержания их в почве, урожайность и качество корнеплодов овощных культур

Л.Н. АНДРИЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: ln.andrienko@omgau.org)
Ю.В. АКСЕНОВА, кандидат биологических наук, доцент (e-mail: axsenovajulia@gmail.com)
Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, пл. Институтская, 1, Омск, 644008, Российская Федерация

Исследования проведены в 2013–2017 гг. с целью установления влияния различных доз цинка, кадмия и никеля на уровень содержания их в почве, урожайность и качество корнеплодов овощных культур. Объекты исследования: лугово-черноземная маломощная слабогумусированная тяжелосуглинистая почва, расположенная в южной лесостепной зоне Омской области, свекла столовая, морковь. Схемы микрополевых опытов включали следующие варианты внесения микроэлементов: для свеклы столовой на фоне $N_{45}P_{90}$ – 0, $Cd_{2,9}$, $Cd_{5,8}$, $Cd_{11,6}$, Cd_{17}, $Ni_{5,4}$, $Ni_{12,6}$, Ni_{23}, Ni_{82}, $Zn_{41,4}$, $Zn_{47,8}$, $Zn_{82,8}$, Zn_{166}; для моркови на фоне P_{90} – $Cd_{1,5}$, $Cd_{2,9}$, $Cd_{5,8}$, $Cd_{11,6}$, Ni_{30}, Ni_{60}, Ni_{90}, Zn_{15}, Zn_{30}, Zn_{45}. Из минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат, микроэлементы вносили в виде сухих ацетатных солей в слой почвы 0...30 см. Применение микроэлементов повышало содержание их подвижных форм с низкого и среднего уровня до высокого. При внесении никеля и цинка наблюдали снижение обеспеченности почвы подвижным кадмием в среднем на 0,05 мг/кг. Возрастающие дозы кадмия обеспечивали стабильное повышение количества подвижного никеля на 0,05...0,12 мг/кг. Каждый килограмм кадмия, никеля и цинка, внесенный в почву, в среднем увеличивал содержание их подвижных форм на 0,18, 0,08 и 0,09 мг/кг соответственно. Установленные коэффициенты интенсивности действия микроэлементов «b» позволяют прогнозировать их содержание в почве в случае внесения или техногенного загрязнения. По концентрации в растениях (мг/кг сухого вещества) элементы можно расположить в следующем порядке: цинк (13,3...21,1) > никель (0,9...3,18) > кадмий (0,15...0,33). Каждый килограмм кадмия, никеля и цинка, поступивший в почву в оптимальных дозах, в среднем увеличивает урожайность корнеплодов свеклы столовой на 3,6, 7,4 и 4,9 т/га, моркови – на 3,2, 4,4 и 3,4 т/га соответственно.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, свекла, морковь, микроэлементы, кадмий, никель, цинк.*

Для цитирования: *Андриенко Л.Н., Аксенова Ю.В. Влияние внесения кадмия, никеля, цинка на уровень содержания их в почве, урожайность и качество корнеплодов овощных культур // Земледелие. 2018. № 8. С. 23–25. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10807.*

Почва выступает основной депонирующей средой для загрязняющих веществ и главным биогеохимическим барьером на пути миграции тяжелых металлов, пестицидов, нефтепродуктов и прочих токсичных веществ и соединений из атмосферы в другие объекты окружающей среды. Наиболее распространенный вид техногенного загрязнения почв – поступление тяжелых металлов, способствующее развитию химической деградации. В малых количествах тяжелые металлы как микроэлементы необходимы для роста и развития живых организмов. В повышенных концентрациях они оказывают негативное воздействие, изменяя физико-химические и биологические свойства почв, что в свою очередь приводит к увеличению их содержания в растениях и снижению качества растениеводческой продукции [1]. К наиболее типичным тяжелым металлам-загрязнителям относят свинец, кадмий, цинк, никель, кобальт, молибден, медь, ртуть, титан, олово и ванадий [2].

Каждый регион имеет свои особенности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах [3, 4, 5, 6, 7, 8]. Одним из основных источников загрязнения почв тяжелыми металлами выступают минеральные удобрения. В связи с этим возникает необходимость изучения интенсивности их накопления в почвах при внесении определенных доз макро- и микроудобрений.

Цель исследования – установить влияние различных доз цинка, кадмия и никеля на уровень содержания их в почве, урожайность и качество корнеплодов овощных культур.

Объект исследований расположен в южной лесостепной зоне Омского Прииртышья и представлен лугово-черноземной маломощной слабогумусированной тяжелосуглинистой почвой. До закладки опыта содержание Cd, Ni и Zn в слое почвы 0...30 см в среднем составляло 0,051, 0,68 и 2,46 мг/кг соответственно. Из овощных культур для исследований выбраны свекла столовая сорт Бордо 237 и морковь сорт Шантенэ 2461.

Исследования проводили с 2013 по 2017 гг. в микрополевых опытах, заложенных на территории Малого опытного поля Омского ГАУ, в лизиметрах, размером 1 м^2. Повторность опыта четырёхкратная, расположение вариантов – систематическое, последовательное. Норма полива зависела от погодных условий, фазы развития, биологических особенностей культур и в среднем составляла 400 м^3/га.

Поскольку тяжелые металлы в виде примесей содержатся в минеральных удобрениях, то схемы опытов разрабатывали с учетом фонов их внесения:

для свеклы столовой (фон $N_{45}P_{90}$) – 0, $Cd_{2,9}$, $Cd_{5,8}$, $Cd_{11,6}$, Cd_{17}, $Ni_{5,4}$, $Ni_{12,6}$, Ni_{23}, Ni_{82}, $Zn_{41,4}$, $Zn_{47,8}$, $Zn_{82,8}$, Zn_{166};

для моркови (фон P_{90}) – 0, $Cd_{1,5}$, $Cd_{2,9}$, $Cd_{5,8}$, $Cd_{11,6}$, Ni_{30}, Ni_{60}, Ni_{90}, Zn_{15}, Zn_{30}, Zn_{45}.

Из минеральных удобрений применяли аммиачную селитру, двойной суперфосфат, микроэлементы – в виде сухих ацетатных солей. Удобрения вносили вручную, предварительно смешав с почвой.

Подвижные формы цинка, кадмия и никеля извлекали из почвы с использованием ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH 4,8. Из растений элементы выделяли путем мокрого озоления. Содержание цинка, кадмия и никеля в вытяжках определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

В почве опыта до посева свеклы столовой на фоне азотно-фосфорных удобрений количество кадмия (0,09 мг/кг) и никеля (0,53 мг/кг) оценивалось как среднее, цинка (1,87 мг/кг) – низкое [9]. Высокое содержание подвижных форм элементов в почве отмечали при внесении кадмия во всех указанных дозах, цинка – в дозах 47,8, 82,8 и 166 кг/га, никеля – в дозе 23 кг/га, при дозе этого элемента 82 кг/га оно превышало ПДК в 1,8 раза. Количество подвижных форм кадмия, никеля и цинка в почве повышалось пропорционально возрастающим дозам внесения микроэлементов: содержание кадмия увеличилось на 0,46...2,97, никеля – на 0,36...6,61, цинка – на 2,82...14,33 мг/кг почвы.

Перед посевом моркови содержание кадмия (0,15 мг/кг) и цинка (3,55 мг/кг) в почве на фоне P_{90} было высоким, никеля (0,53 мг/кг) – средним. Внесение этих элементов в почву в указанных дозах повышало содержание подвижных форм кадмия, по отношению к фону, на 0,36...4,56, цин-

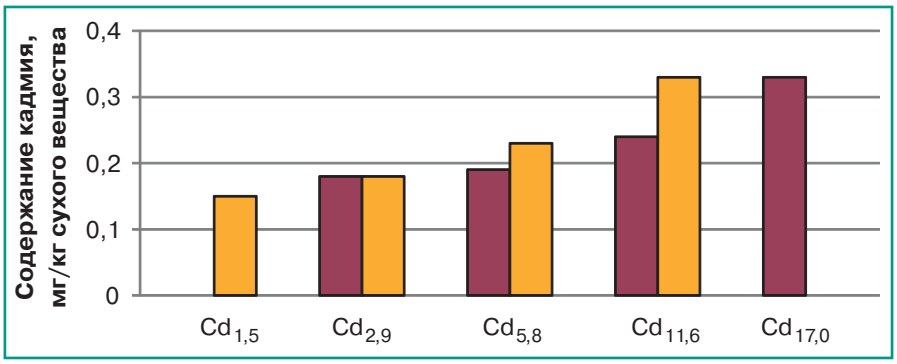


Рис 1. Содержание кадмия в корнеплодах овощных культур: ■ – свекла столовая; ■ – морковь.

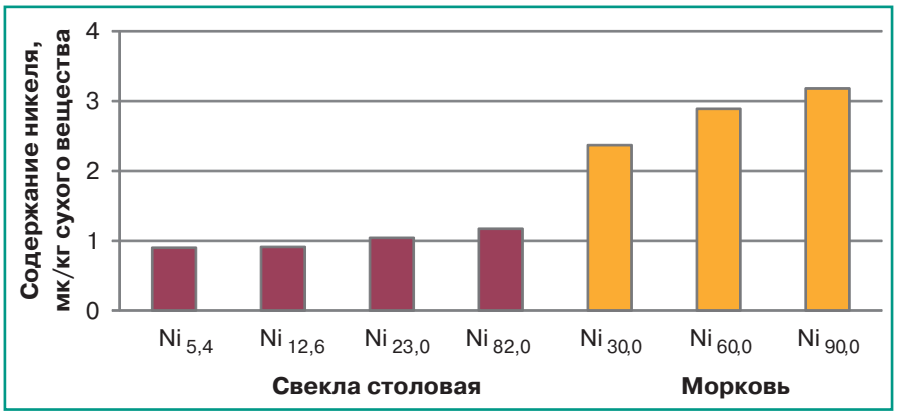


Рис 2. Содержание никеля в корнеплодах овощных культур.

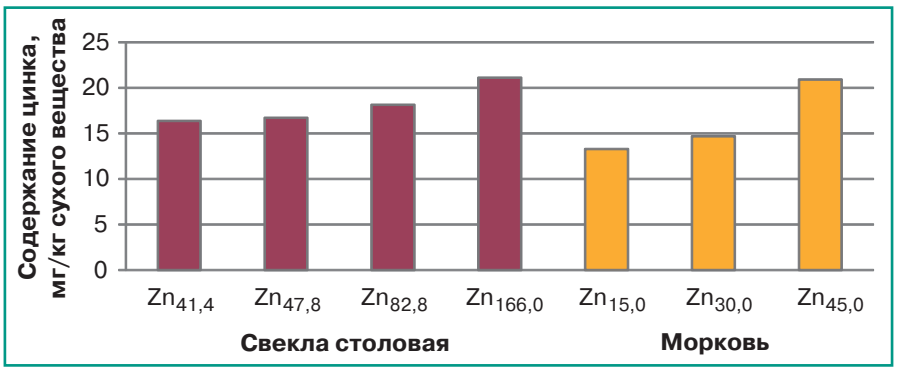


Рис 3. Содержание цинка в корнеплодах овощных культур.

ка – на 3,33…11,45 мг/кг. При внесении никеля уровень обеспеченности почвы элементом увеличивался на 1,07…6,61 мг/кг, то есть до высокого, а при дозе 90 кг/га превышал ПДК в 1,8 раза.

При внесении никеля и цинка наблюдалось снижение обеспеченности почвы подвижным кадмием в среднем на 0,05 мг/кг. Возрастающие дозы кадмия обеспечивали стабильное повышение содержания подвижного никеля на 0,05…0,12 мг/кг.

Значительное увеличение содержания подвижного кадмия при его внесении обусловлено тем, что до 70 % этого элемента при попадании в почву связывается с ее химическими комплексами, доступными для усвоения растениями [10]. Небольшое повышение обеспеченности почвы подвижным никелем связано со способностью элемента образовывать стабильные комплексные соединения с почвенным органическим веществом, что снижает его доступность растениям.

Между дозами микроэлементов и содержанием их подвижных форм в почве установлены тесные корреляционные зависимости, которые показывают, что каждый килограмм кадмия, никеля и цинка, внесенный в почву, в среднем увеличивает содержание их подвижных форм на 0,18, 0,08 и 0,09 мг/кг соответственно. Установленные коэффициенты интенсивности действия микроэлементов «*b*» позволяют прогнозировать их содержание в почве в случае внесения или техногенного загрязнения:

$$C = Сн + Д \cdot b, \text{ мг/кг} \quad (1),$$

где *Сн* и *С* – фактическое содержание подвижного кадмия, никеля и цинка в почве соответственно до и после внесения элемента, мг/кг; *Д* – доза внесенного в почву элемента, кг/га; *b* – коэффициент интенсивности действия единицы (1 кг/га) поступившего в почву элемента.

В среднем ошибка прогнозирования количества кадмия, никеля и цинка в почве по формуле (1) составила соответственно 5,9, 17,1 и 7,4 %, от их фактического содержания в почве. На основании установленных ориентировочных нормативов изменения уровня обеспеченности почвы при внесении определенных доз микроэлементов, можно прогнозировать их накопление и в растениеводческой продукции.

Поскольку элементы, поступающие в почву в виде удобрений, наиболее доступны растениям для потребления, то пропорционально увеличению дозы вносимого элемента повышается и уровень его содержания в корнеплодах овощных культур (рис. 1, 2, 3).

Поступление микроэлементов в растения определяется их физиологическим значением, видом растений, концентрацией подвижных форм элемента в почве, внешними и внутренними взаимодействиями с ионами других элементов. По поступлению, усвоению и по уровню содержания в растениях изучаемые элементы можно расположить в следующей последовательности: Zn – Ni – Cd.

Действие кадмия, никеля и цинка на урожайность корнеплодов свеклы столовой и моркови зависело от метеорологических условий года, вносимого элемента, его дозы, концентрации в почве и растении. Максимальная в опыте прибавка урожая корнеплодов свеклы столовой отмечена при внесении по фону $N_{45}P_{90}$ кадмия в дозе 5,8, никеля – 23 и цинка – 41,4 кг/га (табл. 1). Среднее достоверное увеличение урожая корнеплодов по вариантам составило 3,63 т/га, или 30,2 %.

Наибольшая урожайность моркови установлена в вариантах с заделкой по фону P_{90} кадмия в дозе 2,9, никеля и цинка – по 30 кг/га (табл. 2). Угнетаю-

1. Влияние кадмия, никеля и цинка на урожайность корнеплодов свеклы столовой (среднее за 2013–2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к фону	
		т/га	%
$N_{45}P_{90}$ – фон	12,0	–	–
$Cd_{2,9}$	13,4	1,4	11,6
$Cd_{5,8}$	15,6	3,6	30,0
$Cd_{11,6}$	14,0	2,0	16,7
$Cd_{17,0}$	12,9	0,9	7,5
$Ni_{5,4}$	15,5	3,5	29,2
$Ni_{12,6}$	16,7	4,7	39,2
$Ni_{23,0}$	19,4	7,4	61,7
$Ni_{82,0}$	14,7	2,7	22,5
$Zn_{41,4}$	16,9	4,9	40,8
$Zn_{47,8}$	15,5	3,5	29,2
$Zn_{82,8}$	14,6	2,6	21,7
$Zn_{166,0}$	12,7	0,7	5,8
$НСР_{05}$	1,3		–

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

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

ПРОГРАММА ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

ПЛОДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

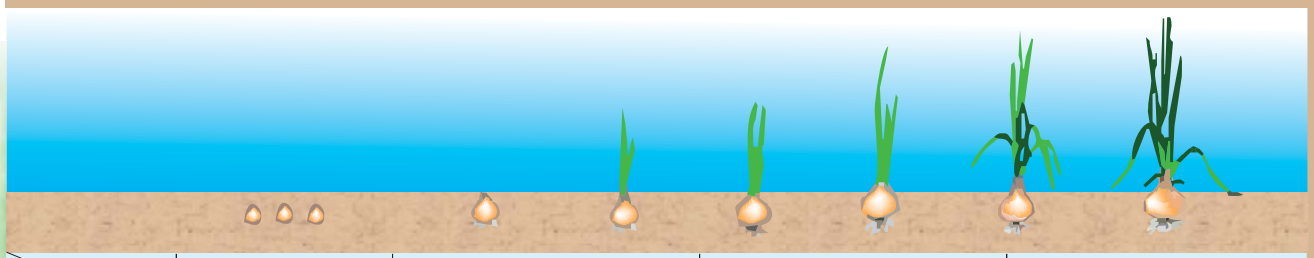
БУЙСКИЕ УДОБРЕНИЯ

Фаза роста / Операция	ПОСАДКА, ПЕРЕСАДКА	ДО РАСКРЫТИЯ ПЛОДОВОЙ ПОЧКИ	БУТОНИЗАЦИЯ-НАЧАЛО ЦВЕТЕНИЯ	ПЛОДОНОШЕНИЕ	РАННИЙ ПОСЛЕУБОРОЧНЫЙ ПЕРИОД
Основное внесение	**ОМУ „Универсальное" марка 1** 7-7-8+1,5 MgO+3,92S+МЭ (100-300 кг/га)	-	-	-	-
Внекорневые подкормки	-	**Акварин № 5** 18-18-18+2MgO+1,5S+МЭ 1-2 кг/га + **Калий Метаборат** 0,1-0,5 кг/га		**Акварин № 15** 3-11-38+3MgO+9S+МЭ 1-2 кг/га	**Акварин № 13** 13-41-13+МЭ 1-2 кг/га или **Монокалийфосфат** 1-2 кг/га
Фертигация (полив, капельный полив)	-	**Акварин № 5** 18-18-18+2MgO+1,5S+МЭ 2-2,5 кг/1000 л		**Акварин № 6** 15-5-30+1,7MgO+1,3S+МЭ 2-2,5 кг/1000 л	**Акварин № 13** 13-41-13+МЭ 2-2,5 кг/1000 л

ПРОГРАММА ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

ЛУК

БУЙСКИЕ УДОБРЕНИЯ



Фаза роста / Операция	СЕМЕНА	ПОСЕВ	2-4 НАСТОЯЩИХ ЛИСТА	НАЧАЛО ФОРМИРОВАНИЯ ЛУКОВИЦЫ
Предпосевная обработка семян, основное внесение	**Аквамикс СТ** (100-150 г/т), расход рабочего раствора 10 л/т семян	**ОМУ „Универсальное" марка 1** 7-7-8+1,5 MgO+3.92S+МЭ (100-300 кг/га)	-	-
Внекорневые подкормки	-	-	**Акварин № 13** 13-41-13+МЭ (0,6-2 кг/га) + **Магний сернокислый*** (сульфат магния) марка В (0,75-4,0 кг/га)	**Акварин № 16** 6-12-36+2MgO+7,6S+МЭ 1-2 кг/га+ **Нитрат калия*** (3-6 кг/га)
Фертигация (полив, капельный полив)	-	-	**Акварин № 13** 13-41-13+МЭ (2-2,5 кг/1000 л) + **Магний сернокислый*** (сульфат магния) марка В (1-2 кг/1000 л)	**Акварин № 15** 3-11-38+3MgO+9S+МЭ (2-2,5 кг/1000 л)

* не обязательный элемент питания, рекомендуемый для усиления качественных показателей или при сильном недостатке Mg

ХЕЛАТЭМ®

Микроэлементы в хелатной форме

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ - это необходимые элементы питания, находящиеся в растениях в тысячных - стотысячных долях процента и выполняющие важные функции в процессах жизнедеятельности. Недостаток микроэлементов вызывает ряд болезней растений и нередко приводит к их гибели. Применение соответствующих микроудобрений не только устраняет возможность болезней, но и обеспечивает получение более высокого урожая лучшего качества.

ХЕЛАТ (от греческого chela ,"клешня") – сложный органический комплекс, химическое соединение микроэлемента с хелатирующим (захватывающим) агентом. Такой агент прочно удерживает катион металла в связанном состоянии вплоть до момента поступления в растение, а затем высвобождает его и сам распадается на более простые органические соединения, легко усваиваемые растениями.

Наименование показателей	ЭДТА Ca	ЭДТА Cu	ЭДТА Zn	ЭДТА Mn	ЭДТА Fe	ДТПА Fe	ЭДДГА Fe	ЭДТА Mg	ЭДТА Co
Кальций, Ca, %	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Медь, Cu, %	-	15,0	-	-	-	-	-	-	-
Цинк, Zn, %	-	-	15,0	-	-	-	-	-	-
Марганец, Mn, %	-	-	-	13,0	-	-	-	-	-
Железо, Fe, %	-	-	-	-	12,6	11,0	6,0	-	-
Магния, Mg, %	-	-	-	-	-	-	-	6,0	-
Кобальт, Co, %	-	-	-	-	-	-	-	-	13
Внешний вид – гранула (цвет)	Белый	Голубой	Белый	Белый или светло-розовый	Желто коричневый	Желтый	Темно-бордовый	Белый	Сиреневый

МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ:

- гидропоника
- капельный полив
- дождевание
- некорневые подкормки всех культур

«ХЕЛАТЭМ» - водорастворимое микроудобрение совместимо с большинством применяемых удобрений и пестицидов.

БУЙСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД

www.bhz.ru

Sk Сколково

ООО Научно-технический центр “РобоПРОБ”

Sk Biomed

RoboPROB

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

Услуги:

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

E-mail - info@roboprob.com

Веб-сайт - www.roboprob.com

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

2. Влияние кадмия, никеля и цинка на урожайность корнеплодов моркови (среднее за 2013–2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к фону	
		т/га	%
P_{90} – фон	27,1	–	–
$Cd_{1,5}$	28,4	1,3	4,8
$Cd_{2,9}$	30,3	3,2	11,8
$Cd_{5,8}$	29,0	1,9	1,0
$Cd_{11,6}$	27,3	0,2	0,7
P_{90} – фон	24,6	–	–
$Ni_{30,0}$	29,0	4,4	17,9
$Ni_{60,0}$	26,0	1,4	5,7
$Ni_{90,0}$	23,5	– 1,1	– 4,8
$Zn_{15,0}$	27,3	2,6	11,0
$Zn_{30,0}$	28,0	3,4	13,8
$Zn_{45,0}$	26,1	1,5	6,1
$НСР_{05}$	4,2		–

щее действие на растения моркови и низкая урожайность были отмечены при внесении никеля в дозе 90 кг/га, при которой уровень его содержания в почве превышал ПДК в 1,8 раз.

Применение микроэлементов в дозах, превышающих оптимальные (при которых была получена наибольшая прибавка урожая корнеплодов), приводило к снижению урожайности овощных культур.

Установлено, что в условиях Омского Прииртышья для формирования максимально возможного урожая свеклы столовой на лугово-черноземной почве при ее обеспеченности кадмием 0,051, никелем 0,68 и цинком 2,46 мг/кг необходимо вносить кадмия 5,8, никеля 23 и цинка 41,4 кг/га. Расчетные оптимальные дозы элементов под свеклу столовую составят:

$$Д_{Cd} = \frac{0,296}{Cd_{\text{мг/кг}}} \quad (2); \quad Д_{Ni} = \frac{15,1}{Ni_{\text{мг/кг}}} \quad (3);$$

$$Д_{Zn} = \frac{101,8}{Zn_{\text{мг/кг}}} \quad (4).$$

Под морковь рекомендованы следующие оптимальные дозы элементов: кадмия 2,9, никеля и цинка по 30 кг/га, которые рассчитаны по формулам:

$$Д_{Cd} = \frac{0,147}{Cd_{\text{мг/кг}}} \quad (5); \quad Д_{Ni} = \frac{19,7}{Ni_{\text{мг/кг}}} \quad (6);$$

$$Д_{Zn} = \frac{73,8}{Zn_{\text{мг/кг}}} \quad (7).$$

Таким образом, располагая определенными количественными показателями в системе «почва–удобрение–урожайность (величина и качество)», можно установить оптимальные уровни содержания тяжелых металлов в почве и корнеплодах, которые могут служить физиологическими характеристиками сбалансированного и оптимального питания растений цинком, никелем и кадмием.

