

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ,
ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ

Обзорная статья

УДК 633.15:631.8

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-242-263

**Применение минеральных и органических удобрений
для повышения эффективности возделывания кукурузы на зерно**

Валерий Алексеевич Монастырский¹, Яна Сергеевна Тищенко²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹valerijmonastyrskij@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0881-4282>

²ageeva.yana21@gmail.com

Аннотация. Цель: проанализировать научные исследования в области применения различных доз удобрений и их влияния на урожайность зерна кукурузы в различных почвенно-климатических условиях, определить необходимость усовершенствования рассматриваемых элементов технологии возделывания и в дальнейшем провести исследования по сформированным направлениям. **Обсуждение.** В статье представлен обзор научно-исследовательских работ, относящихся к минеральным и органическим удобрениям, которые используются при выращивании кукурузы на зерно. В данной работе рассмотрены вопросы влияния различных доз удобрений на различных типах почв. Проведен анализ схем внесения минеральных и органических удобрений в разных соотношениях. **Выводы.** Анализ результатов проведенных авторами исследований, посвященных системам удобрений под кукурузу на зерно на различных почвах, показал, что применение органических и минеральных удобрений способствует повышению урожайности до 50 %. Максимальные урожаи кукурузы на зерно были получены при внесении биогумуса с минеральными удобрениями. Внесение биогумуса и минеральных удобрений вместе увеличивает содержание элементов питания в почве до 50 %, урожайность на 30–50 % и повышает качество зерна. Для получения максимальных урожаев кукурузного зерна рекомендовано предпосевное внесение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀. В неорошаемых условиях в Ростовской области урожайность кукурузы на зерно не превышает 3 т/га, поэтому надо ее возделывать при орошении. В условиях Ростовской области в настоящее время проводится лишь несколько исследований в намеченном нами направлении и не закрываются вопросы использования различных доз и норм органических и минеральных удобрений для выращивания кукурузы на зерно в условиях орошения, поэтому стоит расширить ряд исследуемых вопросов по данному направлению.

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, зерно, доза удобрения, биогумус, минеральные и органические удобрения

Для цитирования: Монастырский В. А., Тищенко Я. С. Применение минеральных и органических удобрений для повышения эффективности возделывания кукурузы на зерно // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 242–263. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-242-263>.

AGROCHEMISTRY, AGROSOIL SCIENCE,
PLANT PROTECTION AND QUARANTINE

Review article

**Application of mineral and organic fertilizers
for increasing the grain corn cultivation efficiency**

Valeriy A. Monastyrskiy¹, Yana S. Tishchenko²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹valerijmonastyrskij@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0881-4282>

²ageeva.yana21@gmail.com

Abstract. Purpose: to analyze scientific research in the field of various fertilizer doses application and their effect on the grain corn yield in various soil and climatic conditions, to determine the need to improve the elements of cultivation technology under consideration, and in the future to conduct research in the formed areas. **Discussion.** The overview of research papers related to mineral and organic fertilizers applied in the grain corn cultivation is presented. In this paper, the issues of the influence of various doses of fertilizers on various types of soils are considered. The analysis of schemes for applying mineral and organic fertilizers in different ratios was carried out. **Conclusions.** An analysis of the results of studies conducted by the authors, devoted to the fertilizer systems for grain corn on various soils showed that the application of organic and mineral fertilizers contributes to an increase in yield up to 50 %. The maximum yields of corn for grain were obtained by applying biohumus with mineral fertilizers. The application of biohumus and mineral fertilizers together increases the content of nutrients in soil up to 50 %, the yield by 30–50 % and improves the quality of the grain. To obtain maximum yields of corn grain, pre-sowing application of mineral fertilizers at a dose of N₆₀P₆₀ is recommended. In non-irrigated conditions in Rostov region, the yield of grain corn does not exceed 3 t/ha, so it must be cultivated under irrigation. In the conditions of Rostov region, only a few studies are currently being carried out in the direction outlined, and the issues of using various rates and organic and mineral fertilizers rates for growing corn for grain under irrigation are not closed, so it is worth expanding a number of research questions on this direction.

Keywords: corn, productivity, grain, fertilizer rate, biohumus, mineral and organic fertilizers

For citation: Monastyrskiy V. A., Tishchenko Ya. S. Application of mineral and organic fertilizers for increasing the grain corn cultivation efficiency. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(2):242-263. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-242-263>.