Внесение микроэлементов повысило содержание их подвижных форм в почве с низкого и среднего уровня до высокого. Установлено, что каждый килограмм кадмия, никеля и цинка, внесенный в почву, в среднем увеличивает содержание их подвижных форм на 0,18, 0,08 и 0,09 мг/кг соответственно. На основе полученных коэффициентов интенсивности действия «*b*» (0,18, 0,08 и 0,09 мг/кг) предложены формулы для расчета ориентировочного накопления кадмия, никеля и цинка в корнеплодах при их поступлении из почвы и формулы для расчета оптимальных доз элементов под овощные культуры с целью получения максимально возможного урожая. Максимальная в опыте прибавка урожая корнеплодов свеклы столовой отмечена при внесении по фону $N_{45}P_{90}$ кадмия в дозе 5,8, никеля – 23 и цинка – 41,4 кг/га. Для моркови можно рекомендовать следующие оптимальные дозы элементов: кадмия 2,9, никеля и цинка по 30 кг/га по фону P_{90}.

Литература.

1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий: коллективная монография // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: в 3-х т. Т.1. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 523–524.

2. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. 558 с.

3. Азаренко Ю.А. Рейнгард Я.Р. Содержание микроэлементов в почвах и почвенно-геохимическое районирование Омской области // Омский научный вестник. 2012. № 1(108). С. 188–192.

4. Горяников Ю.В., Калаханова В.Ю., Тамова Э.В. Агрохимическое и эколого-токсическое состояние почв, эффективность применения средств химизации в Карачаево-Черкесской Республике // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. №8. С. 23–27.

5. Чекмарев П.А., Сидоров А.В., Моисеев А.А. Динамика плодородия пахотных почв Республики Мордовия // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 1. С. 4–9.

6. Алхименко Р.В. Мониторинг состояния пахотных почв в западном и центральном территориальных округах Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 10–14.

7. Котченко С.Г., Воронин А.Я. Динамика плодородия пахотных почв Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 41–43.

8. Градобоева Н.А., Елизарьев В.В., Сиренева Н.В. Мониторинг почвенного плодородия пахотных земель Республики Хакасия // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 44–47.

9. Обухов А.И., Ефремова Л. А. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: Сборник материалов Всесоюзной конференции. Том I. М., 1988. С. 23–25.

10. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов 1–4 групп : справочник / под ред. В. А. Филова. Л.: Химия, 1988. 512 с.

Influence of Application of Cadmium, Nickel, Zink on the Level of Their Content in Soil, Productivity and Quality of Root Crops

L.N. Andriyenko, Yu.V. Aksenova
P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University, pl. Institutskaya, 1, Omsk, 644008, Russian Federation

Abstract. *The investigation was carried out in 2013–2017 in order to establish the influence of various doses of zinc, cadmium and nickel on their content in soil, productivity and quality of root crops. The objects of the research were the meadow-chernozemics low-thick heavy loamy soils with low humus content, located in the southern forest-steppe zone of Omsk region, table beet, carrot. Designs of microfield experiments included the following variants of application of trace elements: 0, Cd2.9, Cd5.8, Cd11.6, Cd17, Ni5.4, Ni12.6, Ni23, Ni82, Zn41.4, Zn47.8, Zn82.8, Zn166 for table beet against the background of N45P90; Cd1.5, Cd2.9, Cd5.8, Cd11.6, Ni30, Ni60, Ni90, Zn15, Zn30, Zn45 for carrot against the background of P90. Of mineral fertilizers, ammonium nitrate and double superphosphate were applied; trace elements were introduced in the form of dry acetate salts in the soil layer of 0–30 cm. Application of trace elements increased the content of their mobile forms from the low and average level to the high one. Application of nickel and zinc decreased the provision of the soil with mobile cadmium on average by 0.05 mg/kg. The increasing doses of cadmium provided a stable increase in the amount of mobile nickel by 0.05–0.12 mg/kg. Each kilogram of cadmium, nickel and zinc, applied in the soil, increases the content of their mobile forms on average by 0.18, 0.08 and 0.09 mg/kg, respectively. The obtained coefficients of action intensity of trace elements enable to predict the content of the trace elements in the soil in case of their application or technogenic pollution. According to the content in plants (mg/kg of dry matter), the elements can be ranked in descending order in the next row: zinc (13.3–21.1), nickel (0.9–3.18), cadmium (0.15–0.33). Each kilogram of cadmium, nickel and zinc, applied in the soil in the optimal dose, enables to get additionally 3.6, 7.4 and 4.9 t/ha of roots of table beet and 3.2, 4.4 and 3.4 t/ha of roots of carrot.*

Keywords: *heavy metals; beet; carrot; trace elements; cadmium; nickel; zinc.*

Author Details: *L.N. Andriyenko, Cand. Sc (Agr.), assoc. prof. (e-mail: ln.andrienko@omgau.org); Yu.V. Aksenova, Cand. Sc (Biol.), assoc. prof. (e-mail: axsenovajulia@gmail.com).*

For citation: *Andriyenko L.N., Aksenova Yu.V. Influence of Application of Cadmium, Nickel, Zink on the Level of Their Content in Soil, Productivity and Quality of Root Crops. Zemledelie. 2018. No. 8. Pp. 23–25 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10807.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10808
УДК 631.51.01

Корреляционная взаимосвязь агрофизических показателей мелиорированных земель Верхневолжья при различных способах их основной обработки

В.А. ШЕВЧЕНКО[1], доктор сельскохозяйственных наук, директор
А.И. БЕЛЕНКОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, профессор (email: belenokaleksis@mail.ru)
А.М. СОЛОВЬЕВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, профессор
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники мелиорации им. А.Н. Костякова, ул. Большая Академическая, 44, к. 2, Москва, 127550, Российская Федерация;
[2]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

В полевом опыте изучали изменения корреляционных взаимосвязей между важнейшими агрофизическими показателями осушенной закрытым дренажом дерново-среднеподзолистой легко суглинистой почвы на фоне различающихся по способу и глубине выполнения приемов ее основной обработки – отвальной на 20…22 см и 28…30 см, чизельной на 28...30 см и поверхностной дисковой на 8... 10 см. Исследования проводили в ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» Конаковского района Тверской области в 2013–2016 гг., в плодосменном севообороте: пар занятый (вико-овес) – озимая рожь – ячмень — кукуруза. Почва имела среднюю (20…22 см) мощность пахотного слоя, низкое (1,62...1,78 %) содержание гумуса и близкую к нейтральной (pH$_{сол.}$ 5,8...5,9) реакцию среды. Плотность, твердость, пористость общую, пористость аэрации и запас продуктивной влаги определяли общепринятыми методами в слое почвы 0...30 см под ячменем после всходов и под кукурузой перед первой междурядной обработкой. На фоне изученных приемов основной обработки плотность почвы под посевами ячменя и кукурузы положительно коррелировала с показателями твердости и запаса продуктивной влаги (соответственно r = 0,67...0,81 и 0,65...0,85) и отрицательно – с общей пористостью и пористостью аэрации (соответственно r = -0,57...-0,76 и -0,55...-0,73). Пористость аэрации была положительно взаимосвязана с общей пористостью (соответственно r = 0,73...0,81 и 0,76...0,79) и отрицательно – с плотностью и твердостью (соответственно r = -0,55...-0,73 и -0,50...-0,65). Запас продуктивной влаги на мелиорированной дерново-легкосуглинистой почве положительно коррелировал с величинами плотности и твердости почвы как под посевом ячменя (r = 0,65...0,85 и 0,61...0,70), так и кукурузы (r = 0,67...0,83 и 0,70...0,74) и отрицательно – с общей пористостью и пористостью аэрации (r = -0,53...-0,62 и -0,53...-0,72). Эти показатели имеют важное производственное значение, их следует учитывать при подготовке почвы к посеву, как непосредственно влияющие на водный и воздушный режимы.

Ключевые слова: *корреляционная взаимосвязь, мелиорированные земли, агрофизические показатели почвы, приемы основной обработки, плодосменный севооборот, коэффициент детерминации, запас продуктивной влаги.*

Для цитирования: *Шевченко В.А., Беленков А.И., Соловьев А.М. Корреляционная взаимосвязь агрофизических показателей мелиорированных земель Верхневолжья при различных способах их основной обработки // Земледелие. 2018. № 8. С. 26–29. DOI: 10,24411/0044-3913-2018-10808.*

Оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур определяют в значительной степени благоприятные агрофизические свойства почвы, от которых зависят водный, воздушный, питательный и тепловой режимы, и в конечном итоге, продуктивность сельскохозяйственных культур. Современное сельское хозяйство строится на научно-обоснованном учете требовании культурных растений к плодородию почвы, в том числе к ее агрофизическим свойствам, что позволяет эффективно использовать природный и техногенный ресурсный потенциал. В этой связи особое значение приобретает система основной обработки почвы, которая служит экологической и энергетической составляющей современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур [1].

При высоком уровне интенсификации земледелия на плодородных почвах вклад агрофизических свойств в урожайность культур варьирует от 8 до 12 % [2].

Воспроизводство плодородия мелиорированных земель в адаптивно-ландшафтном земледелии осуществляется вещественным и технологическим способами. Первый из них предполагает проведение осушения и орошения, применение удобрений, химических мелиорантов, пестицидов и др., второй – распространение научно-обоснованных севооборотов, промежуточных и сидеральных культур, различных приемов обработки почвы и адаптированных технологий. Оба способа направлены на достижение единой цели, хотя механизм их действия различен [3,4].

Например, основная обработка оказывает непосредственное воздействие главным образом на агрофизические свойства почвы. Их интегральной характеристикой выступает плотность сложения. Именно она определяет величину общей пористости и пористости аэрации, а также твердость почвы и запас продуктивной влаги в корнеобитаемом слое. С плотностью почвы непосредственно связаны эффективность и качество механической обработки, а также затраты на ее проведение [5, 6].

В последние годы вследствие применения тяжеловесных тракторов и орудий происходит переуплотнение почв, утрата зернистой структуры, снижение полевой влагоемкости и водопроницаемости. В уплотненной почве нарушаются микробиологические процессы, накапливаются восстановленные соединения, снижается плодородие. Даже при незначительном увеличении плотности почвы с 0,95 до 1,10 г/см^3 впитывание влаги в почву происходит в 2...3 раза медленнее, а ее испарение из плотной почвы – на 0,5...1,0 мм/сутки выше.

Цель наших исследований – изучение корреляционных связей между агрофизическими показателями осушенной дерново-среднеподзолистой

1. Средняя температура воздуха и сумма осадков по наблюдениям метеообсерватории им. В.А. Михельсона

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С		Сумма осадков, мм	
		средняя за 2013-2016 гг.	средняя многолетняя	средняя за 2013-2016 гг.	средняя многолетняя
май	1	12,8	10,0	19,8	17,0
	2	16,8	12,1	8,2	18,0
	3	17,7	13,5	32,7	20,0
июнь	1	18,4	14,4	18,1	22,0
	2	17,5	16,2	24,7	23,0
	3	18,0	17,3	29,5	25,0
июль	1	21,6	17,7	13,3	28,0
	2	20,2	18,5	30,8	29,0
	3	21,4	18,3	21,9	28,0
август	1	21,1	17,6	11,0	26,0
	2	19,5	16,3	23,4	25,0
	3	15,8	15,1	39,0	25,0

почвы при разных способах основной обработки в плодосменном севообороте в условиях Верхневолжья.

Исследования проводили в 2013–2016 гг. на испытательном участке ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» Конаковского района Тверской области в плодосменном севообороте занятый пар (вико-овес) – озимая пшеница – ячмень – кукуруза на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой, хорошо окультуренной, осушенной закрытым дренажем почве, с мощностью пахотного слоя 20…22 см, содержанием в нем гумуса 1,62…1,78 %, легкогидролизуемого азота – 72…78 мг, подвижного фосфора (P_2O_5) –155… 182 мг, калия (K_2O) – 93…104 мг/кг почвы, с близкой к нейтральной ($pH_{сол.}$ 5,8…5,9) реакцией среды.

Схема опыта включала следующие варианты основной обработки почвы: отвальная вспашка на 20…22 см (контроль) и на 28…30 см, чизельная на 28…30 см, поверхностная дисковая на 8…10 см. Высевали сорт ячменя Зазерский 85 и гибрид кукурузы Росс 140 СВ, допущенные к использованию по второму региону РФ [7]. Данные экспериментов подвергали математической обработке методом корреляционного анализа [8].

Агрофизические показатели (плотность, пористость общая и пористость аэрации, твердость, запас продуктивной влаги) почвы определяли общепринятыми методами под ячменем после всходов и кукурузой – перед первой междурядной обработкой.

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно отличались от средних многолетних как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков и их распределению по декадам и месяцам, что позволило объективно оценить влияние способов обработки на взаимосвязи между агрофизическими свойствами почвы (табл. 1).

В годы проведения опытов средняя температура воздуха в период с мая по август включительно составила 18,4 °С при общей сумме положительных температур 2374 °С, что выше среднемноголетних значений соответственно на 2,8 °С и 364 °С. Особенно теплыми были вторая и третья декада мая (+4,2…4,7 °С), первая декада июня (+4 °С), первая декада июля (+3,9 °С), первая и вторая декада августа (+3,2…3,5 °С).

2. Запас продуктивной влаги в пахотном слое почвы (мм), среднее за 2013–2016 гг.

Прием обработки почвы	Ячмень		Кукуруза	
	всего	± к контролю	всего	± к контролю
Вспашка на 20…22 см (контроль)	64,1	–	64,9	–
Вспашка на 28…30 см	62,5	-1,6	63,5	-1,4
Чизелевание на 28…30 см	70,9	+6,8	73,4	+8,5
Дискование на 8…10 см	75,1	+11,0	79,4	+15,5
$НСР_{05}$	3,7	0,7	3,9	0,8

Средняя сумма осадков за вегетационный период в 2013–2016 гг. составила 272,4 мм, или 95,2 % от нормы (286,0 мм). Их распределение в течение вегетации было крайне неравномерным: дефицит осадков проявлялся во второй декаде мая (45,6 % от нормы), первой декаде июля (47,5 %) и первой декаде августа (42,3 %); обилие – в третьей декаде мая (164 %) и третьей декаде августа (156 % от нормы).

Избыточное увлажнение весной мешало своевременно завершить посевную кампанию, а в конце лета – убрать урожай в оптимальные сроки. Поэтому даже в условиях Верхневолжья необходима оптимизация водного режима почв в технологиях интенсивного земледелия.

Напряженность выполнения изучаемых обработок почвы выражали через коэффициенты интенсивности, в основу расчета которых положено отношение энергетических затрат того или иного приема к их величине в контроле (вспашка на 20…22 см) [3]:

вспашка на 20…22 см (контроль) – 9060 МДж/га (К = 1,00);

вспашка на 28…30 см – 12140 МДж/га (К = 1,34).

чизелевание на 28…30 см – 8426 МДж/га (К = 0,93).

дискование на 8…10 см – 3262 МДж/га (К = 0,36).

Механическая обработка почвы, изменяя ее структурное состояние, служит, наряду с гидромелиорацией, решающим фактором регулирования водного и воздушного режимов пахотных почв. По мнению академика И.С. Шатилова [9], водопотребление полевых культур происходит в основном из пахотного слоя, так как в нем, как правило, размещена основная масса корневых систем. Запасы продуктивной влаги в этом слое, необходимые для дружных всходов считают хорошими, если они составляют не менее 40 мм.

В наших исследованиях под посевами ячменя и кукурузы в среднем за годы проведения опытов при всех способах основной обработки почвы запас продуктивной влаги находился на уровне оптимальных значений (табл. 2).

При этом глубокая отвальная вспашка на 28…30 см приводила к уменьшению запасов продуктивной влаги, относительно контрольного варианта, в то время как чизелевание и дискование существенно повышали ее запас, как по сравнению с традиционной вспашкой на 20…22 см, так и с глубокой на 28…30 см.

На фоне изученных приемов основной обработки плотность почвы под посевами ячменя и кукурузы положительно коррелировала с показателями твердости и запасом продуктивной влаги (соответственно r = 0,67…0,81 и 0,65…0,85) и отрицательно – с общей пористостью и пористостью аэрации (соответственно r = -0,57…-0,76 и -0,55…-0,73). Пористость аэрации была положительно связана с общей пористостью (соответственно r = 0,73…0,81 и 0,76…0,79) и отрицательно – с плотностью и твердостью (соответственно r = -0,55…-0,73 и -0,50…-0,65). Запас продуктивной влаги в почве положительно коррелировал с величинами плотности и твердости почвы как в посевах ячменя (r =0,65…0,85 и 0,61…0,70), так и под кукурузой (r = 0,67…0,83 и 0,70…0,74) и отрицательно – с общей пористостью и пористостью аэрации (r= -0,53…-0,62 и -0,53…-0,72). Эти показатели имеют важное производственное значение и их следует учитывать при подготовке почвы к посеву, поскольку они непосредственно влияют на важнейшие факторы жизни растений – водный и воздушный режимы, а также позволяют рассчитать коэффициент

3. Коэффициенты корреляции между агрофизическими показателями пахотного слоя дерново-подзолистой почвы при разных приемах основной обработки почвы под ячменем

Прием обработки почвы	Коэффициент интенсивности обработки	Показатель	Показатель				
			плотность почвы	общая пористость	пористость аэрации	твердость почвы	запас продуктивной влаги
			1	2	3	4	5
Вспашка на 20…22 см (контроль)	1,00	1	1,00	-0,75	-0,73	0,81	0,69
		2	-0,75	1,00	0,81	-0,65	-0,62
		3	-0,73	0,81	1,00	-0,57	-0,64
		4	0,81	-0,65	-0,57	1,00	0,69
		5	0,69	-0,62	-0,64	0,69	1,00
Вспашка на 28…30 см	1,34	1	1,00	-0,72	-0,71	0,77	0,69
		2	0,72	1,00	0,75	-0,64	-0,61
		3	-0,71	0,75	1,00	-0,55	-0,66
		4	0,77	-0,64	-0,55	1,00	0,64
		5	0,69	-0,61	-0,66	0,64	1,00
Чизелевание на 28…30 см	0,93	1	1,00	-0,57	-0,55	0,67	0,65
		2	-0,57	1,00	0,74	-0,62	-0,55
		3	-0,55	0,74	1,00	-0,58	-0,53
		4	0,67	-0,62	-0,58	1,00	0,61
		5	0,65	-0,55	-0,53	0,61	1,00
Дискование на 8…10 см	0,36	1	1,00	-0,76	-0,72	0,80	0,85
		2	-0,76	1,00	0,73	-0,63	-0,59
		3	-0,72	0,73	1,00	-0,50	-0,67
		4	0,80	-0,63	-0,50	1,00	0,70
		5	0,85	-0,59	-0,67	0,70	1,00

детерминации и установить долю участия каждого в накоплении влаги (табл. 3).

Значения коэффициентов корреляции между запасом продуктивной влаги и агрофизическими показателями мелиорированной дерново-подзолистой почвы изменялись в широком диапазоне (табл. 3 и 4): под посевами ячменя при вспашке на 20…22 см – от -0,64 до +0,69; при вспашке на 28…30 см – от -0,66 до +0,69; при чизелевании на 28…30 см – от -0,55 до +0,65 и при дисковой обработке на 8…10 см – от -0,67 до +0,85, то есть от сильной отрицательной до сильной положительной зависимости. Под кукурузой аналогичные значения коэффициентов корреляции изменялись, соответственно обработкам: от -0,66 до +0,73; от -0,61 до +0,74; от -0,57 до +0,70 и от -0,72 до +0,83.

Поскольку все изученные в опыте агрофизические показатели тесно связаны между собой и взаимозависимы один от другого, то среди них очень важно выделить самый действенный фактор, оказывающий наибольшее влияние на запасы продуктивной влаги во всех случаях. По нашему мнению, это плотность почвы, от которой, зависят размеры притока влаги из нижних слоев к верхним, контакт между частицами почвы и семенами, что создает условия для их быстрого и дружного прорастания. Однако уплотнение пахотного слоя в сухую и ветреную погоду может иссушить почву, поэтому в таких условиях целесообразно быстро разрушать капилляры путем довсходового боронования.

Величина твердости зависит от влажности почвы, ее оструктуренности и гранулометрического состава. При иссушении почвы твердость увеличивается, корни растений и всходы сельскохозяйственных культур испытывают большее сопротивление почвы, поэтому очень важно поддерживать оптимальный запас продуктивной влаги в пахотном слое, что снизит удельное сопротивление при обработке и затраты энергии, а также улучшит водно-воздушный режим.

Более наглядно зависимость изменения запасов продуктивной влаги (%) от агрофизических свойств исследуемой почвы можно проследить на основании расчета коэффициентов детерминации (табл. 5). В наших опытах при возделывании как ячменя, так и кукурузы зависимость изменений запасов продуктивной влаги от агрофизических свойств усиливалась при дисковании на 8…10 см, по сравнению с другими приемами обработки почвы. В среднем за 4 года исследований максимальный в эксперименте коэффициент детерминации зафиксирован при поверхностной обработке (50,3…53,2 %), минимальный – при чизелевании (34,5…38,6 %), при этом они достоверно отличались от контрольного варианта. В варианте со вспашкой на 28…30 см достоверное ослабление зависимости запаса продуктивной влаги от агрофизических показателей отмечено только при возделывании кукурузы, в то время как под ячменем наблюдали лишь тенденцию к ее уменьшению.

Однако при дисковой обработке оптимальные условия для развития корневых систем создаются только в самом верхнем (0…10 см) слое почвы, чего совершенно недостаточно для нормального роста и развития растений кукурузы, имеющих мощную, многоярусную и сильно разветвленную корневую систему, способную на почвах с рыхлым подпахотным горизонтом проникать на глубину до 3-х метров.

По нашим данным [1, 10], при отсутствии трудноискоренимых видов корневищных и корнеотпрысковых сорняков, дисковая обработка вполне подходит для растений с мочковатой корневой системой, таких как ячмень, основная масса корней которого размещается в слое почвы 0…25. Для кукурузы предпочтительна глубокая основная обработка почвы, обеспечивающая рыхление не только пахотного, но и подпахотного слоев.