Введение. Сельское хозяйство является стратегически важной отраслью экономики любой страны, дальнейшее развитие его позволяет обеспечивать национальную продовольственную безопасность страны. Сельское хозяйство – один из способов сохранения независимости государства: если страна, обладая самым передовым вооружением, не способна прокормить себя, она будет зависеть от других стран. Аграрное производство является важнейшим условием политической стабильности. Около

70 % потребляемой человеком продукции производится в сельском хозяйстве, а один занятый в сельском хозяйстве работник создает шесть-семь рабочих мест в смежных отраслях экономики [1, 2].

Российская Федерация обладает крупнейшим в мире сельскохозяйственным потенциалом, на ее территории располагается 9 % обрабатываемых земель, производится 10 % минеральных удобрений, сосредоточено 20 % запасов пресной воды, 52 % черноземов планеты [3].

В 2022 г. в Российской Федерации урожай зерновых и зернобобовых культур не только не снизился, но и достиг исторического рекорда за время существования страны. Так, валовой сбор зерновых и зернобобовых культур составил 159,5 млн т, что больше результата 2021 г. на 26,6 млн т. При этом средняя урожайность составила 34,4 ц/га. В эти показатели входят 105,7 млн т пшеницы при урожайности 36,2 ц/га, ячменя – 24,6 млн т при урожайности 31 ц/га, кукурузы на зерно – 13,9 млн т, подсолнечника – 15,5 млн т при урожайности 17,9 ц/га, рапса – 4,7 млн т при урожайности 21 ц/га, сои – 6,3 млн т при урожайности 19 ц/га.

Согласно прогнозам Института народнохозяйственного прогнозирования (ИНП) РАН, к 2040 г. в Российской Федерации валовой сбор зерновых увеличится до 195,6 млн т, а масличных культур – до 35,6 млн т [4].

Однако и сейчас перед сельским хозяйством Российской Федерации стоит много задач. И одной из первостепенных является устойчивое наращивание производства зерна. Особое внимание уделяется внедрению в сельское хозяйство современных технологий возделывания высокопродуктивных зерновых культур. Отдельное место среди зерновых культур занимает «царица полей» – кукуруза [5].

Необходимо отметить, что зерно кукурузы имеет богатый химический состав. В нем содержится от 65 до 70 % углеводов, от 9 до 12 % белков, от 4 до 8 % жира, около 1,5 % минеральных солей, около 2,5 % клетчатки, а также множество витаминов [6].

Кукуруза содержит большое количество железа, магния, каротина и холина [7]. В зародышах кукурузного зерна содержание жира составляет до 30 %, имеется большое количество витамина Е (токоферол), витамина С (аскорбиновая кислота), витаминов В₁ (тиамин), В₆, РР и глутаминовой кислоты. Учитывая это, кукурузное зерно активно используют в пищевой промышленности при производстве хлопьев, муки, крупы, пива, сахара и других продуктов питания. Также данное зерно применяют для получения этилового спирта. Из-за малого содержания клейковины в кукурузной муке она не применяется в хлебопечении, но ее активно используют в хлебобулочных и кондитерских изделиях [8, 9].

Из-за высокой потенциальной урожайности кукуруза предъявляет высокие требования к минеральному составу почвы. Экспериментально доказана зависимость урожайности от кратности и объемов внесенных минеральных удобрений¹.

Несмотря на высокие урожаи, которые кукуруза показывает в районе Центрального Черноземья России, она является требовательной к условиям произрастания. Кукурузу сеют на плодородных, с высоким содержанием азота полях [10].

Также одним из крупнейших регионов по посевным площадям кукурузы на зерно в России является Ростовская область, почвенно-климатические условия которой позволяют возделывать кукурузу с разными сроками созревания [11].

Однако в неорошаемых условиях в Ростовской области урожайность кукурузы на зерно не превышает 3 т/га, поэтому надо ее возделывать больше при орошении. В области кукуруза на зерно возделывается в основном на черноземах обыкновенных и лугово-черноземных почвах, кото-

¹Посевные площади, валовые сборы и урожайность кукурузы в России. Итоги 2018 года [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/corn/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-kukuruzy-v-rossii-itogi-2018-goda.html?ysclid=ldih9slop8628774129> (дата обращения: 15.01.2023).

рые зачастую при орошении обладают щелочной реакцией и низким содержанием гумуса. Исходя из этого для возделывания кукурузы требуется технология снижения щелочной реакции (для этой культуры реакция почвы (pH) не должна превышать 7,2 ед.), также должны вводиться элементы по накоплению гумуса [12–14].

Кукуруза чувствительна к таким элементам, как азот (N), фосфор (P) и калий (K), и их доступность на разных стадиях роста растения жизненно важна [15].