4. Коэффициенты корреляции между агрофизическими показателями пахотного слоя дерново-подзолистой почвы при разных приемах основной обработки под кукурузой

Прием обработки почвы	Коэффициент интенсивности обработки	Показатель	Показатель				
			плотность почвы	общая пористость	пористость аэрации	твердость почвы	запас продуктивной влаги
			1	2	3	4	5
Вспашка на 20…22 см (контроль)	1,00	1	1,00	-0,69	-0,67	0,78	0,73
		2	-0,69	1,00	-0,76	-0,62	-0,57
		3	-0,67	0,80	1,00	-0,60	-0,66
		4	0,78	-0,62	-0,60	1,00	0,73
		5	0,73	-0,57	-0,66	0,73	1,00
Вспашка на 28…30 см	1,34	1	1,00	-0,66	-0,63	0,74	0,68
		2	-0,66	1,00	0,77	-0,57	-0,54
		3	-0,63	0,77	1,00	-0,65	-0,61
		4	0,74	-0,57	-0,65	1,00	0,74
		5	0,68	-0,54	-0,61	0,74	1,00
Чизелевание на 28…30 см	0,93	1	1,00	-0,62	-0,60	0,71	0,67
		2	-0,62	1,00	0,79	-0,56	-0,53
		3	-0,60	0,79	1,00	-0,62	-0,57
		4	0,71	-0,56	-0,62	1,00	0,70
		5	0,67	-0,53	-0,57	0,70	1,00
Дискование на 8…10 см	0,36	1	1,00	-0,76	-0,70	0,81	0,83
		2	-0,76	1,00	0,76	-0,66	-0,61
		3	-0,70	0,76	1,00	-0,50	-0,72
		4	0,81	-0,66	-0,55	1,00	0,71
		5	0,83	-0,61	-0,75	0,71	1,00

5. Коэффициенты детерминации между запасом продуктивной влаги и агрофизическими свойствами дерново-подзолистой почвы под ячменем (числитель) и кукурузой (знаменатель) в слое 0-30 см, %

Прием обработки почвы	Коэффициент интенсивности обработки	Плотность почвы	Общая пористость	Пористость аэрации	Твердость почвы	Среднее
Вспашка на 20…22 см (контроль)	1,0	47,6 53,3	38,4 32,5	41,0 43,6	47,6 53,3	43,7 45,7
Вспашка на 28…30 см	1,34	47,6 46,2	37,2 29,2	43,6 37,2	41,0 54,8	42,4 41,9
Чизелевание на 28…30 см	0,93	42,2 44,9	30,3 28,1	28,1 32,5	37,2 49,0	34,5 38,6
Дискование на 8…10 см	0,36	72,3 68,9	34,8 37,2	44,9 56,3	49,0 50,4	50,3 53,2
$НСР_{05}$	–	3,0 3,0	2,0 1,8	2,3 2,4	2,5 3,0	2,4 2,6

В частности, для этой культуры в наибольшей степени подходит глубокое чизелевание почвы.

Согласно представленным данным, от 28 до 72 % вариабельности запасов продуктивной влаги обусловлено изменениями агрофизических свойств почвы. Следует также подчеркнуть, что зависимости между ними усиливаются в направлении от чизелевания (28…49 %) к вспашке на 30 см (29…55 %) и дисковой обработке (37…72 %).

Поскольку агрофизические свойства мелиорированных почв зависят от способов их основной обработки, при возделывании сельскохозяйственных культур следует разумно сочетать глубокую отвальную вспашку с безотвальным и поверхностным рыхлением, то есть подходить к решению этой задачи дифференцированно. В зависимости от гранулометрического состава почвы и агроклиматических ресурсов региона следует вводить как минимальную обработку, которая обеспечивает как уменьшение интенсивности механического воздействия, так и совмещение технологических операций путем применения комбинированных машин.

Таким образом, в условиях Верхневолжья на фоне различных приемов основной обработки запас продуктивной влаги в слое 0…30 см положительно коррелирует с величинами плотности и твердости осушенной дерновосреднеподзолистой легкосуглинистой почвы как под посевами ячменя (г = 0,65…0,85 и 0,61…0,70), так и кукурузы (г = 0,67…0,83 и 0,70…0,74). Эти показателя имеют важное производственное значение и должны учитываться при подготовке почвы к посеву, как непосредственно влияющие на ее водный и воздушный режимы.

С уменьшением глубины и интенсивности основной обработки почвы корреляционная взаимосвязь показателей плотности, пористости и запаса продуктивной влаги в слое 0…30 см усиливается в направлении от чизелевания на 28…30 см (коэффициент детерминации 28…49%) к вспашке на 20…22 и 28…30 см (29…55%) и поверхностной дисковой обработке на 8…10 см (37…72%).

Литература.

1. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия: монография / А.И. Беленков, В.А. Шевченко, Т.А. Трофимова и др. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. С. 77–145.

2. Матюк Н.С., Шевченко В.А. Баланс азота, фосфора и калия в зернопропашном севообороте // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. №6. С. 19–22.

3. Земледелие: учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин и др. / Под ред. А.И. Пупонина. М.: Колос, 2000. С. 43–84.

4. Инновационные способы обработки почв при возделывании ячменя / Ю.Н. Плескачёв, И.Б. Борисенко, В.Ю. Мисюряев и др. // Плодородие. 2012. № 6. С. 18–22.

5. Беленков А.И. Взаимосвязь урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почв в зависимости от ее обработки в полевом опыте ЦТЗ // Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия: коллективная монография. М., Суздаль, 2017. Т. 1. С. 162–167.

6. Доспехов Б.А. Минимализацияя обработки почвы. Направления исследований и перспективы внедрения в производство // Земледелие. 1978. № 9. С. 26–31.

7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Т. 1 « Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. С. 21–44.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник для студентов высш. учеб. заведений. М.: Агропромиздат, 1985. 194 с.

9. Шатилов И.С. Фотосинтетический потенциал, интенсивность фотосинтеза и роль отдельных органов растений в формировании биологического урожая озимой пшеницы на разных агрофонах // Сельскохозяйственная биология. 1978. Т. 13. № 1. С. 48–53

10. Шевченко В.А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России: монография. М.: ФГБНУ ВНИИГиМ, 2017. С. 242–261.

Correlation of Agrophysical Indicators of Reclaimed Lands of the Upper Volga Region with Different Tillage Methods

V.A. Shevchenko[1], A.I. Belenkov[2], A.M. Solovyov[2]

[1]All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration them. A.N. Kostyakova, ul. Bolshaya Akademicheskaya, 44, k. 2, Moscow, 127550, Russian Federation

[2]Russian State Agrarian University – MAAA them. K.A. Timiryazev, ul. Timiryazevskaya, 49, Moscow, 127550, Russian Federation

Abstract. *In a field experiment it was studied the changes of correlation between the most important agrophysical parameters of soil against the background of different tillage methods. The soil was drained by subsurface drainage, sod-medium podzolic, light loamy. The tillage methods were ploughing at 20–22 cm and 28–30 cm, chisel cultivation at 28–30 cm and surface disking at 8–10 cm. The experiments were carried out in farm "Dmitrova Gora", Konakovo district, Tver region in 2013–2016 in a crop rotation: seeded fallow (vetch + oat), winter rye, barley, corn. The soil had the average thickness of an arable layer (20–22 cm), low humus content (1.62–1.78%) and close to neutral reaction (pH of salt extraction was 5.8–5.9). The density, hardness, total porosity, porosity of aeration and the supply of productive moisture were determined by standard methods in a soil layer of 0–30 cm in a barley field after germination and in a corn field before the first inter-row processing. Against the background of the studied methods of tillage, soil density both under barley and corn crops positively correlated with hardness parameters and productive moisture reserves (r was equal to 0.67–0.81 and 0.65–0.85, respectively) and negatively correlated with total porosity and porosity of aeration (r was from -0.57 to -0.76 and from -0.55 to -0.73, respectively). The porosity of aeration positively correlated with the total porosity (r = 0.73–0.81 and r = 0.76–0.79, respectively) and negatively correlated with density and hardness (r was from -0.55 to -0.73 and from -0.50 to -0.65, respectively). The supply of productive moisture on reclaimed sod light loamy soil positively correlated with the values of soil density and hardness both under barley (r = 0.65–0.85 and r = 0.61–0.70) and corn (r = 0.67–0.83 and r = 0.70–0.74) and negatively correlated with the total porosity and aeration porosity (r was -0.53 to -0.62 and from -0.53 to -0.72). These indicators are important for production, they should be considered when preparing the soil for sowing, as directly affecting water and air regimes.*

Keywords: *correlation; reclaimed land; agrophysical soil indicators; tillage methods; crop rotation; determination coefficient; supply of productive moisture.*

Author Details: *V.A. Shevchenko, D. Sc. (Agr.), director; A.I. Belenkov, D. Sc. (Agr.), professor (email: belenokaleksis@mail.ru); A.M. Solovyov, D. Sc. (Agr.), professor.*

For citation: *Shevchenko V.A., Belenkov A.I., Solovyov A.M. Correlation of Agrophysical Indicators of Reclaimed Lands of the Upper Volga Region with Different Tillage Methods. Zemledelie. 2018. No. 8. Pp. 26–29 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10808.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10809
УДК 631.51: 631.582: 631.82: 632.934: 632.954: 633.11

Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации

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

Исследования проводили в 2011–2017 гг. на выщелоченном черноземе лесостепи Алтайского Приобья в севообороте пар чистый (на фоне без основной обработки – рапс) – пшеница – овес – пшеница – горох – пшеница и при бессменном возделывании пшеницы. Схема опыта включала следующие варианты: приём основной обработки почвы (фактор А) – глубокая (25…27 см) плоскорезная; мелкая (14…16 см) плоскорезная; без основной обработки; удобрения (фактор В) – без удобрений; P_{25}; $N_{40}P_{25}$ (под горох – P_{50}); средства защиты растений (фактор С) – без защиты; дикотициды; дикотициды + граминициды; гербициды, инсектициды, фунгициды. Цель исследований – изучить влияния приёмов основной обработки почвы, минеральных удобрений и средств защиты растений на продуктивность агроценозов и качество зерна яровой пшеницы. Уменьшение глубины основной обработки почвы или переход на No-till технологии с заменой чистого пара возделыванием рапса не оказывали существенного влияния на продуктивность севооборота (1,36, 1,31 и 1,37 тыс. зерн. ед./га соответственно). Это объясняется равной эффективностью глубокой и мелкой плоскорезных обработок под зерновые культуры, а также компенсацией снижения их урожайности при переходе к прямому посеву дополнительной продукцией рапса в занятом пару. При бессменном возделывании пшеницы минимизация основной обработки или отказ от нее приводили к снижению урожайности культуры (1,13, 1,10 и 0,99 т/га). Замена глубокой обработки мелкой или прямым посевом в зерновом севообороте сопровождалась ростом эффективности удобрений и средств защиты растений, а при бессменном возделывании пшеницы – снижением. По влиянию на качество зерна пшеницы изученные факторы можно выстроить в порядке убывания в следующий ряд: средства химизации – предшественники – приёмы основной обработки почвы. Наибольшее в опыте среднее содержание белка (13…14 %) и клейковины (29…31 %) в зерне отмечено при размещении пшеницы после пара и гороха на фоне глубокой или мелкой плоскорезной обработки, применения азотно-фосфорных удобрений и комплекса пестицидов.

Ключевые слова: *севооборот, предшественник, приём основной обработки почвы, No-till технология, удобрения, средства защиты растений, яровая пшеница, урожайность, белок, клейковина.*

Для цитирования: *Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации / В. И. Усенко, С. В. Усенко, В. П. Олешко и др. // Земледелие. 2018. № 8. С. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10809.*

Одна из наиболее энергоемких технологических операций при возделывании зерновых культур – основная обработка почвы, на выполнение которой затрачивается до 40 % энергетических и 25 % трудовых ресурсов в земледелии. Поэтому ее совершенствование в плане минимизации затрат и механического воздействия на почву при разработке современных почвозащитных ресурсо- и энергосберегающих технологий производства зерна и другой продукции, имеет приоритетное значение. Выбор наиболее целесообразного способа основной обработки почвы, как и возможность отказа от ее проведения, под конкретную культуру определяется множеством факторов и условий, к числу которых относятся агрофизические, агробиологические и агрохимические свойства, подверженность эрозионным процессам, общая культура земледелия, предшественник и способ основной обработки почвы под него, засоренность и наличие растительных остатков на поверхности поля, климатические и погодные условия, ограниченность сроков выполнения по времени, объемы применения удобрений и средств защиты растений, обеспеченность соответствующими машинами и орудиями и др. [1, 2, 3, 4, 5].

Цель исследований – изучить влияние приёмов основной обработки почвы, минеральных удобрений и средств защиты растений на продуктивность агроценозов и качество зерна яровой пшеницы.

Работу проводили в 2011–2017 гг. в Алтайском НИИСХ Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий в стационарном полевом опыте, заложенном в 2000 г. в севообороте пар чистый – пшеница – овес – пшеница – горох – пшеница и при бессменном возделывании пшеницы. Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

приём основной обработки почвы (фактор А) – глубокая (25…27 см) плоскорезная (ГПО); мелкая (14…16 см) плоскорезная; поверхностная (6…8 см) обработка (ПО);

удобрение (фактор В) – без удобрений (0); припосевное (P_{25}); припосевное и основное внесение ($N_{40}P_{25}$, под горох – P_{50});

средства защиты растений (фактор С) – без средств защиты (0); гербициды против широколистных сорняков (Г-1); гербициды против широколистных и злаковых сорняков (Г-2); гербициды, инсектициды и фунгициды (ГИФ).

С 2011 г. поверхностная обработка в опыте заменена фоном без основной обработки почвы (БО), на котором, для соблюдения принципов No-till технологий, не предусматривающих наличия чистого пара, последний заменяли занятым (рапс на семена).

Повторность опыта 3-кратная для полей севооборота и 2-кратная для бессменных посевов пшеницы, размещение вариантов систематическое. Севооборот развернут во времени и пространстве всеми полями. Общая площадь опытной делянки последнего порядка – 116…255 м^2, учетная – 57,5 м^2.

В опыте применяли: удобрения – аммиачную селитру, двойной гранулированный суперфосфат или аммофос; гербициды – Гранстар Про 20 г/га, Пума Супер 100 0,6 л/га, Пантера 1 л/га; инсектициды – Би 58 Новый 1 л/га, Децис Профи 0,2 л/га, Круйзер 8 л/т; фунгицид – Фалькон 0,6 л/га.

Высевали сорта Алтайской селекции: яровой мягкой пшеницы – Алтайская 325, овса – Аргумент, гороха – Варяг, ярового рапса – АНИИСХ 4. Посев всех культур проводили во второй декаде мая сеялкой СЗП-3,6 (на фонах с обработкой почвы) или Semeato TDNG-420 (без обработки почвы). Норма высева пшеницы составляла 5,0 млн всхожих зерен на 1 га, овса – 4,5, гороха – 1,2, рапса – 3,0 млн всхожих семян на 1 га. Средства защиты растений вносили прицепным опрыскивателем Кертитокс. Урожайность зерна учитывали комбайном Sampo 130 при полной спелости зерна, приводили к 100 %-ной чистоте и 14 %-ной влажности. Данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [6]. Продуктивность севооборота рассчитывали в зерновых единицах с использованием утвержденных МСХ РФ (приказ № 330 от 6.07.2017) коэффициентов перевода, составляющих для зерна пшеницы 1,00, овса – 0,80, гороха – 0,99, рапса – 1,36.

Почва опытного участка, расположенного на склоне юго-восточной

1. Продуктивность зернового севооборота в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации (2011–2017 гг.), тыс. зерн. ед./га

Обработка (фактор А)	Удобрение* (фактор В)	Средства защиты растений (фактор С)				Среднее
		0	Г-1	Г-2	ГИФ	
ГПО	0	1,04	1,18	1,28	1,45	1,24
	P_{21}	1,13	1,26	1,40	1,60	1,35
	$N_{27}P_{25}$	1,23	1,41	1,55	1,77	1,49
	среднее	1,13	1,28	1,41	1,61	1,36
МПО	0	1,02	1,14	1,26	1,42	1,21
	P_{21}	1,10	1,22	1,33	1,52	1,29
	$N_{27}P_{25}$	1,19	1,33	1,46	1,74	1,43
	среднее	1,10	1,23	1,35	1,56	1,31
БО	0	0,99	1,15	1,28	1,47	1,23
	P_{21}	1,11	1,26	1,43	1,61	1,35
	$N_{27}P_{25}$	1,25	1,43	1,59	1,87	1,53
	среднее	1,12	1,28	1,43	1,65	1,37
Среднее	0	1,02	1,16	1,27	1,45	1,22
	P_{21}	1,11	1,25	1,39	1,58	1,33
	$N_{27}P_{25}$	1,22	1,39	1,53	1,79	1,48
	среднее	1,12	1,27	1,40	1,60	1,35
$НСР_{05}$ для факторов: А, В=0,03, С=0,04, АВ=0,05, АС, ВС=0,06, АВС=0,11						
Доля влияния, %: А – 1,4; В – 25,2; С – 71,3; АВ, АС, ВС, АВС – 0,1-1,0						

** в среднем на 1 га севооборотной площади с учетом парового поля.*

экспозиции крутизной 1…2°, – чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный среднесуглинистый, с содержанием гумуса в пахотном слое 3,80 %, общего азота – 0,30 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) –270 и 180 мг/кг почвы соответственно. Реакция среды – близкая к нейтральной ($pH_{сол.}$ 6,15).

Зона Приобской лесостепи Алтайского края – теплый недостаточно увлажненный район с дефицитом осадков в первой половине вегетации и повышенным их количеством во второй. В среднем за 2011–2017 гг. за сельскохозяйственный год выпадало 471 мм осадков (115 % от нормы), в том числе в осенний период (сентябрь–октябрь) – 82 мм (117 %), зимний (ноябрь–март) – 140 мм (125 %), весенний (апрель–1-я и 2-я декады мая) – 48 мм (91 %), летний (3-я декада мая–август) – 201 мм (116 %).

По годам сумма осадков варьировала от 317 и 375 мм (78 и 92 %) в 2012 и 2011 гг. до 556 и 604 мм (136 и 148 %) в 2017 и 2013 гг. При этом 3 года отличались острым дефицитом осадков в первой половине лета, в том числе острой засухой в 2012 г., а 5 – их избытком в середине вегетации, особенно 2014, 2016 и 2017 гг. с осадками в июле 108…138 мм (169…216 % от нормы). Обилие тепла зафиксировано в 2012, 2016 и 2017 гг. с суммами положительных температур за апрель–август 2517, 2376 и 2322 °С соответственно, недостаток – в 2013 и 2014 гг. (2091 и 2139 °С) при норме 2155 °С. В целом условия вегетации в годы исследований изменялись от умеренно переувлажненных с коэффициентом увлажнения ($К_у$) 1,27 в 2013 г. и умеренно увлажненных ($К_у$=1,22) в 2017 г. до умеренно дефицитных ($К_у$=0,85…0,98) в 2014–2016 гг., дефицитных ($К_у$=0,69) в 2011 г. и остродефицитных ($К_у$=0,57) в 2012 г.

Влияние изучаемых факторов на агрофизические свойства, водный и питательный режимы выщелоченного чернозема и урожайность яровой пшеницы в опыте было подробно изложено ранее [7, 8, 9].

Продуктивность севооборота, вопреки ожиданиям, в среднем за годы исследований практически не зависела от основной обработки почвы, тогда как под влиянием средств химизации существенно изменялась (табл. 1). Так, если в среднем по обработкам она варьировала от 1,36 тыс. зерн. ед./га на фоне с глубокой плоскорезной до 1,31 тыс. зерн. ед./га – с мелкой и 1,37 тыс. зерн. ед./га – с нулевой, или различалась менее чем на 5 %, то в зависимости от удобрений увеличивалась с 1,22 тыс. зерн. ед./га в контроле до 1,33 – на фоне P_{21} и 1,48 тыс. зерн. ед./га – на фоне $N_{27}P_{25}$, или на 0,11…0,26 тыс. зерн. ед./га (9,0…21,3 %), а в зависимости от средств защиты – с 1,12 тыс. зерн. ед./га в контроле до 1,27 – на фоне дикотицида, 1,40 – дикотицида и граминицида и до 1,60 тыс. зерн. ед./га – на фоне комплекса средств защиты растений, или на 0,15, 0,28 и 0,48 тыс. зерн. ед./га (13,4, 25,0 и 42,9 %) соответственно.

Отсутствие существенных различий в средней продуктивности севооборота в вариантах с основной обработкой почвы объясняется, во-первых, практически равной эффективностью глубокой (на 25…27 см) и мелкой (на 14…16 см) плоскорезных обработок в полях зернопарового севооборота, во-вторых, – компенсацией уменьшения продуктивности культур при переходе на No-till технологии дополнительной продукцией маслосемян рапса в занятом пару. Средняя его урожайность за 7 лет в целом по фону без обработки составила 1,05 т/га с варьированием от 0,76 т/га в абсолютном контроле без средств химизации до 1,42 т/га на фоне их последействия, или от 1,03 до 1,93 тыс. зерн. ед./га.

Складывающиеся под влиянием приёмов основной обработки почвы режимы и условия проявлялись в изменении эффективности применения минеральных удобрений и средств защиты растений. От припосевного внесения P_{21} прирост продуктивности севооборота мало изменялся по фонам основной обработки почвы, варьируя в пределах от 0,08 до 0,12 тыс. зерн. ед./га, но заметно повышался до 0,14…0,15 тыс. зерн. ед./га на фоне комплекса средств защиты растений, а от применения $N_{27}P_{25}$ – увеличивался в направлении от глубокой и мелкой плоскорезной обработки (0,22…0,25 тыс. зерн. ед./га) к необработанному фону (0,30 тыс. зерн. ед./га), и от незащищенных фонов (0,17…0,26 тыс. зерн. ед./га) к фонам с применением дикотицидов (0,19…0,28 тыс. зерн. ед./га), дикотицидов и граминицидов (0,20…0,31 тыс. зерн. ед./га) и комплекса средств защиты растений (0,32…0,40 тыс. зерн. ед./га). Окупаемость 1 кг действующего вещества фосфорного удобрения (P_{21}) дополнительной продукцией севооборота варьировала от 3,8 до 7,1 зерн. ед., а азотно-фосфорного ($N_{27}P_{25}$) – от 3,3 до 7,7 зерн. ед.

В свою очередь, отдача от применения средств защиты растений, особенно полного их комплекса, на фоне азотно-фосфорного удобрения была выше, чем в контроле без удобрений и на фоне одних фосфорных удобрений (соответственно 0,57, 0,43 и 0,47 тыс. зерн. ед./га), а на фоне глубокой и мелкой плоскорезной обработки – ниже, чем при прямом посеве (0,46…0,48 и 0,53 тыс. зерн. ед./га). Прибавки продуктивности севооборота при использовании дикотицида составляли 0,12…0,18 тыс. зерн. ед./га, дикотицида и граминицида – 0,23…0,34, комплекса средств защиты растений – 0,40…0,62 тыс. зерн. ед./га при более высоких абсолютных значениях на фоне прямого посева.

Максимальная в опыте продуктивность севооборота отмечена на фоне прямого посева культур при использовании $N_{27}P_{25}$ и полного комплекса средств защиты растений – 1,87 тыс. зерн. ед./га против 1,74…1,77 тыс. зерн. ед./га на фоне мелкой или глубокой основной обработки почвы при таком же уровне интенсификации. На экстенсивных фонах без применения минеральных удобрений и средств защиты растений (абсолютный контроль) она снижалась в направлении от глубокой плоскорезной основной обработки (1,04 тыс. зерн. ед./га) к мелкой плоскорезной (1,02 тыс. зерн. ед./га) обработке и к прямому посеву культур (0,99 тыс. зерн. ед./га).

Урожайность пшеницы при бессменном возделывании закономерно и предсказуемо изменялась под действием изучаемых факторов, составляла в среднем по опыту 1,07 т/га и на 0,28 т/га (21 %) уступала продуктивности зернового севооборота (табл. 2). В зависимости

2. Урожайность бессменной пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации (2011–2017 гг.), т/га

Обработка (фактор А)	Удобрение (фактор В)	Средства защиты растений (фактор С)				Среднее
		0	Г-1	Г-2	ГИФ	
ГПО	0	0,81	0,93	1,05	1,17	0,99
	P_{25}	0,89	0,97	1,12	1,34	1,08
	$N_{40}P_{25}$	1,01	1,26	1,40	1,61	1,32
	среднее	0,90	1,05	1,19	1,37	1,13
МПО	0	0,86	0,96	1,03	1,12	0,99
	P_{25}	0,91	1,03	1,11	1,22	1,07
	$N_{40}P_{25}$	1,00	1,17	1,31	1,50	1,25
	среднее	0,92	1,05	1,15	1,28	1,10
БО	0	0,71	0,81	0,93	1,06	0,88
	P_{25}	0,83	0,91	0,95	1,18	0,97
	$N_{40}P_{25}$	0,93	1,02	1,18	1,32	1,11
	среднее	0,82	0,92	1,02	1,19	0,99
Среднее	0	0,79	0,90	1,00	1,11	0,95
	P_{25}	0,87	0,97	1,06	1,25	1,04
	$N_{40}P_{25}$	0,98	1,15	1,29	1,48	1,23
	среднее	0,88	1,01	1,12	1,28	1,07
$НСР_{05}$ для факторов: А, В – 0,05; С – 0,06; АВ – 0,08; АС, ВС – 0,10; АВС – 0,17						
Доля влияния факторов, %: А – 9,5; В – 32,4; С – 53,1; АВ, АС, ВС, АВС – 0,9-2,1						

от приёма основной обработки почвы она снижалась с 1,13 т/га на фоне глубокой плоскорезной обработки до 1,10 т/га на фоне мелкой и 0,99 т/га на необрабатываемом фоне, или на 0,03 и 0,14 т/га (2,7 и 12,4 %) соответственно, тогда как в зависимости от удобрений – увеличивалась с 0,95 т/га в варианте без удобрений до 1,04 т/га – на фоне P_{25} и 1,23 т/га – на фоне $N_{40}P_{25}$, или на 0,09 и 0,28 т/га (9,5 и 29,5 %), а в зависимости от средств защиты растений – с 0,88 т/га в варианте без защиты до 1,01 т/га на фоне применения дикотицида, 1,12 т/га – дикотицида и граминицида и до 1,28 т/га – на фоне использования полного комплекса средств защиты растений, или на 0,13, 0,24 и 0,40 т/га (14,8, 27,3 и 45,5 %).

Как и под культурами севооборота, формируемые приемами основной обработки почвы под посевами бессменной пшеницы режимы и условия проявлялись в изменении отдачи от применения минеральных удобрений и средств защиты растений. Прирост ее урожайности от внесения азотно-фосфорных удобрений уменьшался в направлении от глубокой и мелкой плоскорезной обработки (0,26…0,33 т/га) к необработанному фону (0,23 т/га) и увеличивался от вариантов без защиты растений (0,14…0,22 т/га) к фонам с применением дикотицида (0,21…0,33 т/га), дикотицида и граминицида (0,25…0,35 т/га) и полного их комплекса (0,26…0,44 т/га). Окупаемость 1 кг действующего вещества фосфорного удобрения (P_{25}) дополнительным сбором зерна бессменной пшеницы варьировала от 0,8 до 6,8 кг, а азотно-фосфорного ($N_{40}P_{25}$) – от 2,2 до 6,8 кг.

При этом отдача от средств защиты растений, особенно полного их комплекса, на фоне азотно-фосфорного удобрения была выше, чем без применения удобрений (соответственно 0,50 и 0,32 т/га), а на фоне глубокой и мелкой плоскорезной обработки – выше, чем при прямом посеве (0,36…0,47 и 0,37 т/га).

Максимальная урожайность бессменной пшеницы в опыте отмечена на фоне глубокой плоскорезной обработки почвы при ежегодном применении $N_{40}P_{25}$ и комплекса средств защиты растений – 1,61 т/га против 1,50 и 1,32 т/га соответственно на фоне мелкой плоскорезной обработки почвы и прямого посева при таком же уровне использования средств интенсификации. Без минеральных удобрений и средств защиты растений урожайность бессменной пшеницы была несколько выше при мелкой плоскорезной основной обработке почвы (0,86 т/га), чем при глубокой плоскорезной (0,81 т/га), и значительно выше, чем при прямом посеве (0,71 т/га).

Важное условие перехода от традиционных к минимальным и No-till технологиям возделывания зерновых культур, прежде всего пшеницы, – сохранение приемлемого уровня качества зерна. В этой связи понимание закономерностей его формирования имеет важное практическое значение. В нашем опыте изучаемые факторы оказывали существенное влияние не только на урожайность культур и продуктивность севооборота, но и на качество зерна пшеницы (табл. 3).

На экстенсивном без удобрений и средств защиты растений фоне качество зерна пшеницы, размещаемой после различных предшественников, находилось в соответствии с их средообразующей ролью. Так, содержание белка в зерне пшеницы, идущей в севообороте первой культурой после пара, составляло в среднем 12,4 %, гороха – 12,2 %, овса – 11,6%, а возделываемой бессменно – 11,5 %. Аналогичная закономерность отмечена для клейковины, содержание которой в зерне составляло по предшественникам 28,0, 26,6, 25,6 и 25,2 % соответственно.

Влияние приемов обработки почвы на формирование качества зерна в опыте имело более сложный характер и в значительной степени зависело от предшественника. Так, если при посеве пшеницы после пара без применения удобрений и средств защиты растений, содержание белка и клейковины в зерне на фоне глубокой и мелкой плоскорезной обработок было значительно выше, чем на необработанном фоне, – соответственно 12,7 и 28,4…28,9 % против 11,9 и 26,6 %, то при размещении пшеницы

3. Качество зерна пшеницы в зависимости от предшественника, обработки почвы и средств интенсификации (2011–2017 гг.)

Обработка почвы (фактор В)	Уровень химизации (фактор С)	Предшественник (фактор А)				
		пар	горох	овес	пшеница	среднее
Белок, %						
$НСР_{05}$ для факторов: А=0,6, В=0,5, С=0,4, АВ=1,1, АС=0,9, ВС=0,8, АВС=1,5						
Доля влияния факторов: А=15,2, В=7,6, С=72,5, АВ=3,0, АС=0,4, ВС=1,0, АВС=0,3						
ГПО	0	12,7	11,7	11,5	11,5	11,9
	У+ГИФ	13,6	12,9	12,4	12,5	12,8
	среднее	13,2	12,3	12,0	12,0	12,4
МПО	0	12,7	12,8	11,8	11,2	12,1
	У+ГИФ	13,6	14,0	13,4	12,4	13,4
	среднее	13,1	13,4	12,6	11,8	12,7
БО	0	11,9	12,1	11,3	11,8	11,8
	У+ГИФ	12,8	13,0	12,4	12,2	12,6
	среднее	12,4	12,5	11,9	12,0	12,2
Среднее	0	12,4	12,2	11,6	11,5	11,9
	У+ГИФ	13,3	13,3	12,7	12,4	12,9
	среднее	12,9	12,7	12,1	11,9	12,4
Клейковина, %						
$НСР_{05}$ для факторов: А=1,4, В=1,2, С=1,0, АВ=2,4, АС=1,9, ВС=1,7, АВС=3,4						
Доля влияния факторов: А=15,6, В=7,1, С=73,3, АВ=2,8, АС=0,2, ВС=0,4, АВС=0,6						
ГПО	0	28,4	25,4	25,9	25,2	26,2
	У+ГИФ	30,6	28,6	27,7	27,8	28,7
	среднее	29,5	27,0	26,8	26,5	27,4
МПО	0	28,9	28,3	26,0	24,4	26,9
	У+ГИФ	30,4	31,0	29,3	28,0	29,7
	среднее	29,6	29,6	27,7	26,2	28,3
БО	0	26,6	26,0	24,8	26,1	25,9
	У+ГИФ	29,2	28,3	27,0	27,7	28,1
	среднее	27,9	27,2	25,9	26,9	27,0
Среднее	0	28,0	26,6	25,6	25,2	26,3
	У+ГИФ	30,1	29,3	28,0	27,8	28,8
	среднее	29,0	27,9	26,8	26,5	27,6

после гороха и овса, больше всего белка и клейковины в зерне накапливалось на фоне мелкой плоскорезной обработки, в сравнении с глубокой обработкой и прямым посевом (11,8…12,8 и 26,0…28,3 % против 11,3…12,1 и 24,8…26,0 %), а при бессменном возделывании пшеницы больше всего белка и клейковины в зерне отмечали при прямом посеве по необработанному фону, в сравнении с глубокой и мелкой плоскорезной обработкой (11,8 и 26,1 % против 11,2…11,5 и 24,4…25,2 %).

Наиболее выраженное и закономерно предсказуемое влияние на качество зерна в опыте оказывало применение минеральных удобрений и комплекса средств защиты растений. В среднем по предшественникам и приемам основной обработки почвы под воздействием средств интенсификации содержание белка в зерне пшеницы увеличивалось на 1,0 % (с 11,9 до 12,9 %), а клейковины – на 2,5 % (с 26,3 до 28,8 %), составляя в зерне пшеницы после пара 13,3 и 30,1 %, после гороха – 13,3 и 29,3 %, после овса – 12,7 и 28,0 %, при бессменном возделывании – 12,4 и 27,8 %.

Наибольшее в опыте содержание белка (13,4…14,0 %) и клейковины (30,4…31,0 %) накапливалось в зерне пшеницы при ее размещении после пара и гороха на фоне глубокой плоскорезной основной обработки с применением азотно-фосфорных удобрений и комплекса средств защиты растений.

Влияние средств интенсификации на качество зерна пшеницы на фоне глубокой и мелкой плоскорезных обработок усиливалось в направлении от пара к гороху, овсу и бессменной пшенице, а при прямом посеве по необработанной почве, напротив, ослабевало в этом же направлении – прирост содержания клейковины в зерне пшеницы под влиянием средств химизации на фонах с основной обработкой почвы по пару составлял 1,5…2,2, по гороху – 2,7…3,2, по овсу – 1,8…3,3, при бессменном посеве – 2,6…3,6 %, а на фоне прямого посева – соответственно 2,6, 2,3, 2,2 и 1,6 %.

Таким образом, при возделывании зерновых культур в севообороте в условиях лесостепи Алтайского Приобья уменьшение глубины основной обработки выщелоченного чернозема, или переход на No-till технологии с заменой чистого пара возделыванием рапса на экстенсивном (без применения удобрений и средств защиты растений) фоне не оказывало существенного влияния на продуктивность зернового севооборота, а на интенсивном – отмечена тенденция ее увеличения. Это объясняется равной эффективностью глубокой и мелкой плоскорезных обработок под зерновые и культуры, а также компенсацией снижения их урожайности при переходе к прямому посеву дополнительной продукцией рапса при замене чистого пара занятым. При бессменном возделывании пшеницы минимизация основной обработки чернозема, или отказ от ее выполнения, приводит к снижению урожайности культуры, особенно на интенсивном фоне.

Совместное применение минеральных удобрений и средств защиты растений обеспечивало увеличение их эффективности, в сравнении с раздельным использованием. Переход от глубоких плоскорезных обработок к мелким или к No-till технологиям в зерновом севообороте сопровождался ростом эффективности средств химизации, а при бессменном возделывании пшеницы – ее снижением.

По степени влияния на качество зерна пшеницы изученные факторы можно расположить в следующий убывающий ряд: средства химизации – предшественники – приёмы основной обработки почвы.

Наибольшее в опыте содержание белка и клейковины в зерне пшеницы отмечено при ее размещении после пара и гороха на фоне глубокой или мелкой плоскорезной обработки почвы, применения азотно-фосфорных удобрений и средств защиты растений.

Литература.

1. Власенко А. Н. Системы основной обработки черноземов лесостепи Западной Сибири при разных уровнях интенсификации земледелия: автореф. дис. … д-ра с.-х. наук. Новосибирск, 1995. 40 с.

2. Власенко Н. Г. Основные методологические принципы формирования современных систем защиты растений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 25–29.

3. Дридигер В. К. О методике исследований технологии No-till // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 30–32.

4. Торопова Е. Ю., Казакова О. А., Селюк М. П. Мониторинг септориоза яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. №11. С. 33–35.

5. Трансформация физических показателей черноземов в результате агрогенного воздействия / Ю. И. Чевердин, С. В. Сапрыкин, А. Ю. Чевердин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 3. С. 5–11.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

7. Усенко В. И., Усенко С. В. Эффективность применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от предшественника, обработки почвы и средств защиты растений в лесостепи Алтайского Приобья // Земледелие. 2016. № 8. С. 4–8.

8. Усенко В. И., Усенко С. В. Эффективность азотных удобрений при возделывании пшеницы по традиционным и No-till технологиям в лесостепи Алтайского Приобья // Земледелие. 2017. № 8. С. 32–35.

9. Усенко В. И., Усенко С. В. Водный режим выщелоченного чернозема в зависимости от предшественника и приема основной обработки // Земледелие. 2018. № 2. С. 14–18.

Productivity of Agrocenosis and Quality of Wheat Grain Depending on Soil Tillage and Intensification Means

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

Abstract. *The studies were carried out in 2011–2017 on leached chernozem of the forest-steppe of the Altai Ob region in a crop rotation and in wheat monoculture. The crop rotation included fallow (against the background without main tillage it was a rape field), wheat, oat, wheat, pea, wheat. The design of the experiment included factor A (tillage methods), factor B (fertilizer application), factor C (plant protection means). The variants of tillage were deep (25–27 cm) subsurface ploughing, shallow (14–16 cm) subsurface plowing, and without tillage. The variants of factor B were without fertilizers, P25, N40P25 (P50 for pea). We examined the following variants of plant protection: without pesticides; herbicides against dicotyledonous weeds; herbicides against dicotyledonous weeds + herbicides against gramineous weeds; herbicides, insecticides, fungicides. The purpose of the research was to study the influence of the tillage methods, mineral fertilizer application and crop protection means on the productivity of agrocenosis and the quality of spring wheat grain. Reducing the depth of the main tillage or application of no-till technology with the replacement of bare fallow by rape growing did not significantly affect the productivity of the crop rotation (1.36, 1.31 and 1.37 thousand grain units/ha, respectively). This is due to the equal effectiveness of the deep and shallow subsurface treatments of cereals as well as to the compensation for reducing their yields during the transition to direct sowing with additional rapeseed products in the seeded fallow. In the permanent cultivation of wheat, minimizing the main treatment or abandoning it caused a decrease in crop yield (1.13, 1.10 and 0.99 t/ha). The replacement of deep tillage with shallow one or direct seeding in the grain crop rotation was accompanied by an increase in the efficiency of fertilizers and crop protection means, and in the case of wheat monoculture it led to a decrease in the efficiency. According to the influence on the quality of wheat grain, the factors studied can be ranked in descending order in the next row: chemicalization means, forecrops, tillage methods. The highest average content of protein (13–14%) and of gluten (29–31%) in grain was obtained by growing wheat after fallow and pea against the background of deep or shallow subsurface tillage, application of nitrogen and phosphorus fertilizers and the complex of pesticides.*

Keywords: *crop rotation; forecrop; tillage methods; no-till; fertilizers; crop protection means; spring wheat; yield; protein; gluten.*

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

For citation: *Usenko V. I., Usenko S. V., Oleshko V. P., Garkusha A. A. Productivity of Agrocenosis and Quality of Wheat Grain Depending on Soil Tillage and Intensification Means. Zemledelie. 2018. No. 8. C. 30–33. DOI: 10.24411 / 0044-3913-2018-10809.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10810
УДК 633.1:631.524.85

Оценка фенотипической стабильности сортов озимой тритикале по урожайности зерна методом биплот-анализа

С. Н. ПОНОМАРЕВ, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: smponomarev@yandex.ru)
М. Л. ПОНОМАРЕВА, доктор биологических наук, главный научный сотрудник
М. Ш. ТАГИРОВ, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель учреждения
Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение федерального исследовательского центра КазНЦ РАН, ул. Оренбургский тракт, 48, Казань, 420059, Российская Федерация

Цель работы – выявить закономерности формирования зерновой продуктивности генетически разнородных сортов тритикале в зависимости от складывающихся внешних факторов и генотипа. Для оценки величины эффекта взаимодействия генотип-среда проводили биплот-анализ по урожайности зерна 21 генотипа тритикале (включая 2 контрольных сорта Немчиновский 56 и Башкирская короткостебельная), испытанных в течение пяти вегетационных сезонов (2013–2017 гг.). Исследования выполнены на серых лесных почвах селекционного севооборота, расположенного в Лаишевском районе Республики Татарстан. Генотип-средовое взаимодействие разложено на три главные компоненты в соответствии с долей изменчивости (F1 – 28,91 %, F2 – 26,55 %, F3 – 22,63 %). Первая компонента объясняет изменения урожайности от флуктуации биотических и абиотических факторов среды. Генотипы с высоким значением F2 демонстрируют реализацию высокого потенциала продуктивности в благоприятные годы. Компонента F3 дополнительно ранжирует сорта в зависимости от средней урожайности за ряд лет. Наиболее эффективными генотипами для селекции будут те, которые имеют высокие значения F2 и F3 и значения F1, близкие к нулю. Наиболее стабильными сортами для использования в селекционной программе оказались Корнет, Бард, Докучаевский 8. В пятерку сортов с самой высокой продуктивностью за годы исследований вошли АДМ 9 (Украина) – 592 г/м², Топаз, Зимогор, Вокализ (Ростовская область) – 566…579 г/м² и Амулет (Беларусь) – 565 г/м². Использование биплот-анализа позволило оценить селекционные сорта не только по средней урожайности, но и охарактеризировать их по реакции на изменения условий выращивания. Анализ данных урожайности показал влияние эффектов среды (63,4 %), генотипа (10,8 %) и взаимодействия генотип – среда (17,8 %) на ее вариабельность. Графическое распределение нагрузок генотипов и сред в координатах двух первых главных компонент выявило преимущества генотипов в конкретных средах.

***Ключевые слова**: тритикале, урожайность, генотип-средовое взаимодействие, адаптивность, стабильность, метод главных компонент, биплот.*

***Для цитирования:** Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Тагиров М. Ш. Оценка фенотипической стабильности сортов озимой тритикале по урожайности зерна методом биплот-анализа // Земледелие. 2018. № 8. С. 34–38. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10810.*

Тритикале (×*Triticosecale Wittm.*) – аллополиплоидный гибрид на базе различного сочетания геномов пшеницы и ржи, вызывает большой интерес, как для фундаментальных исследований, так и для селекционной деятельности [1, 2]. Успехи российских ученых доказывают высокий потенциал продуктивности и коммерческую ценность тритикале с цитоплазмой пшеницы гексаплоидного уровня (ssp. *triticale Tscherm.*, T/AABBRR, 2n=6x=42) [3, 4, 5]. Благодаря приспособленности к широкому спектру почвенно-климатических условий эта культура очень перспективна для современных систем земледелия, особенно биоорганического сельского хозяйства.

В РФ по официальным статистическим данным за период с 2009 по 2017 гг. площади, занятые тритикале, выросли на 20 % и колебались в пределах от 165 тыс. га в 2010 г. до 251 тыс. га в 2013–2015 гг. [6]. Валовые сборы зерна составляли за тот же период 249…654 тыс. т. До 2009 г. тритикале не фигурировала в отчетности как самостоятельная, несмотря на то, что созданием ее сортов ученые занимаются с 60-х годов. В 2015 г. в Республике Татарстан произвели 14 тыс. т тритикале, или 2,5 % общего объема (12-е место в РФ). Посевные площади этой культуры составили 8,9 тыс. га, или 3,5 % от общероссийских (8-е место).

В Госреестре селекционных достижений на 2018 г. зафиксировано 80 сортов озимой и 16 сортов яровой тритикале. Активную селекционную работу ведут в Донском НИИСХ, Краснодарском НИИСХ им. П. П. Лукьяненко, Московском НИИСХ «Немчиновка» и НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева. Помимо научно-исследовательских учреждений, успешные селекционные программы по тритикале развернуты в вузах – Саратовском ГАУ, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Омском ГАУ, Ижевской ГСХА.

Однако многие авторы утверждают, что слабая сторона сортов этой культуры – недостаточная адаптивность [7, 8]. Для дальнейшего расширения ареала возделывания озимой тритикале на северные и восточные регионы Российской Федерации и устойчивого производства ее зерна необходимо расширить генетическое разнообразие современных сортов, а также их пластичность и адаптивность в различных почвенно-климатических и экологических условиях [9]. Для создания сортов с широкими адаптивными свойствами в разрезе конкретных агроклиматических зон целесообразно проводить широкое изучение мирового генофонда тритикале и выявлять перспективные сортообразцы, отвечающие требованиям современного производства к разнообразию и качеству продукции.

Знание масштабов фенотипической изменчивости, генетического разнообразия и достигнутого прогресса имеет центральное значение для разработки оптимальной программы селекции, однако по тритикале подобной информации недостаточно. Продолжающийся рост площадей, успехи селекции и экономическая важность зерна этого злака вызывают большой интерес к изучению генетических особенностей сортов и их взаимодействия со средой, которые можно использовать для дальнейшего совершенствования культуры [10].

Основываясь на анализе более чем 120 сортов, зарегистрированных в Европе в 1983–2014 гг., D. Losert с соавторами [11] отметили существенный прогресс в селекции тритикале по урожайности зерна со значительным темпом прироста 53 кг/га, или 0,67 % в год.

Реализации этого преимущества всякий раз препятствует так называемое взаимодействие генотипа с окружающей средой (G×E), когда ранжирование сортов по урожайности зерна значительно различается по годам. Поэтому в последние годы наибольший акцент в селекционной работе делается не на саму величину потенциальной или реализованной урожайности, а на ее стабильности.

Чаще устойчивость урожайности по годам независимо от флуктуации внешних факторов в литературе называют адаптивностью. Под этим термином понимают не только стабильную реализацию продуктивного потенциала сорта, но и эффективность использования благоприятных факторов (удобрения, пестициды, орошение) его возделывания. Реакция конкретного сорта на изменение всех указанных параметров также обусловлена генотип-средовым взаимодействием, на исследование которого обращают все более пристальное внимание, как отечественные, так и зарубежные ученые [12, 13, 14].

Долю влияния взаимодействия генотип-среда чаще изучают с помощью дисперсионного анализа (ANOVA), при котором ее регистрируют как источник вариации [15]. Другой метод оценки G×E – метод главных компонент (в зарубежной литературе PCA – principle component analysis) относится к многомерной модели шкалирования [16].

На основе PCA предложен ряд более эффективных методов – GGE biplot и AMMI анализ, которые дополнительно учитывают аддитивные эффекты и мультипликативное взаимодействие [17, 18]. Первый из названных методов выделяет силу влияния генотипа (G) и генотип-средового взаимодействия (GGE) с применением графического дизайна [19]. На ряде культур показана применимость биплот-анализа в селекционных программах для скрининга относительной продуктивности конкретного генотипа в определенных погодно-климатических (год изучения) или экологических условиях (место изучения) [20, 21]. Конечная цель селекционера – выявить генотипы, наиболее приспособленные к широкому спектру внешних условий.

Цель исследования – оценка генотип-средового взаимодействия высокопродуктивных сортов озимой тритикале различного эколого-географического происхождения с применением PCA и графической визуализации GGE biplot для выявления фенотипически стабильных генотипов.

Исследования проводили в 2013–2017 гг. в отделе селекции озимой ржи и тритикале ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Использовали двухэтапный подход к проблеме оценки урожайности. Предварительно в течение двух лет в коллекционном питомнике было изучено 196 сортов российской и иностранной селекции, поступивших из ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР). Из этого количества были отобраны 19 сортов (АДМ 9, Топаз, Зимогор, Вокализ, Амулет, Жниво, 3/9 oh Ag 4418, Докучаевский 12, Трибун, Лето, Prado, Корнет, Докучаевский 8, Бард, Скиф, Капрал, Привада, Идея, Пятрусь), которые достоверно (на величину НСР) отличались от двух стандартов – Немчиновский 56 и Башкирская короткостебельная.

1. Характеристика весенне-летнего периода вегетации озимой тритикале, (апрель – июль)

Показатель	Норма	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Продолжительность, дни	–	95	103	102	99	116
Средняя температура, °С	13,4	15,0	13,9	15,6	15,9	12,8
Сумма эффективных температур выше +5°С	1100	1257	1182	1342	1350	1027
Сумма осадков, мм	190	171	135	224	101	237
ГТК (май-июль)	–	0,88	0,70	1,03	0,40	1,22

Таким образом, объектом исследований был 21 высокоурожайный сорт различного эколого-географического происхождения, изученный в коллекционном питомнике.

Селекционная база научного учреждения находится в 25 км от Казани в Лаишевском районе Республики Татарстан. Почвенный покров участка характеризуется следующими показателями содержания основных элементов питания: P_2O_5 – 24,0…29,0 мг/100 г почвы; K_2O – 2,6…9,3 мг/100 г почвы (ГОСТ 26207-84); содержание гумуса в пахотном слое 2,9…3,4 % (по Тюрину), щелочно-гидролизуемого азота 7…8 мг на 100 г (по Корнфилду), pH солевая – 5,3…6,0 (ГОСТ 26483-85).

Коллекционный питомник во все годы исследований размещали по чистому пару, агротехника – применяемая в зоне [22]. Учетная площадь делянки – 2,5 м² в 3-х кратной повторности с рендомизированным расположением образцов.

Метеоусловия были специфичны для каждого года, изменяясь от благоприятных до неудовлетворительных (табл.1). По средней температуре воздуха и сумме эффективных температур во все годы наблюдали превышение нормы, за исключением 2017 г. Гидротермический коэффициент колебался от избыточной влажности в 2017 г., значения близкого к норме (2015 г.) и недостаточного увлажнения (ГТК= 0,6…0,9) в 2014 г. до засухи в 2016 г. В 2014 г. отмечали эпифитотию снежной плесени, степень развития которой у изучаемых сортов варьировала от 52 до 79 %. Поэтому урожайность во многом зависела от способности к регенерации после поражения этим патогеном. В 2013 г. наблюдали достаточно сильное развитие листостебельных инфекций. Амплитуда пораженности септориозом листьев и листовой ржавчиной колебалась от 10 до 75 %, стеблевой ржавчиной – от 0R до 30 MS по шкале CIMMYT (2016). Зимостойкость анализируемых генотипов, определяемая по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1989), в среднем за годы исследования находилась в пределах от 3,9 балла (Скиф) до 4,4 балла (Жниво,

2. Урожайность сортов озимой тритикале коллекционного питомника, г/м²

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
АДМ 9	695	394	484	420	968	592,2
Топаз	534	384	508	550	918	578,8
Зимогор	650	381	496	500	820	569,4
Вокализ	640	446	466	464	816	566,4
Амулет	524	430	518	404	948	564,8
Жниво	557	334	528	434	940	558,6
3/9 oh Ag 4418	695	404	488	350	848	557,0
Докучаевский 12	564	464	464	522	748	552,4
Трибун	564	270	590	602	734	552,0
Лето	544	454	420	380	928	545,2
Prado	448	350	504	442	980	544,8
Корнет	593	468	548	426	682	543,4
Докучаевский 8	553	492	432	454	780	542,2
Бард	640	442	446	414	760	540,4
Скиф	414	376	422	548	902	532,4
Капрал	557	422	466	386	822	530,6
Привада	538	364	378	632	724	527,2
Идея	510	406	522	328	866	526,4
Пятрусь	523	436	436	348	880	524,6
Немчиновский 56 (st.)	558	304	377	418	756	482,6
Башкирская короткостебельная (st.)	437	408	450	270	844	481,8
Среднее	559	401	474	443	841	544
$НСР_{05}$	48	36	53	32	34	

3. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности сортов озимой тритикале

Дисперсия	df	SS	MS	SS в %
Общая	1789	67523742	–	
Генотип	178	7279230	40894,5**	10,8
Среда	4	42839050	10709762,6**	63,4
Взаимодействие генотип × среда	712	12006462	16863,0**	17,8
Блоки	1	3537276	–	
Остаток	894	1861724	2082,5	

*** – различия достоверны на уровне значимости 0,01 %.*

Пятрусь) при показателе стандартов 4,1 (Немчиновский 56) и 4,4 (Башкирская короткостебельная).

Полевые эксперименты закладывали согласно методическим указаниям [23]. Статистическую обработку выполняли на платформе XLSTAT 2018.3.50851 методами дисперсионного анализа (для выделения высокоурожайных сортов), PCA и GGE biplot.

Пятилетняя оценка урожайности у 21 анализируемого высокопродуктивного генотипа показала, что самой высокой она была в 2017 г. (табл. 2). Амплитуда признака в этот год составляла от 724 г/м^2 (Привада) до 980 г/м^2 (Prado). Самый низкий сбор зерна с единицы площади (270 г/м^2) зафиксирован у сорта Трибун в 2014 г. и сорта Башкирская короткостебельная в 2016 г. В среднем за 2013–2017 гг. испытуемые сорта сформировали урожайность 543,5 г м^2, с колебаниями средней величины этого показателя от 401,4 г/м^2 в 2014 г. до 841,1 г/м^2 в 2017 г.

В пятерку сортов с наиболее высокой продуктивностью за годы исследований вошли АДМ 9 (Украина), Топаз, Зимогор, Вокализ (Ростовская обл.) и Амулет (Беларусь). Анализ самых высокоурожайных сортов, исключая стандарты, показал, что восемь из них (Корнет, Бард, Трибун, Зимогор, Вокализ, Топаз, Скиф, Капрал) созданы в Донском зональном НИИСХ, пять – (Идея, Амулет, Лето, Пятрусь, Жниво) выведены в НАН Беларуси по земледелию, три сорта (Привада, Докучаевский 8 и Докучаевский 12) – селекции НИИСХ ЦЧП (Воронежская обл.).

Дисперсионный анализ выявил существенное превалирование дисперсии условий выращивания – 63,4 % (табл. 3). Вклад взаимодействия генотип × среда составил 17,8 %, сила влияния генотипа – 10,8 %. Результаты оценки урожайных данных дали основание для проведения более глубокого анализа взаимодействия «генотип-среда».

Оперируя только средней урожайностью, мы не можем выявить реакцию определенного сорта на конкретное сочетание факторов среды региона. С такой целью лучше всего использовать метод главных компонент [17]. Это совокупность математических приемов, позволяющих выделить ведущие факторы вариации урожайности. PCA основан на выявлении собственных значений и векторов корреляционной матрицы с последующим взвешиванием их нагрузок. Согласно применяемому в PCA правилу Кайзера мы отобрали такое число компонентов, при котором их собственные значения были больше 1 (табл. 4). Разложение взаимодействия генотип ×среда на главные компоненты (PC) свидетельствует, что первые две из них объединяют 55,46 % вариации: F1 – 28,91 %, F2 – 26,55 %. Доля третьей компоненты составила 22,63 %. Следует отметить, что прием варимакс-вращения не привел к изменению доли указанных компонентов. Значимость первого фактора выявлена в 2014 и 2016 гг., второй фактор превалировал в 2013 и 2017 гг., тогда как влияние третьего фактора отмечено в 2013 и 2015 гг. Первая компонента (F1) объясняет изменения урожайности от флуктуации биотических и абиотических факторов внешней среды. Генотипы с высоким значением F2 демонстрируют реализацию высокого потенциала продуктивности в благоприятные годы. Значения компоненты F3 дополнительно ранжируют сорта в зависимости от средней величины урожайности за ряд лет. На основании этого наиболее эффективными генотипами для селекции будут те, которые имеют высокие значения F2 и F3 и значения F1, близкие к нулю. Это предполагает расширение работ по улучшению различных типов толерантности к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды при поддержании уже существующего высокого уровня урожайности.

Рассматривая сгенерированный биплот, можно провести анализ отношений между годом испытания, генотипом и его взаимодействием с окружающей средой, который в зарубежной литературе называется «wich-won-where» (кто – где–выиграл) [14, 21]. Иными словами, привлекательность этого метода заключается в том, что с его помощью можно расположить генотипы по набору сред и визуализировать преимущества того или иного сорта в каждой из них.

Многоугольник формируется путем соединения маркеров наиболее удаленных от центра генотипов так, чтобы все остальные генотипы находились внутри полигона. Линии, соединяющие вершины биплота с маркерными сортами для сред, называются векторы среды, а красными линиями показаны собственные векторы ведущих нагрузок лет испытания. Генотипы, расположенные на вершинах многоугольника, показывают лучшую или худшую реакцию в данной среде. Угол между векторами двух сред связан с коэффициентом корреляции между ними. В рамках этого анализа, коэффициент корреляции между любыми двумя или более окружающими средами приближен к косинусу угла между их векторами. Наличие широких тупых углов указывает на сильные отрицательные корреляции между местоположением и взаимодействием генотипа с окружающей средой [14].

Исследованные сорта были расположены в различных четвертях графика, что указывает на их различную реакцию на смену погодно-климатических факторов (см. рисунок). Сорта Амулет, Идея, Пятрусь, Лето белорусской селекции и украинский сорт АДМ 9 высоко отзывчивы на фактор «увлажнение» и реализуют свой продуктивный потенциал при достаточном количестве осадков в летний период (как в 2017 г.). Следовательно, эта группа сортов интенсивного типа развития наиболее полно использует благоприятные факторы среды. В эти годы благодаря взаимодействию генотип-среда перечисленные сорта «выстреливают» высокой урожайностью.

В первой координатной четверти сконцентрированы сорта Жниво, Скиф и Топаз. При сравнении этих генотипов показано, что ранги по продуктивности сильно варьируют в зависимости от складывающихся биотических условий, вызванных поражением снежной плесенью. Урожайность сорта Жниво колебалась в 2014 и 2017 гг. от 334 до

4. Факторные нагрузки оценки урожайности сортов озимой тритикале

	F1	F2	F3	F4	F5
Собственное значение	1,446	1,328	1,132	0,607	0,488
Изменчивость, %	28,911	26,554	22,633	12,140	9,762
Суммарная изменчивость	28,911	55,465	78,098	90,238	100,000
2013 г.	0,059	-0,643*	0,600*	-0,472	0,028
2014 г.	-0,703*	-0,513	-0,014	0,302	0,389
2015 г.	0,261	0,254	0,829*	0,423	0,031
2016 г.	0,850*	-0,103	-0,218	-0,005	0,469
2017 г.	-0,397	0,759*	0,191	-0,338	0,339

** – наибольшие собственные значения факторов.*

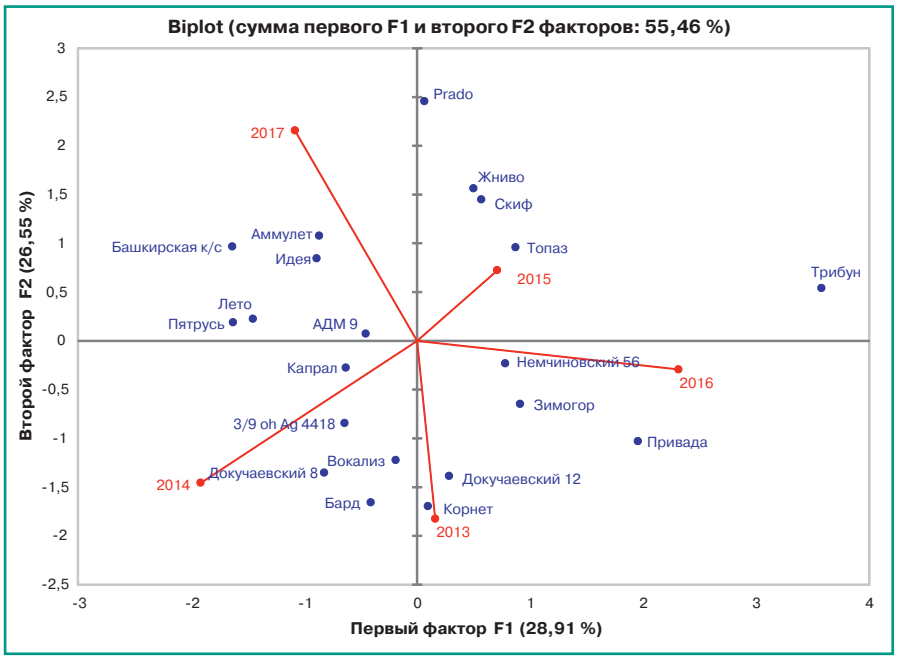


Рисунок. *Генотип-средовое взаимодействие высокопродуктивных сортов тритикале и сред (метод биплот-анализ). Линиями показаны собственные векторы ведущих факторных нагрузок для сред: ● – год; ● – сорт.*

940 г/м², у сорта Скиф – от 376 до 902 г/м², у Топаза – от 384 до 918 г/м² соответственно. Таким образом, мы наблюдаем проявление взаимодействия генотип × среда.

В нижней отрицательной четверти оказались сорта 3/9 oh Ag 4418, Вокализ и Капрал, чья продуктивность лучше реализуется в менее благоприятных условиях внешней среды.

Взаимодействие генотипа с условиями года было значительным для большинства сортов, находящихся внутри биплота. Их относительная эффективность изменялась в зависимости от вегетационного сезона.

Особое внимание следует обратить на сорта, расположенные на вершинах биплота, образуя тупые углы. Среди них выделяются генотипы, наиболее адаптированные к конкретным условиям (Корнет, Бард, Докучаевский 8). Эта группа сортов благодаря толерантности к болезням, в частности к снежной плесени, и засухе формирует «ровный урожай» в неблагоприятные годы и не дает «провальных» лет. Особую ценность для селекции имеет сорт Корнет. Небольшое различие между генотипическими возможностями сорта и их фенотипическим проявлением в контрастных средах свидетельствует о меньшей реакции этого генотипа на смену условий.

Сорта Башкирская короткостебельная и Пятрусь, которые также образуют тупые вершины многоугольника, наоборот, в значительной степени проявляют взаимодействие генотипа со средой. Они показали резкое уменьшение урожайности в условиях засухи.

Польский сорт Прадо расположился между двумя средами с избыточным и достаточным увлажнением 2017 и 2015 гг. В эти годы он входил в число лидеров по урожайности зерна. В вершине биплота находится сорт Трибун (Ростовская область). В наших исследованиях было показано, что его поведение очень специфично [9]. Урожайность этого сорта в сильной степени варьирует в зависимости от складывающихся биотических и абиотических факторов.

Поскольку в нашем наборе были хорошо изученные в многолетних экспериментах стандарты Немчиновский 56 и Башкирская короткостебельная, то мы рассматривали их как реперные. Попадание в один сектор с репером с большой долей вероятности свидетельствует о принадлежности к той же агроэкологической группе и схожем взаимодействии генотип × среда.

Подводя итог изложенному, отметим, что селекционеры в своей практической работе стремятся как можно быстрее выделить генотипы с высокой урожайностью зерна, хорошим качеством и другими желательными параметрами для широкого диапазона различных условий окружающей среды. Взаимодействие с окружающей средой затрудняет выбор наиболее эффективных и стабильных генотипов. Селекционные программы уже на этапе создания исходного материала должны оценивать и учитывать величину влияния генотипа, биотических и абиотических стрессов, которые влияют на зерновую продуктивность и ее компоненты.

По результатам GGE биплот-анализа мы выделили такие наиболее стабильные генотипы для использования в селекционной программе, как Корнет, Бард, Докучаевский 8, которые сформировали среднюю урожайность 540,4...543,4 г/м². Эти сорта проявили фенотипическую устойчивость по урожайности зерна, и их можно рекомендовать для использования в качестве родительских форм при гибридизации. В пятерку сортов с наиболее высокой продуктивностью за годы исследований вошли АДМ 9 (Украина) – 592,2 г/м², Топаз, Зимогор, Вокализ (Ростовская обл.) – 566,4...578,8 г/м² и Амулет (Беларусь) – 564,8 г/м².

Использование метода биплот-анализа позволило оценить селекционные сорта не только по средней урожайности, но и характеризировать их по реакции на изменения условий выращивания. Анализ урожайности конкретного набора сортов показал влияние эффектов среды (63,4%), генотипа (10,8%) и взаимодействия генотип – среда (17,8%) на ее вариабельность. Влияние года на урожайность изученных сортов тритикале было самым значительным.

Литература.

1. Randhawa H. S., Bona L., Graf R. J. Triticale Breeding – Progress and Prospect / eds. F. Eudes. Switzerland: Springer, Cham, 2015. Pp. 15–32.

2. Wrigley C., Bushuk W. Triticale: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements // Cereal Grains. 2017. Vol. 2. Pp. 179–194.

3. Крохмаль А. В., Грабовец А. И. Роль рекомбинаций в селекции озимой тритикале на продуктивность // Известия ОГАУ. 2013. Т. 43. № 5. С. 62–64.

4. Озимая и яровая тритикале в Российской Федерации (коллективная монография) / А. М. Медведев, Л. М. Медведева, Н. Г. Пома и др. М.: Немчиновка, 2017. 284 с.

5. Направления и результаты селекции тритикале в ФГБНУ «Краснодарский НИИСХ им. П. П. Лукьяненко» / В. Я. Ковтуненко, Л. А. Беспалова, В. В. Панченко и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 115–120.

6. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году / Федеральная служба государственной статистики (Росстат), (электронные версии) Главный межрегиональный центр. 2017. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (дата обращения: 30.05.2018).

7. Шевченко В. Е., Бочарникова О. Г., Горбунов В. Н. Экологическое сортоиспытание озимых форм тритикале в условиях Каменной степи Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 41–46.

8. Estimation of stability parameters for seed yield and its components in triticale and

wheat genotypes under optimum and stress environments / A. G. Singh, L. Saini, H. Saini et al. // International Journal of Chemical Studies. 2017. Vol. 5 (4). Pp. 708–712.

9. Пономарев, С.Н. Агроэкологическая оценка и кластерный анализ сортов и селекционных линий тритикале российской селекции / С. Н. Пономарев, М. Л. Пономарева, Л. Ф. Гильмуллина и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 41–44.

10. Genetic map of triticale compiling DArT, SSR, and AFLP markers / M. Tyrka, P.T. Bednarek, A. Kilian et al. // Genome. 2011. № 54. Pp. 391–401.

11. Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (× Triticosecale Wittmack) / D. Losert, H. P. Maurer, J. J. Marulanda et al. // Plant Breeding. 2017. Vol. 136. № 1. Pp. 18–27.

12. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. №. 5. С. 617–626.

13. Bassu S., Asseng S., Richards R. Yield benefits of triticale traits for wheat under current and future climates // Field Crop Res. 2011. № 124. Pp. 14–24.

14. Yan W., Tinker N. A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications // Canadian journal of plant science. 2006. Vol. 86. № 3. Pp. 623–645.

15. Hristov N., Mladenov N., Kondić-Špika A. Effect of environmental and genetic factors on the correlation and stability of grain yield components in wheat // Genetika. 2011. Vol. 43. No. 1. Pp. 141–152.

16. Breeding effects on the genotype x environment interaction for yield of bread wheat grown in Spain during the 20th century / M. Sanchez-Garcia, F. Álvaroa, J. Martín-Sánchez et al. // Field Crops Research. 2012. Vol. 126. Pp. 79–86.

17. Zobel R. W., Wright M. J., Gauch H. G. Statistical analysis of a yield trial // Agronomy journal. 1988. № 80 (3). Pp. 388–393.

18. Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype x environment interaction / K. Hongyu, M. Garcia-Pena, L. Borges de Araujo et al. // Biometrical letters. 2014. Vol. 51. No. 2. Pp. 89–102.

19. Kendal E., Sayar M. S. The stability of some spring triticale genotypes using biplot analysis // J. Anim. Plant Sci. 2016. V. 26. № 3. Pp. 754–765.

20. Optimization of cotton variety registration criteria aided with a genotype-by-trait biplot analysis / N. Xu, M. Fok, J. Li et al. // Scientific reports. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 17237.

21. The application of AMMI model for barley cultivars evaluation in multi-year trials / M. Mirosavljevic, N. Przulj, J. Bocanski et al. // Genetika. 2014. Vol. 46. No. 2. Pp. 445–454.

22. Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Тагиров М. Ш. Озимая тритикале в Республике Татарстан: использование, технология возделывания, сорта / научно-практические рекомендации. Казань: Фолиантъ, 2009. 44 с.

23. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале (Методические указания) / А. Ф. Мережко, Р. А. Удачин, Е. В. Зуев и др. СПб: ВИР, 1999. 82 с.

Evaluation of Phenotypic Stability of Winter Triticale Varieties by Grain Yield by Biplot Analysis

S. N. Ponomarev, M. L. Ponomareva, M. Sh. Tagirov
Tatarian Agricultural Research Institute – autonomous structural subdivision of the Federal Research Center of the Kazan Scientific Center of the RAS, ul. Orenburgskii trakt, 48, Kazan', 420059, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the work was to study the regularities of the formation of grain productivity of genetically heterogeneous triticale varieties depending on the external factors and genotype. To assess the magnitude of the genotype-environment interaction effect, a biplot analysis was carried out on grain yield in 21 triticale genotypes (including 2 control varieties Nemchinovsky 56 and Bashkirskaya Korotkostebelnaya ("Bashkir Short-stemmed")), tested during five growing seasons (2013–2017). The research was carried out on gray forest soils of a breeding crop rotation of Tatar Research Agricultural Institute, Kazan Scientific Center of the RAS, located in Laishevsky district of the Tatarstan Republic. The genotype-environmental interaction was decomposed into three main components in accordance with the proportion of variability (F1 – 28.91%, F2 – 26.55%, F3 – 22.63%). The first component explains yield changes due to fluctuations of biotic and abiotic environmental factors. Genotypes with high F2 value demonstrate the realization of a high potential of productivity in favourable years. F3 component additionally ranks varieties according to the average yield over the number of years. The most effective genotypes for breeding have high F2 and F3 values and F1 value close to zero. Kornet ("Cornet"), Bard, Dokuchaevsky 8 varieties were the most stable for use in a breeding program. The top five varieties with the highest productivity over the years of the research included ADM 9 (Ukraine) – 592 g/m2, Topaz, Zimogor, Vokaliz (Rostov region) – 566–579 g/m2 and Amulet (Belarus) – 592 g/m2. The use of the biplot analysis enabled not only to evaluate the varieties by average yield but also to characterize them in response to changes in growing conditions. Analysis of yield data showed the influence of environmental effects (63.4%), genotype (10.8%) and genotype-environment interaction (17.8%) on its variability. The graphical distribution of genotype and environment loads in the coordinates of the first two main components revealed the advantages of genotypes in specific environments.*

Keywords: *triticale; yield; genotype-environment interaction; adaptability; stability; method of principal components; biplot.*

Author Details: *S. N. Ponomarev, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: smponomarev@yandex.ru); M. L. Ponomareva, D. Sc. (Biol.), chief research fellow; M. Sh. Tagirov, D. Sc. (Agr.), D. Sc. (Agr.), director of institution, member of the Tatarstan Academy of Sciences.*

For citation: *Ponomarev S. N., Ponomareva M. L., Tagirov M. Sh. Evaluation of Phenotypic Stability of Winter Triticale Varieties by Grain Yield by Biplot Analysis. Zemledelije. 2018. No. 8. Pp. 34–38 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10810.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10811
УДК 633.11:631.526.32

Сорта яровой мягкой пшеницы для Нечерноземья

Т. А. БАРКОВСКАЯ[1], старший научный сотрудник (e-mail: podvyaze@bk.ru)
О. В. ГЛАДЫШЕВА[1], кандидат сельскохозяйственных наук, директор
Н. В. ДАВЫДОВА[2], доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
[1]Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, ул. Парковая, 1, с. Подвязье, Рязанский р-н, Рязанская обл., 390502, Российская Федерация
[2]Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Калинина, 1, пос. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская обл., 143026, Российская Федерация

Сравнительную оценку сортов яровой пшеницы Агата и РИМА, различающихся по биологическим особенностям, проводили в 2012–2014 гг. в Рязанской и Московской обл. на темно-серой лесной и дерново-подзолистой почве соответственно. Условия 2012 и 2014 гг. в обоих пунктах были благоприятными. В 2013 г. дефицит осадков в начале вегетации составил 65,3 % и 67,4 % от среднемноголетних значений соответственно. Стандарт – сорт Лада. Площадь делянок – 12 м², норма высева – 6,0 млн всхожих семян/га. Повторность – четырехкратная. В институте семеноводства и агротехнологий в 2012–2014 гг. проводили опыт по оптимизации норм высева сортов Агата и РИМА со схемой: от 4,5 до 6,5 млн всхожих семян/га с интервалом 0,5 млн шт./га; контроль – 6,0 млн шт./га. В Рязанской области средняя урожайность сорта Агата составила 4,95 т/га, сорта РИМА – 4,47 т/га, превысив стандарт Лада на 1,28 т/га и 0,80 т/га соответственно. В Московской области урожайность сорта Агата была равна 4,12 т/га, РИМА – 4,22 т/га, обеспечив прибавку, по сравнению со стандартом, 0,88 т/га и 0,36 т/га соответственно. Сорта Агата и РИМА формируют зерно с высокими технологическими свойствами. Превышение над стандартом Лада по стекловидности составляло 9 и 7 %; по содержанию сырой клейковины в муке – 2,8 и 1,6 %; по показателю альвеографа – 142 и 102 е.а. соответственно; по объёмному выходу хлеба и общей хлебопекарной оценке качество находится на уровне стандарта. В условиях Рязанской области для сорта яровой пшеницы Агата оптимальная норма высева семян составляет 5,0…6,0 млн шт./га (урожайность 4,90…4,96 т/га); для сорта РИМА – 5,5…6,0 млн шт./га (урожайность – 3,66…3,87 т/га).

Ключевые слова: *яровая мягкая пшеница, сорт, конкурсное сортоиспытание, урожайность, норма высева.*

Для цитирования: *Барковская Т. А., Гладышева О. В., Давыдова Н. В. Сорта яровой мягкой пшеницы для Нечерноземья // Земледелие. 2018. № 8. С. 38–41. DOI: 10.24411/0044- 3913-2018-10811.*

Яровая пшеница имеет важное значение в решении продовольственной безопасности РФ. В Рязанской области площади под ее посевами превышают 30 тыс. га. Увеличение производства зерна этой культуры и улучшение его качества возможно лишь при использовании в производстве высокоурожайных, адаптированных к различным условиям возделывания сортов, а также соблюдении сортовых технологий возделывания [1, 2, 3, 4].

1. Размах хозяйственно-биологических признаков сортов яровой мягкой пшеницы, среднее за 2012–2014 гг. (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Показатель	РИМА	Агата	Лада (st.)
Вегетационный период, дней	77...98	81...97	82...99
Высота, см	95...103	88...102	95...125
Устойчивость к полеганию, балл	7...9	7...9	5...8
Продуктивная кустистость	1,3...1,5	1,8...2,6	1,3...1,7
Поражение, % :			
мучнистой росой	0...15	5...10	10...50
бурой ржавчиной	5...15	0...5	10...30
септориозом	0...10	0...15	0...15
Натура, г/л	755...802	769...807	781...810
Стекловидность, %	64...71	67...71	57...63
Валометрическая оценка, е. вал.	60...66	59...63	59...67
Содержание клейковины в муке, %	30,4...41,6	30,5...44,0	32,5...36,2
ИДК, ед.шк.	60...87	57...70	62...90
Показатель альвеографа W, ед. а	277...462	288...530	201...334
Объемный выход хлеба, см^3	980...1085	970...1070	950...1090
Общая оценка хлебопекарных качеств, балл	4,0...5,0	4,0...5,0	4,0...5,0

В Институте семеноводства и агротехнологий – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» работа по селекции яровой пшеницы направлена на создание высокопродуктивных сортов, сочетающих комплекс хозяйственно-ценных признаков. Значительное внимание уделяется выявлению генотипов с широкими адаптационными качествами и экологической пластичностью.

Цель исследования – сравнительная оценка сортов яровой пшеницы при различных условиях выращивания и подбор научно обоснованных параметров норм высева.

Эксперименты выполняли в 2012–2014 гг. в Институте семеноводства и агротехнологий (ИСА) – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» и в Федеральном исследовательском центре «Немчиновка».

На участке ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ почва темно-серая лесная с содержанием гумуса в слое 0...40 см (по Тюрину) 5,19 %, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 34,6 мг/100 г почвы, подвижного калия (по Кирсанову) – 20,0 мг/100 г почвы, pH солевой вытяжки – 4,92 мг-экв./100 г. На опытном поле ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» почва дерново-подзолистая суглинистая с содержанием гумуса в слое 0...40 см (по Тюрину) 2,05 %, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 17,0 мг/100 г почвы, подвижного калия (по Кирсанову) – 9,5 мг/100 г почвы, pH солевой вытяжки – 3,35 мг-экв/ 100 г.

Метеоусловия 2012 г. в Рязанской и Московской областях были благоприятными, в течение вегетационного периода осадков выпало 87 % и 89 % от средних многолетних значений соответственно. В 2013 г. развитие яровой пшеницы в обоих пунктах проходило в экстремальных условиях дефицит осадков составил в начале вегетации 65,3 % и 67,4 % от среднемноголетних величин соответственно при среднесуточной температуре воздуха в мае – июне выше среднемноголетней на 5,3...7,2 °С и 5,7...7,0°С соответственно. Условия 2014 г. были близки к оптимальным, с достаточным увлажнением.

Материалом для исследований служили сорта яровой мягкой пшеницы Агата и РИМА, выведенные совместно ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ и ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка». Сорт Агата с 2014 г., сорт РИМА с 2017 г. включены в Госреестр селекционных достижений по Центральному региону. В качестве стандарта в обоих опытах был принят сорт Лада. Для дополнительной сравнительной оценки использовали сорта, широко выращиваемые в Центральном регионе: Лада, Дарья, Эстер, Злата. Площадь делянок – 12 м^2, норма высева – 6,0 млн всхожих семян/га. Повторность опыта – четырехкратная.

В условиях ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2012–2014 гг. был заложен опыт по оптимизации норм высева сортов Агата и РИМА со следующей схемой: от 4,5 до 6,5 млн шт./га, с интервалом 0,5 млн шт./га. В качестве контроля принят вариант с нормой высева 6,0 млн шт./га.

Фенологические наблюдения, оценки устойчивости к полеганию и болезням, учет урожая, анализ его структуры, а также оценку технологических свойств зерна выполняли в соответствии с методиками государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [5, 6], статистическую обработку результатов – методом дисперсионного анализа [7].

В среднем за 2012–2014 гг. сорта Агата и РИМА имели ряд преимуществ перед стандартом Лада: созревали на 1...3 дня раньше, высота растений составляла 95 и 99 см соответственно, что на 11..15 см меньше стандарта и в связи с этим обеспечивает большую устойчивость к полеганию (табл. 1). Стандарт Лада поражался мучнистой росой (10...50 %) и бурой ржавчиной (10...30 %). За годы исследования сорта Агата и РИМА проявили слабую восприимчивость к этим болезням – 0...15 % и 5...15 % соответственно. Продуктивная кустистость сорта Агата равна 2,2, что на 0,7 больше, чем у стандарта.

Сорта Агата и РИМА формируют зерно с высокими технологическими свойствами: превышение над стандартом по стекловидности составляло 9 и 7 % соответственно; по содержанию сырой клейковины в муке – 2,8 и 1,6 %; по показателю альвеографа – 142 и 102 е.а.; по объёмному выходу хлеба и общей хлебопекарной оценке их качество находилось на уровне стандарта.

В среднем за три года исследований (2012–2014 гг.) в конкурсном сортоиспытании урожайность сорта Агата в Рязанской области составила 4,95 т/га, что выше стандарта на 1,28 т/га. В Мо-

2. Урожайность сортов яровой пшеницы, т/га

Сорт	ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»				ФГБНУ ФНАЦ ВИМ			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее
Лада (st.)	3,79	2,67	5,13	3,86	3,32	2,97	4,73	3,67
Эстер	3,70	2,78	5,27	3,91	3,27	2,97	5,14	3,79
Злата	4,98	3,41	5,39	4,59	3,72	3,48	5,09	4,09
Агата	4,53	3,72	5,99	4,74	4,71	4,58	5,57	4,95
РИМА	3,94	3,28	5,46	4,22	4,42	3,74	5,26	4,47
Среднее	4,18	3,17	5,45	4,26	3,89	3,55	5,16	4,19
$НСР_{05}$	0,24	0,23	0,26		0,27	0,32	0,24	

3. Сравнительная характеристика сортов яровой пшеницы по размаху элементов продуктивности, среднее за 2012–2014 гг. (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Сорт	Число продуктивных стеблей, шт.			Число зерен в колосе, шт.			Масса зерна с колоса, г			Масса 1000 зерен, г		
	min	max	среднее	min	max	среднее	min	max	среднее	min	max	среднее
Лада (st.)	408	687	513	20,3	32,3	26,1	0,73	1,12	0,92	33,4	38,0	35,3
Дарья	424	506	449	20,7	26,8	23,7	0,80	0,91	0,84	32,5	38,6	35,5
Злата	356	664	482	19,7	25,3	22,5	0,72	0,90	0,81	32,4	40,1	36,6
Агата	480	788	590	23,9	32,6	28,3	1,00	1,24	1,14	38,2	41,5	40,9
РИМА	328	624	483	22,9	40,4	32,6	0,95	1,43	1,19	35,0	42,4	40,6
$НСР_{05}$			36			1,1			0,10			1,3

сковской области разница в его пользу составила 0,88 т/га (табл. 2).

В производственных условиях на темно-серых лесных почвах ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2014 г. по предшественнику клевер 2 года использования на площади 8 га урожайность составила 5,90 т/га, по гороху на площади 8 га – 3,40 т/га. В фермерском хозяйстве ИП Глава КФХ Вилкова (Рязанская область) при соблюдении технологи возделывания в 2014 г. с площади 10 га был собран урожай 6,50 т/га.

В Рязанской области урожайность сорта РИМА в конкурсном сортоиспытании в среднем за 2012–2014 гг. составила 4,47 т/га, что на 0,80 т/га выше, чем у стандарта Лада. В питомнике размножения семян Института семеноводства и агротехнологий в 2014 г. по предшественнику черный пар на площади 7 га она достигала 5,87 т/га; по озимой пшенице на площади 7 га – 4,36 т/га. В ФИЦ «Немчиновка» в среднем за три года урожайность составила 4,22 т/га, превысив стандарт на 0,36 т/га (см. табл. 2). В условиях Рязанской области испытуемые новые сорта по показателям продуктивности превосходили стандарт и другие сорта. У сорта Агата число продуктивных колосьев к уборке составляло в среднем 590 шт., масса 1000 зерен – 40,9 г, что на 77 шт. и 5,6 г больше, чем у Лады (табл. 3). Масса зерна с колоса сорта Агата была выше, чем у сортов Лада, Дарья, Злата, на 24…41 %, сорта РИМА – на 29…47 %.

Наиболее полная реализация генетического потенциала сорта может быть раскрыта при использовании сортовых технологий возделывания с учетом почвенно-климатических условий и биологических особенностей культуры. В опыте по обоснованию норм высева новых сортов яровой пшеницы средняя урожайность сорта Агата в контроле (6,0 млн шт./га) составила 4,90 т/га, сорта РИМА – 3,87 т/га. Их реакция на изменение нормы высева была неодинаковой. Сорт РИМА характеризовался слабой способностью к кущению, которая изменялась по вариантам опыта с 1,1 до 1,4. Продуктивный стеблестой этого сорта при снижении нормы высева с 6,0 до 4,5 млн шт./га уменьшался на 11,5…39,3 %, что приводило к существенному недобору урожая в опытных вариантах, по сравнению с контролем, на 5,5…30,0 %. Увеличение нормы высева до 6,5 млн шт./га вызывало уменьшение урожайности из-за снижения числа зерен в колосе, массы зерна с колоса и массы 1000 зерен (табл. 4).

4. Влияние норм высева на урожайность зерна яровой пшеницы, 2012–2014 гг. (ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Норма высева, млн шт./га	Урожайность, т/га	Продуктивный стеблестой, шт.	Продуктивная кустистость	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Сорт Агата							
6,5	4,63	658	1,9	6,2	28,0	0,95	35,9
6,0 (контроль)	4,90	640	1,9	6,3	28,7	1,10	36,8
5,5	4,98	655	2,4	6,5	30,1	1,19	37,1
5,0	4,96	582	2,6	6,5	31,5	1,23	38,9
4,5	4,73	507	2,7	6,8	32,2	1,29	40,1
$НСР_{05}$	0,24	18	0,2	0,1	0,7	0,5	0,6
Сорт РИМА							
6,5	3,63	392	1,1	6,8	25,9	0,97	36,5
6,0 (контроль)	3,87	377	1,1	7,1	26,4	1,03	37,4
5,5	3,66	334	1,1	7,3	27,0	1,16	41,2
5,0	3,15	282	1,3	7,7	28,5	1,21	42,3
4,5	2,71	229	1,4	7,8	32,1	1,43	44,5
$НСР_{05}$	0,27	25	0,1	0,1	0,5	0,4	0,7

У сорта Агата уменьшение нормы высева с 6,0 до 4,5 млн шт./га, по сравнению с контролем, не оказывало существенного влияния на урожайность, поскольку при этом увеличивалась продуктивная кустистость растений с 1,9 до 2,7. Уменьшение нормы высева до 4,5 млн шт./га снижало урожайность в основном из-за меньшего числа растений и продуктивного стеблестоя на единицу площади.

Таким образом, сорта Агата и РИМА превосходят по урожайности стандарт Лада в среднем на 0,88…1,28 и 0,36…0,80 т/га соответственно. Анализ качества продукции показал, что сорта Агата и РИМА формируют зерно с высокими технологическими свойствами, которое превосходит стандарт Лада по стекловидности на 9 и 7 %; по содержанию сырой клейковины в муке – на 2,8 и 1,6 %; по показателю альвеографа – на 142 и 102 е.а. соответственно; по объёмному выходу хлеба и общей хлебопекарной оценке оно находится на уровне стандарта. По массе зерна с колоса сорт Агата превышает сорта Лада, Дарья, Злата на 24…41 %, сорт РИМА на – 29…47 %.

В условиях Рязанской области для сорта яровой пшеницы Агата оптимальная норма высева семян составляет 5,0…6,0 млн шт./га, при этом урожайность составляет 4,90…4,96 т/га; для сорта РИМА – 5,5…6,0 млн шт./га с урожайностью 3,66…3,87 т/га.

Литература.

1. Неттевич Э. Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условия производства // Доклады Россельхозакадемии. 2001. № 3. С. 3–6.

2. Милащенко Н. З., Трушкин С. В. Резервы производства высококачественного зерна пшеницы в российском земледелии // Земледелие. 2018. № 7. С. 30–33.

3. Влияние сорта и технологии на эффективность возделывания яровой пшеницы в лесостепи Приобья / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, О. Г. Кулагин и др. // Земледелие. 2018. № 4. С. 15–19.

4. Гладышева О. В., Барковская Т. А. Яровая пшеница РИМА // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 6. С. 42–43.

5. Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть. М.: Колос, 1985. Вып. 1. 269 с.

6. Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйствен-

ных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. М.: Колос, 1988. 267 с.

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

Spring Soft Wheat Varieties for the Non-Black Soil Zone

T. A. Barkovskaya[1], O. V. Gladysheva[1], N. V. Davydova[2]
[1]Institute of Seed-Growing and Agrotechnology, Federal Scientific Agricultural Engineering Center of All-Russian Mechanization Institute, ul. Parkovaya, 1, s. Podvyaz'e, Ryazanskii r-n, Ryazanskaya obl., 390502, Russian Federation
[2]Federal Research Center "Nemchinovka", ul. Kalinina, 1, pos. Novoivanovskoe, Odintsovskii r-n, Moskovskaya obl., 143026, Russian Federation

Abstract. *Spring wheat varieties Agata and RIMA, differing in biological characteristics, were compared in the Ryazan and Moscow regions on dark-gray forest and sod-podzolics soils, respectively, in 2012–2014. The conditions were favourable in both points in 2012 and 2014. In 2013, the deficit of precipitation at the beginning of the growing season was 65.3% and 67.4% of the mean annual values, respectively. The objects of the study were spring wheat varieties Agata and RIMA, the standard variety was Lada. The area of a test plot was 12 m2. The replication was fourfold. In 2012–2014, in the Institute of Seed Production and Agricultural Technology an experiment was founded on the optimization of seeding rates of Agata and RIMA varieties: from 4.5 to 6.5 million of germinating seeds per hectare with a step of 0.5 million seeds/ha; the control was 6.0 million seeds/ha. In the Ryazan region the average yield of Agata variety was 4.95 t/ha, of RIMA variety – was 4.47 t/ha; the excess over Lada standard was 1.28 t/ha and 0.80 t/ha, respectively. In the Moscow region the yield of Agata variety was 4.12 t/ha, of RIMA variety – was 4.22 t/ha, providing an increase, compared to the standard, of 0.88 t/ha and 0.36 t/ha, respectively. Varieties Agata and RIMA formed grain with high technological properties. The excess over Lada standard for vitreousness was 9 and 7%; for the content of raw gluten in flour it was 2.8 and 1.6%; in terms of alveograph estimation the excess was 142 and 102 u.a., respectively; in terms of volume output of bread and total bakery quality assessment these varieties were at the level of the standard. Under the conditions of the Ryazan region the optimal seeding rate of Agata variety was 5.0–6.0 million seeds/ha; the yield was 4.90–4.96 t/ha. For RIMA variety the optimal seeding rate was 5.5–6.0 million seeds/ha; the yield was 3.66–3.87 t/ha.*

Keywords: *spring soft wheat; variety; competitive variety testing; yield; seeding rate.*

Author Details: *T. A. Barkovskaya, senior research fellow (e-mail: podvyaze@bk.ru); O. V. Gladysheva, Cand. Sc. (Agr.), director; N. V. Davydova, D. Sc. (Agr.), head of laboratory.*

For citations: *Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Davydova N. V. Spring Soft Wheat Varieties for the Non-Black Soil Zone. Zemledelije. 2018. No. 8. Pp. 38–41 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044- 3913-2018-10811.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10812
УДК 633.15:631.52

Новые среднеспелые инбредные линии кукурузы для селекции на засухоустойчивость

Г. Я. КРИВОШЕЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru)
Е. В. ИОНОВА, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора по научной работе
Н. А. ШЕВЧЕНКО, техник-исследователь
В. Л. ГАЗЕ, младший научный сотрудник
Аграрный научный центр «Донской», пос. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Российская Федерация

Работу с целью изучения исходного материала – новых среднеспелых инбредных линий кукурузы, выделения перспективных линий для селекции засухоустойчивых гибридов и поиска эффективных косвенных признаков для оценки засухоустойчивости проводили в 2015–2017 гг. в Ростовской области. Почва опытного участка представлена обыкновенным черноземом, характеризующимся наличием мощного гумусного слоя, достигающего 160 см. Размещение вариантов в полевых опытах – систематическое. Материалом для исследования служили 20 среднеспелых инбредных линий кукурузы. Для определения остаточного водного дефицита (ОВД) отбор образцов проводили до восхода солнца от 10 растений каждой линии. Инбредные линии ДС 498/217-3, ДС 257/85-5, ДС 498/203, КВ 262 были устойчивы к водному стрессу – характеризовались низкими величинами остаточного водного дефицита в фазе цветения (8,5…10,7 %) и незначительным его увеличением в процессе усиления засухи к фазе молочно-восковой спелости (9,9…11,7 %) в сочетании с высокой продуктивностью (30,6…44,1 г/раст.), устойчивостью к полеганию (полегших растений 0,8…3,2 %), устойчивостью к поражению пузырчатой головней на естественном фоне (0…2,4 % пораженных растений), высоким прикреплением початка (43,5…56,0 см), невысоким процентом бесплодия (5,8…10,6 %). Сильная положительная связь отмечена между бесплодием растений и величиной водного дефицита в фазе молочно-восковой спелости (r=0,89±0,10), между бесплодием и приростом водного дефицита (r=0,72±0,16). Между урожайностью зерна и показателями ОВД определена отрицательная средняя корреляционная связь (r=-0,54±0,19…-0,58±0,18). Отмечена тенденция к снижению продуктивности растений с увеличением прироста водного дефицита (r=-0,33±0,21). Ранжирование линий по величине водного дефицита совпало с результатами ранжирования по величине бесплодия растений. Бесплодие растений, определенное в засушливых условиях у среднеспелых инбредных линий кукурузы, рекомендуется использовать в качестве дополнительного косвенного признака определения устойчивости к водному стрессу.

Ключевые слова: *кукуруза (Zea mays L.), инбредные линии, остаточный водный дефицит, продуктивность растений, урожайность зерна, бесплодие.*

Для цитирования: *Новые среднеспелые инбредные линии кукурузы для селекции на засухоустойчивость / Г. Я. Кривошеев, Е. В. Ионова, Н. А. Шевченко и др. // Земледелие. 2018. № 8. С. 41–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10812.*

Различные исследователи отмечают усиление аридности климата, что служит основанием для пересмотра приоритетных направлений селекции сельскохозяйственных культур [1, 2, 3].

Кукуруза относится к мезофитам, считается одной из наиболее влаголюбивых культур и сильно реагирует на недостаток влаги в период вегетации [4].

Наиболее крупные зарубежные селекционно-семеноводческие фирмы создают зерновые гибриды прежде всего для влагообеспеченных условий, вследствие чего усилия их селекционеров направлены, в первую очередь, на выведение гибридов с высокой потенциальной урожайностью и низкой уборочной влажностью зерна [5]. В нашей стране успешно ведется селекция на высокую потенциальную урожайность, в последние годы уделяется внимание селекции на низкую уборочную влажность зерна [6, 7].

При этом в России значительная часть посевов кукурузы расположена в зонах с неустойчивым и недостаточным увлажнением, поэтому выведение засухоустойчивых гибридов – одна из важнейших задач, решаемых отечественными селекционерами. Такая работа может быть успешной только при использовании нового засухоустойчивого исходного материала [8, 9, 10, 11]. Эффективность его создания будет выше в регионе с соответствующим климатом [12]. Известны различные методы определения засухоустойчивости и продолжаются исследования по разработке новых подходов.

Цель исследований – изучение исходного материала кукурузы для селекции на засухоустойчивость.

Эксперименты проводили в 2015–2017 гг. в Аграрном научном центре

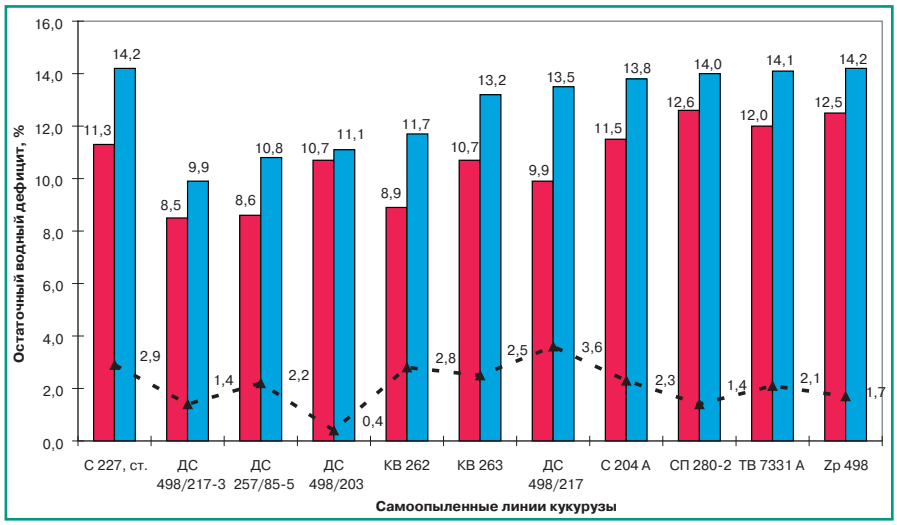


Рис. 1. Остаточный водный дефицит и его прирост у среднеспелых инбредных линий кукурузы первой группы, среднее за 2015–2017 гг.: — фаза цветения; — фаза молочно-восковой спелости; — прирост остаточного водного дефицита.

«Донской», расположенном в южной зоне Ростовской обл. Почва опытного участка – обыкновенный чернозем, характеризующийся наличием мощного гумусового слоя, достигающего 160 см, высокой карбонатностью, содержание гумуса (по Тюрину) – 3,5...4,4 %, общего азота – 0,23...0,26 % (ГОСТ 26107-84), подвижного фосфора – 15...20 мг/кг почвы (ГОСТ 29205-91), подвижного калия – 300...500 мг/кг почвы (ГОСТ 29205-91).

Климат южной зоны Ростовской области характеризуется неустойчивым увлажнением. Метеоусловия в период вегетации кукурузы в 2015–2017 гг. были засушливыми. За этот период в 2015 г. выпало 170 мм осадков (85 % от среднемноголетней нормы), в 2016 г. – 141,1 мм (70 % от среднемноголетней нормы), в 2017 г. – на уровне среднемноголетней нормы, но их распределение в течение вегетации оказалось крайне неравномерным. Во все годы исследований во второй половине вегетации растения кукурузы были подвержены сильному водному стрессу из-за недостатка влаги, среднесуточная температура превышала среднемноголетнюю на 1,1...3,9 °С, максимальная температура воздуха достигала 40 °С, минимальная относительная влажность воздуха снижалась до 9 %.

Объектом для исследования служили 15 новых среднеспелых линий кукурузы, созданных в АНЦ «Донской» – СП 280-1, СП 280-2, ДС 498/203, ДС 498/217, ДС 498/217-3, ДС 257/85-5, КВ 262, КВ 263, КВ 326 МВ, КВ 399 МВ, КВ 399 АМВ, КВ 498, С 204 А, ТВ 7331, Zp498 и 5 линий мировой коллекции – ДК 64/123, TVA-173, КМ 57, Гб 834, РП 276. Стандартом была линия С 227, показавшая хорошие результаты в предыдущие годы по засухоустойчивости [13]. Изучаемые линии из мировой коллекции константны, новые линии так же достигли инбредного минимума – в процессе создания выполнено 7 инцухтирований.

Закладку опытов, наблюдения и учеты осуществляли согласно методическим осуществляли по проведению полевых опытов с кукурузой [14]. Засухоустойчивость определяли методом остаточного водного дефицита (ОВД) [15]. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли по методике полевого опыта [16] с использованием программы Statistica 10.0. Агротехнические мероприятия в опытах осуществляли согласно зональной системы земледелия [17].

При оценке засухоустойчивости линии кукурузы по величине ОВД ранжированы и разделены на 2 группы, включающие по 10 генотипов. У первой группы линий ОВД находился на уровне стандарта или ниже, у второй – выше, чем у стандарта. Стандарт (линия С 227) характеризовался невысоким ОВД в фазе цветения (11,3 %) и его увеличением до средних величин (14,2 %) к фазе молочно-восковой спелости – прирост составил 2,9 % (рис. 1).

В первой группе выделены линии ДС 498/217-3, ДС 257/85-5, ДС 498/203, КВ 262 с низкой величиной этого показателя в фазе цветения (8,5...10,7 %) и незначительным ее увеличением в процессе усиления засухи к фазе молочно-восковой спелости на 0,4...2,8 %. Эти инбредные линии следует отметить как наиболее перспективные для программ скрещиваний при создании засухоустойчивых гибридов кукурузы.

У линий КВ 263, ДС 498/217, С 204 А, СП 280-2, ТВ 7331 А, Zp 498 величины ОВД находились на уровне стандарта – от 9,9...12,6 % в фазе цветения до 13,2...14,2 % к фазе молочно-восковой спелости.

Во второй группе линии РП 276, ДК 64/123, TVA 173 характеризовались невысоким ОВД в фазе цветения (12,1...13,6 %). В процессе усиления засухи к фазе молочно-восковой спелости величина этого показателя возросла до 18,1...20,2 %, отличаясь самым высоким приростом (5,0...6,6 %). Эти образцы не пригодны для селекции на засухоустойчивость и подлежат выбраковке (рис. 2).

Инбредные линии КМ 57, СП 280-1, Гб 834, КВ 326 МВ, КВ 399 АМВ, КВ 399 МВ увеличивали водный дефицит с 9,7...12,2 % в фазе цветения до 14,6...16,0 % в фазе молочно-восковой спелости. Среди них генотипы КВ 399 МВ, КВ 399 АМВ, КВ 498 отличались высоким его приростом (4,9...6,3 %) к фазе молочно-восковой спелости. В связи с тем, что засухоустойчивость растений – генетически обусловленный и наследуемый признак [18] с аддитивным характером наследования [19], при использовании таких линий в качестве исходного материала для создания засухоустойчивых гибридов необходимо вторым родительским компонентом

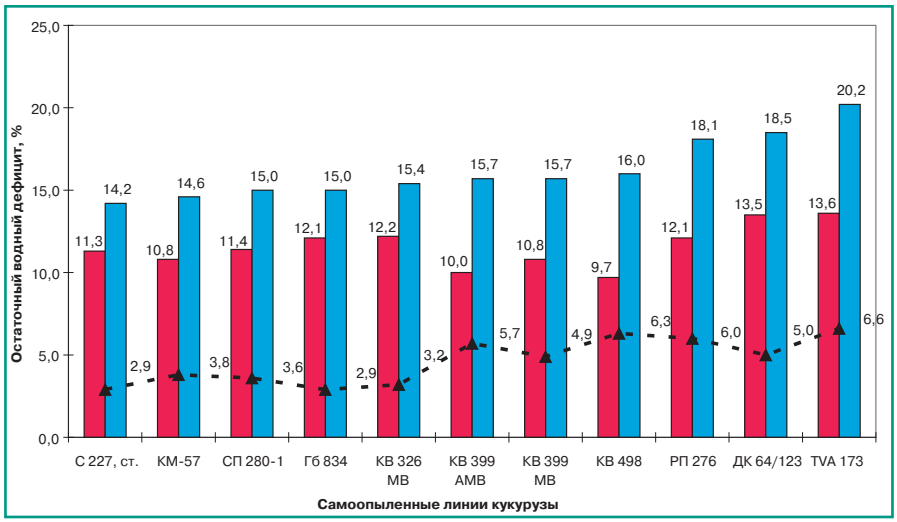


Рис. 2. Остаточный водный дефицит и его прирост у среднеспелых инбредных линий кукурузы второй группы, среднее за 2015–2017 гг.: — фаза цветения; — фаза молочно-восковой спелости; — прирост остаточного водного дефицита.

1. Коэффициенты корреляции между остаточным водным дефицитом и некоторыми признаками, среднее за 2015–2017 гг.

Признак	Бесплодие, %	Урожайность зерна, т/га	Продуктивность, г/растение
ОВД в фазе цветения, %	0,67±0,17*	-0,54±0,19*	-0,03±0,24
ОВД в фазе молочно-восковой спелости, %	0,89±0,10*	-0,58±0,18*	-0,12±0,23
Прирост ОВД, %	0,72±0,16*	-0,29±0,23	-0,33±0,21

** – достоверно при 5 %-ном уровне значимости.*

для скрещивания выбирать формы с высокой засухоустойчивостью.

Для выявления дополнительных косвенных признаков засухоустойчивости представляет интерес изучение количественных признаков в условиях засухи и сопоставление их с величинами ОВД (на основе корреляционного анализа) .

Установлена сильная положительная корреляционная связь между бесплодием растений и величиной водного дефицита в фазе молочно-восковой спелости (r=0,89±0,10) (табл. 1), в которой водный дефицит линий кукурузы достигал максимальных величин, поскольку в этот период отмечали низкую относительную влажность, высокую температура воздуха и отсутствие атмосферных осадков. С увеличением водного дефицита в фазе молочно-восковой спелости повышался процент бесплодия растений. Менее засухоустойчивые линии характеризовались, как правило, большим количеством бесплодных растений в посевах.

Связь между приростом ОВД и бесплодием – положительная сильная (r=0,72±0,16), ОВД в фазе цветения и бесплодием – положительная средняя (r=0,67±0,17).

Урожайность зерна инбредных линий, в отличие от признака бесплодие растений, имела менее тесную связь с показателями водного дефицита. Установлена средняя отрицательная зависимость между их величинами в фазе молочно-восковой спелости (r=-0,58±0,18) и фазе цветения (r=-0,54±0,19). Это свидетельствует о том, что среди устойчивых к водному стрессу урожайных линий больше, чем среди неустойчивых.

Практический интерес может представлять сопоставление водного дефицита не только со сбором зерна с единицы площади, но и с продуктивностью одного растения. Выявлена тенденция снижения продуктивности растений с увеличением прироста водного дефицита (r=-0,33±0,21).

Учитывая тесную связь бесплодия растений и водного дефицита, изучаемые линии были ранжированы по количеству бесплодных растений (рис. 3).

Следует отметить значительное совпадение ранжирования линий по бесплодию с ранжированием по величине водного дефицита в фазе молочно-восковой спелости. Линии с наименьшими величинами ОВД – ДС 498/217-3, ДС 257/85-5, ДС 498/203, КВ 262, классифицированные как засухоустойчивые, характеризовались самым маленьким количеством бесплодных растений (5,8…10,6 %). У образцов РП 276, TVA 173, ДК 64/123, классифицированных как неустойчивые к водному стрессу, их доля достигала 25,2...35,6 %. Признак «бесплодие растений» в засушливых условиях позволяет дифференцировать их по устойчивости к водному стрессу и может быть использован в дополнение к основным методам как критерий засухоустойчивости. Его определяют визуально в полевых условиях, поэтому этот критерий удобен при оценке больших объемов материала.

Бесплодие отрицательно сопряжено с урожайностью – связь тесная отрицательная (r=-0,70±0,17) и продуктивностью растений – средняя отрицательная (r=-0,41±0,21).

Инбредные линии кукурузы ДС 498/217-3, ДС 257/85-5, ДС 498/203, КВ 262, выделенные как засухоустойчивые, не уступали стандарту, либо превосходили его по величине ряда хозяйственно-ценных признаков (табл. 2). Эти генотипы отличались высокой продуктивностью растений (30,6...44,1 г/раст.), высокой устойчивостью к полеганию (полегших растений 0,8...3,2 %), не поражались либо слабо поражались пузырчатой головней на естественном фоне (0...2,4 %), имели высокое прикрепление початка (43,5...56,0 см), небольшое количество бесплодных растений (5,8...10,6 %).

Таким образом, выделенные инбредные линии кукурузы характеризовались низкими величинами остаточного водного дефицита в фазе цветения (8,5...10,7 %) и незначительным его приростом (0,4...2,8 %) к фазе молочно-восковой спелости. Новые образцы отличаются высокими величинами основных хозяйственно-ценных признаков: продуктивность – 30,6...44,1 г/раст., полегших растений – не более 3,2 %, поражение пузырчатой головней на естественном фоне – не более 2,4 %, высота прикрепления почат-

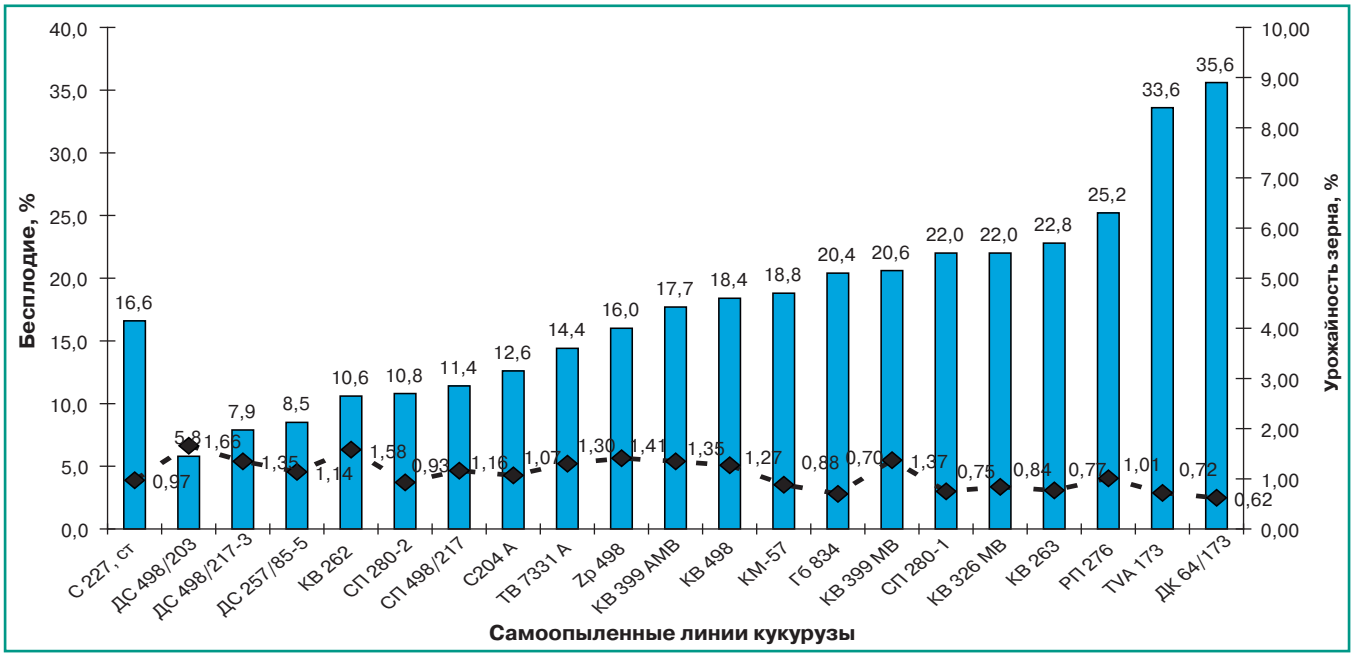


Рис. 3. *Урожайность зерна и бесплодие среднеспелых инбредных линий кукурузы, среднее за 2015–2017 гг.: ■ – бесплодие, %; ◆ – урожайность зерна, т/га.*

2. Хозяйственно-ценные признаки новых среднеспелых засухоустойчивых линий кукурузы, среднее за 2015–2017 гг.

Линия	Продуктивность, г/раст.	Продолжительность вегетационного периода, дни	Бесплодных растений, %	Полегших растений, %	Поражение пузырчатой головней, %	Высота, см	
						растения	прикрепления початка
С 227 (st.)	29,1	110	16,6	3,0	2,2	158,0	43,0
ДС 498/217-3	36,7	110	7,9	3,2	0,8	167,0	48,5
ДС 257/85-5	31,2	111	8,5	2,0	2,4	156,0	43,5
ДС 498/203	44,1	112	5,8	1,4	0	170,5	56,0
КВ 262	30,6	109	10,6	0,8	1,6	159,5	44,5
Стандартное отклонение (S)	4,6	4,8	2,3	0,9	0,7	10,2	5,4
$НСР_{05}$	5,1	8,2	3,4	1,6	1,3	17,5	7,5

ка – 43,5…56,0 см, бесплодие – не более 10,6 %. К лучшим среди изученных линий следует отнести ДС 498/217-3, ДС /85-5, ДС 498/203, КВ 262.

Выявлен косвенный признак, позволяющий дифференцировать среднеспелые инбредные линии кукурузы по засухоустойчивости – бесплодие растений. Установлена положительная сильная связь между бесплодием и величиной остаточного водного дефицита в фазе молочно-восковой спелости (r=0,89±0,10), между бесплодием и приростом водного дефицита (r=0,72±0,16). Ранжирование линий по величине водного дефицита совпало с результатами ранжирования по величине бесплодия растений. Бесплодие растений, определенное в засушливых условиях у среднеспелых инбредных линий кукурузы целесообразно использовать в качестве дополнительного косвенного признака определения устойчивости к водному стрессу.

Литература.

1. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Буин Н. П. Изменение климатических условий в южной зоне Ростовской области в период вегетации кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1 (25). С. 44–50.

2. Попов А. С., Янковский Н. Г., Овсянникова Г. В. Особенности погодных условий в Южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России, 2012. № 3 (21). С. 56–59.

3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 58 с.

4. Кукуруза: современная технология возделывания / под ред. академика РАСХН В. С. Сотченко. М.: «РосАгроХим», 2009. 127 с.

5. A. Forrest Troyer and Eric J. Wellin. Heterosis Decreasing in Hybrids: Yield Test Inbred // Crop Science. 2009. Vol. 49. P. 1969–1979.

6. Орлянский Н. А. Селекция кукурузы на пониженную уборочную влажность зерна для Центрально-черноземной зоны // Кукуруза и сорго. 2004. № 3. С. 10–13.

7. Чистяков С. Н., Супрунов А. И. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы по признакам урожайность и уборочная влажность зерна в топкроссных скрещиваниях // Зерновое хозяйство России. 2013. № 1 (25). С. 42–46.

8. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А., Газе В. Л. Исходный материал для селекции засухоустойчивых гибридов кукурузы // Аграрная наука Евро – Северо – Востока. 2016. № 6 (55). С. 15–20.

9. Гульняшкин А. В., Анешенков С. С., Варламов Д. В., Селекция гибридов кукурузы адаптированных к засушливым условиям юга России // Зерновое хозяйство России. 2013. № 4 (28). С. 9–18.

10. Хатефов Э. Б., Кегермазов А. М. Селекция генетических источников признака засухоустойчивости для создания новых гибридов тетраплойдной кукурузы // Аграрный вестник Урала. № 8 (87). 2011. С. 8–11.

11. Мелихов В. В., Панфилова О. Н. Селекция и семеноводство раннеспелых засухоустойчивых гибридов кукурузы для зоны Нижнего Поволжья // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2003. С. 93–97.

12. Седловский А. И., Тюпина Л.Н., Кохметова А.М. Создание образцов яровой мягкой пшеницы устойчивых к засухе // Вестник КазНУ. Серия биологическая. 2014. № 1/2 (60). С. 116–119.

13. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А., Ионова Е. В. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2013. № 6 (30). С. 30–35.

14. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / сост. Д. С. Филев, В. С. Золотов, Н. И. Логачев и др. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 54 с.

15. Литвинов Л. С. О почвенной засухе и устойчивость к ней растений. Львов: Изд-во Львовского госуниверситета, 1951. 214 с.

16. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. М.: Альянс, 2014. 351 с.

17. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. III. Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2013. 376 с.

18. Генофонд и селекция кукурузы. Теоретические основы селекции / Г. Е. Шмараев Санкт-Петербург: ВИР, 1999. Т. IV. 286 с.

19. Драгавцев В. А., Михайленко И. М., Проскуряков М. А. Неканонический подход к решению задач наследственного повышения засухоустойчивости // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 487–500.

New Mid-Season Inbred Maize Lines for Breeding on Drought-Resistance

G. Ya. Krivosheev, E. V. Ionova, N. A. Shevchenko, V. L. Gaze

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

Abstract. *The aim of the research was the estimation of source material – new mid-season inbred maize lines, identification of the promising lines for breeding the drought-resistant hybrids, and search for the effective indirect signs for estimation of their drought-resistance. The experiment was carried out in Rostov region in 2015–2017. The soil of the experimental plot was typical chernozem, characterized with a thick humus layer of 160 cm in depth. The arrangement of variants was systematic. Twenty mid-season inbred maize lines were the material for the study. To determine the residual water deficit (RWD), the samples were taken from 10 plants of each line before sunrise. Inbred maize lines ‘DS 498/217-3’, ‘DS 257/85-5’, ‘DS 498/203’, ‘KV 262’ were resistant to water stress and were characterized by low residual water deficit in the flowering phase (8.5–10.7%), with its insignificant increase in the milky-wax ripeness phase (9.9–11.7%) when the drought strengthened. They were characterized by high productivity (30.6–44.1 g/plant), resistance to lodging (0.8–3.2% of lodged plants), resistance to boil smut infection against the natural background (0–2.4% of injured plants), high ear attachment (43.5–56.0 cm), low percentage of sterility (5.8–10.6%). A strong positive correlation was between plant sterility and the value of water deficit in the milky-wax ripeness phase (r = 0.89 ± 0.10), and between sterility and water deficit increase (r = 0.72 ± 0.16). There was a negative average correlation between grain productivity and the RWD indicators (r was from (-0.54 ± 0.19) to (-0.58 ± 0.18)). There was a tendency to decrease plant productivity with an increase in water deficit (r = -0.33 ± 0.21). Ranking of the maize lines according to water deficit coincided with a ranking of them according to the value of plant sterility. Plant sterility identified in the mid-ripening inbred maize lines under dry conditions is recommended to use as an additional indirect trait to determine water stress resistance.*

Keywords: *maize (Zea mays L.); inbred lines; residual water deficit; plant productivity; grain productivity; sterility.*

Author Details: *G. Ya. Krivosheev, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: genadiy.krivosheev@mail.ru); E. V. Ionova, D. Sc. (Agr.), deputy director for science; N. A. Shevchenko, research technician; V. L. Gaze, junior research fellow.*

For citation: *Krivosheev G. Ya., Ionova E. V., Shevchenko N. A., Gaze V. L. New Mid-Season Inbred Maize Lines for Breeding on Drought-Resistance. Zemledelije. 2018. No. 8. Pp. 41–44 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10812.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10813
УДК 635.21:581.16

Влияние различных способов применения SKQ1 на семенную продуктивность картофеля в процессе репродуцирования клубневых потомств оздоровленных микрорастений

П. А. ГАЛУШКА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (pavel_galushka@mail.ru)
Д. В. КРАВЧЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
А. И. УСКОВ, доктор сельскохозяйственных наук, зав. отделом
Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха, ул. Лорха, 23, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

Представлены результаты исследования применения регулятора роста SkQ1 на картофеле. Опыты проводили в 2015–2018 гг. В лабораторных условиях на питательной среде Мурасиге-Скуга без гормонов и с добавлением SkQ1 в концентрации 25 нМ получены микрорастения сортов Тирас и Рамос, которые далее были высажены на изолированный участок, а затем репродуцировали в полевых условиях. Полевые опыты выполнены на экспериментальной базе Коренёво в Люберецком районе Московской области. Почва связнопесчаная по гранулометрическому составу характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 4,7; содержание гумуса – 2,1 %; P_2O_5 – 41,1; K_2O – 7,1 мг/100 г. Во всех вариантах применения SkQ1 в полевых условиях отмечены достоверные прибавки урожая. Наиболее эффективным в опыте оказался вариант наложения действия и последействия SkQ1 (опрыскивание по вегетирующим растениям): прибавка урожая в 2017 г. на сортах Тирас и Рамос составила 28 % и 47 % соответственно, количество клубней семенной фракции сорта Рамос возросло, по отношению к контролю, в 1,5 раза, в 2018 г. прибавки урожая составили соответственно 17 % и 43 %, а увеличение количества клубней фракции 30...60 мм – 1,2...1,4 раза в зависимости от сорта. При размножении оздоровленных микрорастений картофеля использование регулятора роста SkQ1, стимулирующего процессы морфогенеза в культуре in vitro, позволило при дальнейшем репродуцировании клубневых потомств повысить их продуктивность, как следствие влияния последействия регулятора роста и обработок вегетирующих растений.

Ключевые слова: *картофель, микрорастения in vitro, морфогенез, SkQ1, клубневые потомства, продуктивность.*

Для цитирования: *Галушка. П. А., Кравченко Д. В., Усков А. И. Влияние различных способов применения SKQ1 на семенную продуктивность картофеля в процессе репродуцирования клубневых потомств оздоровленных микрорастений // Земледелие. 2018. № 8. С. 45–47. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10813.*

Регуляторы роста представлены широким спектром природных и синтетических веществ [1], направленно воздействующих на процессы, протекающие в растениях. Это позволяет использовать их в биотехнологиях *in vitro* [2]. Важный этап семеноводства картофеля – выращивание мини-клубней из мериклонов, оздоровленных в культуре *in vitro* [3]. Культивирование растений проводится в основном на искусственных питательных средах с минеральной основой Мурасиге-Скуга и различными вариантами использования углеводов и гормональных веществ. Микроклональное размножение растений *in vitro* сортов картофеля Любава, Невский, Тулеевский, Удалец, Кузнечанка и Накра наиболее эффективно на питательных средах ВНИИКХ, КемНИИСХ и КемНИИСХ-2 [4]. Перспективно применение регуляторов роста растений, способных сглаживать стрессовые явления, возникающие при пересадке микрорастений в новые условия, и положительно влияющих на урожайность и выход мини-клубней [5].

Регуляторы роста оказывают активное воздействие на развитие растений, формирование их органов и качественных признаков [6]. Для предпосадочной обработки клубней картофеля применяют препараты Альбит, Артафит, Зеромикс, Мивал-Агро, Прорастин, Циркон, Экогель, Экстрасол и Эпин-Экстра [7]. Регуляторы роста активно используют на различных фонах минеральных удобрений [8].

Синтезированные в НИИФХБ им. А.Н. Белозерского (МГУ) препараты SkQ1 представляют собой соединения катионов трифенилдецилфосфония и аналогов пластохинона хлоропластов [9]. При использовании в наноконцентрациях они принимают участие в регуляции баланса активных форм кислорода, играющих важную роль в процессах внутриклеточного обмена веществ [10]. Наиболее распространенный способ применения регуляторов роста – опрыскивание растений в период вегетации [11].

В опытах К.Л. Засориной и И.Я. Пигорева, опрыскивание растений в фазе «бутонизация – начало цветения» способствовало более интенсивному росту урожайных, товарных и технологических свойств картофеля, чем замачивание посадочных клубней, независимо от группы спелости [12].

Проведенные в 2009 г. исследования показали, что обработка растений в фазе «бутонизация – начало цветения» препаратом SkQ1 в концентрации 25 нМ обеспечивала увеличение площади листьев на 53,8...56,3 %, формирование прибавок урожая сорта Жуковский ранний до 8,1 т/га, или 28,0 %, сорта Крепыш – 4,1 т/га (12,7 %) [13].

Анализ литературных данных и результатов собственных исследований свидетельствует об актуальности изучения эффективности применения препарата SkQ1 на различных этапах оригинального семеноводства картофеля.

Цель исследования – выявить перспективность использования регулятора роста нового поколения SkQ1 в

1. Схемы опытов 2015-2018 г.г.

Опыт 1		Опыт 2	Опыт 3	
Микрорастения 2015 г.	Миниклубни 2015 г.	Клубневое потомство 2016 г.	Клубневое потомство 2017 г.	Клубневое потомство 2018 г.
Среда МС – контроль	Без SkQ1 – контроль	Без SkQ1 – контроль	Без SkQ1 – контроль	Без SkQ1 – контроль
			SkQ1 (25 нМ) обработка растений	SkQ1 (25 нМ) обработка растений
Среда МС + SkQ1	Последействие SkQ1	Последействие SkQ1	Последействие SkQ1	Последействие SkQ1
			Последействие SkQ1 +	Последействие SkQ1 +
			SkQ1 (25 нМ) обработка растений	SkQ1 (25 нМ) обработка растений

2. Биометрические показатели микрорастений *in vitro* и их продуктивность в открытом грунте. 2015 г.

Вариант	Высота микрорастений, мм		Количество листочков, шт.		Продуктивность в открытом грунте г/куст	Количество клубней шт./куст
	15 дней	30 дней	15 дней	30 дней		
Тирас						
Среда МС-контроль	15	44	3,5	7,6	204,6	8,2
МС+SkQ1 (25 нМ)	23	55	5,2	8,1	228,4	11,5
$НСР_{05}$	0,7	1,5	1,5	1,1	18,9	1,0
Рамос						
Среда МС-контроль	32	61	6,7	8,7	234,0	8,0
МС+SkQ1 (25 нМ)	41	74	6,9	9,1	239,0	10,0
$НСР_{05}$	0,3	0,6	0,5	0,7	26,0	0,9

оригинальном семеноводстве картофеля при репродуцировании клубневых потомств.

Для достижения поставленной цели в 2015–2018 гг. была проведена серия опытов (табл. 1).

В опыте 1 с повторностью 100 микрочеренков на вариант препарат SkQ1 добавляли в питательную среду Мурасиге-Скуга (МС) после автоклавирования. Микрорастения культивировали в условиях 16-часового фотопериода при температуре 22 °С и освещенности 3,5...4,0 тыс. люкс. Через 30 суток их извлекали из пробирок. Перед высадкой на изолированную площадку открытого грунта микрорастения подращивали в теплице в течение 10 дней на торфо-перегнойном субстрате. Микрорастения высаживали во второй декаде июня по схеме 60 × 15 см. Площадь делянки составляла 3,6 м^2. Повторность четырехкратная, по 25 растений на делянке.

Опыты 2 и 3 закладывали на экспериментальной базе Коренёво ФГБНУ ВНИИКХ с использованием клубневого потомства микрорастений, выращенных на разных средах (с использованием SkQ1 и без). Кроме того, в опыте 3 на этот фактор были наложены варианты с обработкой вегетирующих растений растворами SkQ1 в концентрации 25 нМ. Посадку проводили в первой декаде мая. Повторность опыта четырёхкратная по 25 клубней на делянке. Площадь учётной делянки 7,5 м^2. Ботву удаляли в третьей декаде августа, уборку проводили вручную в первой декаде сентября. В фазе «бутонизация – начало цветения» определяли высоту растений, количество стеблей в кусте. Урожай учитывали в соответствии с «Методикой исследований по культуре картофеля» (1967 г.) [14]. Структуру урожая определяли по ГОСТ Р 53136-2008.

В опыте 1 в 2015 г. во время культивирования микрорастений сортов Тирас и Рамос отмечена их положительная реакция на присутствие препарата SkQ1 в питательной среде (табл. 2). Уже через 15 суток отмечено заметное превышение высоты микрорастений в варианте с SkQ1, по отношению к контролю, в 1,5 раза (на 8 мм) на сорте Тирас и в 1,2 раза (на 9 мм) на сорте Рамос. Количество сформированных листьев у микрорастений сорта Тирас в варианте с SkQ 1 превышало контроль на 1,7 шт.

Биометрическая оценка растений картофеля в условиях открытого грунта, показала их большую высоту в опытном варианте. В основном различия между вариантами были отмечены на раннеспелом сорте Тирас. Их высота при использовании SkQ1 составила 270 мм, что было на 23 % больше, чем в контроле. Различий по высоте растений сорта Рамос не выявлено.

Прибавка урожая миниклубней на сорте Тирас в опытном варианте составила 24 г/куст, или 11,6 %, общее количество клубней увеличивалось на 3,3 шт./куст, по отношению к контролю. Основное количество клубней составила стандартная фракция 9...45 мм. На сорте Рамос прибавка в опытном варианте не превышала 5 г/куст, или 2 % к контролю. В структуре урожая миниклубней, представленных фракцией 9...45 мм, различия между вариантами были несущественными.

Фенологические наблюдения в опыте 2 (2016 г.) показали, что фаза начала всходов в опытном варианте у сорта Тирас наступала на 2 дня раньше контроля, у сорта Рамос – на 4 дня. Начало бутонизации в контрольном варианте, проходило более интенсивно, по сравнению с опытным, особенно на сорте Рамос, у растений которого в контроле наблюдали почти в два раза больше бутонов (40 %), чем в опытном варианте (20 %). По началу цветения существенных различий между вариантами не отмечено. На сорте Тирас в контрольном варианте число кустов с цветами было на 4 % меньше, чем в опытном (20 %).

На посадках клубневого потомства первого года высота растений сорта Тирас в опытном варианте составила 510 мм, что было больше, чем в контроле, на 50 мм, или на 13 %, сорта Рамос – на 110 мм, или на 18 %. По количеству стеблей за два года исследований существенных различий между вариантами не наблюдали. Прибавка урожая клубневого потомства первого года микрорастений сорта Тирас в опытном варианте составляла 3,3 т/га, сорта Рамос – 2 т/га, или соответственно 15 % и 8 %, по отношению к контролю. Анализ структуры урожая показал, что в условиях 2016 г. клубни крупной фракции (>60 мм) отсутствовали у сортов. В опытном варианте (последействие SkQ1) на сорте Рамос количество клубней семенной фракции 30...60 мм увеличилось в 1,5 раза (3,5 шт./куст), по отношению к

3. Урожайность и структура второго клубневого потомства микрорастений (2017-2018 гг.)

Вариант	Масса клубней, г/куст		Прибавка урожая				Количество клубней, шт./куст					
			2017 г.		2018 г.		< 30 мм		30...60 мм		всего	
	2017 г.	2018 г.	т/га	%	т/га	%	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Тирас												
Без SkQ1 (контроль)	24,9	21,9	–	–	–	–	2	1,1	9,8	8,8	11,8	9,9
Обработка растений SkQ1	24,6	23,7	–0,3	1,2	1,2	5,5	2	1,2	10,7	9,5	12,7	10,7
Последействие SkQ1	32,6	24,6	7,7	31	2,7	12,3	2,3	2,1	9,6	9,7	11,9	11,8
Последействие SkQ1 + обработка растений SkQ1	31,9	28,3	7,0	28	3,7	16,8	2,6	2,3	10,4	10,2	13,0	12,5
$НСР_{095}$	2,8	2,5	–	–	–	–	–	–	–	–	0,9	0,8
Рамос												
Без SkQ1 (контроль)	20,9	18,9	–	–	–		3,8	1,4	8,0	9,0	11,8	10,4
Обработка растений SkQ1	23,7	22,2	2,8	13	3,3	17,4	2,4	1,8	8,6	11,8	11,0	13,6
Последействие SkQ1	22,5	20,2	1,6	7,6	1,3	6,8	3	1,6	9,4	10,8	12,4	12,4
Последействие SkQ1 + обработка растений SkQ1	30,8	27,2	9,9	47	8,3	43	1,5	2	12,0	13,0	13,5	15
$НСР_{095}$	2,3	2,6	–	–	–	–	–	–	–	–	0,9	1,1

контролю. На сорте Тирас превышение было незначительным.

Биометрическая оценка посадок клубневого потомства второго года, проведённая в фазе «бутонизация – начало цветения», показала интенсивный рост и развитие кустов растений картофеля как в варианте с последействием SkQ1, так и при наложении на него обработки растений SkQ1. Высота растений сорта Тирас в варианте последействия SkQ1 и наложения обработки растений SkQ1 составила 590 мм, что было больше, чем в контроле, на 70 мм. В варианте последействия SkQ1 количество стеблей увеличилось в 1,3 раза, по отношению к контролю, что привело к росту урожайности на 7,7 т/га, или 31 % (табл. 3). В варианте последействия SkQ1 и наложения обработки растений SkQ1 прибавка урожая составила 7 т/га, или 28 % к контролю. В структуре урожая различий между опытными вариантами и контролем относительно клубней семенной фракции (30...60 мм) не выявлено.

Высота растений сорта Рамос в опытных вариантах с обработкой растений SkQ1 и с последействием SkQ1 составила 490 мм, что было больше, чем в контроле, на 60 мм, или 13 %, количество стеблей увеличилось почти в 1,4 раза, прибавка урожая составила соответственно 2,8 т/ га и 1,6 т/га, или 13 % и 7,6 % к контролю. В варианте последействия SkQ1 и наложения обработки растений SkQ1 высота растений составила 470 мм, что на 40 мм больше, чем в контроле, прибавка урожая составила 9,9 т/га, или 47 %, количество клубней фракции 30…60 мм возросло в 1,5 раза к контролю, и в 1,2...1,4 раза, по отношению к другим вариантам, доля фракции клубней < 30 мм была в 2,5 раза меньше, чем в контроле.

В условиях 2018 г. отмечено снижение продуктивности клубневого потомства второго года при повторной закладке опыта. Но увеличение прибавки урожая в опытных вариантах к контролю сохранялось. Наибольшая прибавка отмечена в варианте последействия SkQ1 и наложения обработки растений SkQ1: на сорте Тирас – 3,7 т/га, или 16,8 %, на сорте Рамос – 8,3 т/га, или 43 %, по отношению к контролю. В вариантах с обработкой растений картофеля SkQ1 прибавка составила соответственно 1,2 т/га, или 5,5 % и 3,3 т/га, или 17,4 %. Последействие SkQ1 обеспечило прибавки урожая, по отношению к контролю на уровне 2,7 т/га, или 12,3 % и 1,3 т/га, или 6,8 %. Наибольшее количество клубней фракции 30...60 мм отмечено в варианте последействия SkQ1 и наложения обработки растений SkQ1 – на сорте Тирас больше, чем в контроле, в 1,2 раза, на сорте Рамос – в 1,4 раза.

Таким образом, применение регулятора роста SkQ 1 в оригинальном семеноводстве картофеля на этапе размножения оздоровленных микрорастений и при репродуцировании клубневых потомств в полевых питомниках, способствовало увеличению их продуктивности. Последействие SkQ 1 в сочетании с опрыскиванием растений обеспечивало увеличение урожайности клубней сорта Тирас на 28 %, сорта Рамос – на 47 % при повышении выхода семенной фракции, в сравнении с контролем, в 1,5 раза.

Литература

1. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений / Г. С. Муромцев, Д. И. Чкаников, О. Н. Кулаева и др. Л.: Агропромиздат, 1987, 384 с.

2. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. 599 с.

3. Терентьева Е. В., Ткаченко О. В. Получение мини-клубней картофеля в летних каркасных теплицах в условиях Нижнего Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 55–58.

4. Ходаева В. П., Куликова В. И. Размножение сортов картофеля в культуре in vitro на различных питательных средах // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №10. С. 66–68.

5. Черемисин А. И., Якимова И. А. Применение регуляторов роста при выращивании оздоровленных пробирочных растений // Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля. Чебоксары: КУП ЧР «Агро-Инновации», 2010. С. 103–104

6. Купалов С. А. Регуляторы роста и семенная продуктивность // Картофель и овощи. 1993. № 2. С. 38.

7. Эффективность предпосадочной обработки клубней регуляторами роста в семеноводстве картофеля / А. В. Николаев, Г. Е. Черемин, И. Г. Любимская и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. № 12. С. 40–42.

8. Бутусов А. В., Адоньев С. О. Регуляторы роста на картофеле // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 29–30.

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

10. Скулачев В. П. Энергетика биологических мембран. М.: Наука, 1989. 564 с.

11. Порсев И. Н. Влияние регуляторов роста на формирование надземных и подземных органов растений картофеля // Агро XXI. 2006. № 1. С. 42–43.

12. Засорина Э. В., Пигорев И. Я. Регуляторы роста на картофеле в Центральном Черноземье // Аграрная наука. 2005. № 7. С. 20–22.

13. Галушка П. А., Усков А. И., Кравченко Д. В. Продуктивность и качество оригинального семенного материала картофеля в зависимости от схемы получения исходных растений // Картофелеводство: Сборник научных трудов. Материалы координационного совещания и научно-практической конференции, посвящённой 120-летию со дня рождения А. Г. Лорха / РАСХН, ВНИИКХ; под ред. Е.А. Симакова. М., 2009. С. 253–256.

14. Методика исследований по культуре картофеля / под ред. Н.С. Бацанова. М.: НИИКХ, 1967. 262 с.

Influence of Different Ways of Using SkQ1 on Seed Productivity of Potato in Reproduction of Tuber Generation of Improved Microplants

P. A. Galushka, D. V. Kravchenko, A. I. Uskov

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

Abstract. *The paper presents the results of the use of SkQ1 growth regulator for potato. The experiments were carried out in 2015–2018. Under laboratory conditions on Murashige-Skoog nutrient media without hormones and with the addition of SkQ1 in the concentration of 25 nM, microplants of varieties Tiras and Ramos were obtained, and then they were planted on an isolated site. The tuber material of these varieties was used to produce tuber generation of microplants under field conditions. Field experiments were carried out at the experimental station Korenevo, All-Russian Research Institute of Potato Farming, Lyubertsy district, Moscow region. The soil was characterized by the following agrochemical parameters: pH(KCl) was 4.7; humus content was 2.1%; P2O5 content was 41.1 mg/100 g; K2O content was 7.1 mg/100 g. In all variants of the SkQ1 application under field conditions, a significant yield increase was obtained. The variant of a combination of effect and aftereffect of SkQ1 was the most effective (spraying of vegetating plants): the increase in the yield of Tiras and Ramos varieties was 28% and 47%, respectively, in 2017. In Ramos variety, the number of tubers of the seed fraction increased 1.5 times compared with the control. In 2018, the yield increase for Tiras and Ramos varieties was 17% and 43%, respectively. The number of tubers with a size of 30–60 mm increased 1.2–1.4 times, depending on the variety. In the propagation of improved potato microplants, the use of SkQ1 growth regulator, which stimulates morphogenesis processes in vitro, enabled to increase the productivity of the tuber generation in the further propagation, due to the influence of the aftereffect of the growth regulator and treatments of the vegetating potato plants.*

Keywords: *potato; in vitro microplants; morphogenesis; SkQ1; tuber generation; productivity.*

Author Details: *P. A. Galushka, Cand. Sc (Agr.), senior research fellow, (pavel_galushka@mail.ru); D. V. Kravchenko, Cand. Sc (Agr.), senior research fellow; A. I. Uskov. D. Sc. (Agr.), head of division.*

For citation: *Galushka P. A., Kravchenko D. V., Uskov A. I. Influence of Different Ways of Using SkQ1 on Seed Productivity of Potato in Reproduction of Tuber Generation of Improved Microplants. Zemledelie. 2018. No. 8. Pp. 45–47 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10813.*

Рекомендации по безопасному и эффективному использованию средств защиты растений

Средства защиты растений (СЗР)* являются биологически активными химикатами, которые проходят доскональную проверку на безопасность и пригодность, прежде чем они допускаются к применению в сельском хозяйстве.

Первым делом, будущие пользователи СЗР должны установить вредителя культурных заболеваний и необходимость применения химических препаратов. Далее должна быть собрана информация о необходимых мерах предосторожности, методах применения и стоимость препарата на единицу посевной площади. Кроме того, важно пройти обучение, которое проводят официальные органы или торговые, фермерские организации.

Необходимо соблюдать законы и нормативы относительно покупки, транспортировки и хранении купленных препаратов. Главное, что следует помнить и знать покупателям, что нельзя приобретать продукт в поврежденной упаковке, также следует транспортировать и хранить СЗР в строго подготовленных помещениях, недоступном для детей и изолированных от продуктов питания.

При использовании следует строго придерживаться инструкций на этикетке, чтобы предотвратить опасные воздействия, и надевать рекомендованную защитную одежду. Ведь все, кто работает с СЗР несут ответственность за обучение нанятых работников и за предотвращение загрязнения окружающей среды, так как СЗР могут представлять повышенную опасность в случае их неправильного применения.

Детализированные меры предосторожности представляют чрезвычайную важность.

Для того чтобы использование СЗР было надежным и эффективным, следует обращаться с ними и применять их в соответствии с рекомендациями изготовителя.

Если несчастный случай всё же произошел, то необходимо всем покупателям препаратов владеть мерами первой помощи, которые могут быть применены на поле, прежде чем врач приступит к ликвидации отравления. В тот момент, когда доктор приступит к лечению, то ему необходимо предоставить этикетку, так как на ней может быть отражено противоядие.

Рекомендации, отраженные в данной заметке, адресованы в первую очередь консультантам, учёным и руководителям, работающим в области сельского хозяйства и любому человеку, кто связан с использованием средств защиты растений.

* – Средства защиты растений – понятие, включающее инсектициды, акарициды, моллюскициды, родентициды, нематициды, антигельминтики, регуляторы роста растений, фунгициды и гербициды.

www.cropscience.bayer.ru

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

на правах рекламы

*для аграриев

Лучшие* препараты компании «Август» для профессиональной защиты кукурузы

Табу супер – двухкомпонентный инсектицидный протравитель, не имеющий аналогов по эффективности и рентабельности применения. На длительный срок защищает всходы от проволочников, действует на вредителей моментально.

Эгида + Дублон – комбинация гербицидов против основного спектра однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков. Может применяться вплоть до 6 листьев культуры. Действует быстро, сдерживает вторую «волну» сорняков за счет почвенного действия.

Дублон супер – двухкомпонентный гербицид для борьбы с широким спектром однолетних и многолетних злаковых сорняков. Уничтожает также двудольные сорные растения, включая осоты, вьюнок, амброзию, щирицу и др. Подавляет всходы падалицы подсолнечника и рапса. Применяется совместно с ПАВ Адью.

Дублон + Балерина – комбинация гербицидов для решения большинства проблем с засоренностью. Очень надежно работает против комплекса злаковых (овсюг, виды проса, гумай и др.) и двудольных (включая ромашку, осот, бодяк, амброзию, марь, щирицу, дурнишник, вьюнок, паслен и др.) сорняков.

Камелот – до- и послевсходовый гербицид почвенного и листового действия против однолетних двудольных и злаковых сорняков. Может вноситься до посева, до всходов или после всходов кукурузы. Обеспечивает длительный период защиты (8 - 10 недель).

Брейк – пиретроидный инсектицид с высоким содержанием действующего вещества и низкими нормами расхода. Эффективно и быстро уничтожает лугового мотылька. Благодаря препаративной форме – микроэмульсии – устойчив к воздействию высоких температур.

* – среди препаратов компании «Август»

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust crop protection

ЗАРАЗИХОУСТОЙЧИВЫЕ И ВЫСОКОМАСЛИЧНЫЕ
ГИБРИДЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2018. № 8. 1 - 48. Индекс 70329.

OROBANCHE A-F Resistance

ЕС ТЕРРАМИС СЛ

СРЕДНЕРАННИЙ

СРЕДНЕРАННИЙ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫЙ CLEARFIELD® ГИБРИД С ВЫСОКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ УРОЖАЙНОСТИ

- Вегетационный период 105-110 дней
- Быстрый старт и раннее развитие
- Высокий потенциал урожайности
- Рекомендуется выращивать по интенсивной технологии
- Масличность – 47-49%

- Высокий уровень толерантности к болезням (фомопсис, фомоз, склеротиния, вертициллез)
- Устойчивость к заразихе, OR A-F
- Высота растений 160-170 см
- Регион возделывания – Юг, Центр, Запад с возможным поражением новыми расами заразихи

на правах рекламы

BAYER

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

EURALIS