Для реализации генетически потенциальной урожайности кукурузы необходимо учитывать содержание макро- и микроэлементов в почве. Внесение оптимальных и рекомендуемых доз удобрений напрямую связано со стабильной прибавкой урожая сельскохозяйственных культур. Их недостаток или избыток влияет как на урожайность, так и на качество продукции. При дефиците азота отмечается уменьшение количества зерен в початке. Поэтому при выращивании кукурузы на зерно организуется контроль за минеральным питанием растений и учет внешнего вида² [16].

В итоге нашей целью было проанализировать научные исследования в области применения различных доз удобрений и их влияния на урожайность зерна кукурузы в различных почвенно-климатических условиях, определить необходимость усовершенствования рассматриваемых элементов технологии возделывания и в дальнейшем провести исследования по сформированным направлениям.

Обсуждение. Имеется связь между увеличением урожайности, улучшением качества кукурузного зерна и рациональным применением минеральных и органических удобрений [17]. При использовании удобрений в процессе выращивания кукурузы в различных регионах страны должны учитываться планируемая урожайность, потребность в тепле и

²URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/corn/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-kukuruzy-v-rossii-itogi-2018-goda.html?ysclid=ldih9slop8628774129>.

влаге, обеспеченность минеральными веществами почвы [12]. Внедрение в производство научно обоснованных способов использования удобрений, оптимизация минерального питания растений должны приводить к росту продуктивности кукурузы. Согласно многочисленным данным, применение минеральных удобрений гарантирует значительный прирост урожайности кукурузной зеленой массы. В нашей стране проводятся исследования в данном направлении [13, 14, 18].

И. Н. Ивашененко, В. Н. Багринцева, О. Д. Серова в 2015–2016 гг. проводили исследования на базе опытного поля ВНИИ кукурузы Ставропольского края, посвященные изучению влияния возрастающих доз азотных удобрений на урожайность разных сортов кукурузы. В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру. Исследование осуществлялось на обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом черноземе. Опыт проводили трехкратно. Для исследований было сформировано пять опытных полей: поле 1 было контрольным, азотные удобрения не применялись (N_0); на поле 2 применялась низкая доза азотных удобрений (N_{30}); 3 – средняя доза азотных удобрений (N_{60}); 4 – доза азотных удобрений выше средней (N_{90}); 5 – высокая доза азотных удобрений (N_{120}). В исследовании азотные удобрения (аммиачная селитра) применяли в апреле перед аграрными работами.

В результате исследований было установлено, что содержание подвижного фосфора и калия в верхнем слое обрабатываемой почвы составило 18 и 290 мг/кг соответственно. Применение азотсодержащих удобрений увеличивает содержание нитратного азота до 30,6 мг/кг (вариант 2, N_{30}), 37,2 мг/кг (вариант 3, N_{60}), 40,4 мг/кг (вариант 4, N_{90}) и 47,6 мг/кг (вариант 5, N_{120}).

При анализе проведенных опытов установлено, что во время налива зерна (июль-август) в условиях недостатка осадков наибольшую урожайность зерна показали поля, на которые вносили дозы N_{30-60} , при нормаль-

ной обеспеченности влагой – дозы N_{90-120} . При выращивании кукурузы на зерно экономически окупаемым являлось внесение азотных удобрений в дозах N_{30-60} [19].

С. Д. Лицуков, А. Ф. Глуховченко, А. И. Титовская (2019 г.) исследовали зависимость урожайности кукурузного зерна от внесения птичьего помета и минеральных удобрений. Опыт проводился в условиях демонстрационного центра БАСФ Белгородской области. Почва исследуемого поля была представлена тяжелосуглинистым черноземом с концентрацией гумуса 4,6 %, pH составлял 6,12. Содержание азота было равно 147 мг/кг, подвижного фосфора – 51 мг/кг, обменного калия – 89 мг/кг. В эксперименте применялись следующие агрономические способы обработки земли: 1) вспашка на глубину 22–25 см; 2) безотвальная обработка на глубину 22–25 см; 3) мелкая обработка на глубину 10–12 см, и шесть вариантов внесения удобрения: 1) без удобрений; 2) птичий помет в расчете 20 т/га; 3) птичий помет в расчете 20 т/га с азотным удобрением N_{60} ; 4) компост (птичий) в расчете 20 т/га; 5) компост (птичий) в расчете 20 т/га с азотным удобрением N_{60} ; 6) внесение удобрений $N_{130}P_{130}K_{130}$ и азотных N_{100} .

Анализ данного опыта показал, что наибольшая урожайность (превышение над контрольным вариантом составило 23 %) наблюдалась при внесении 20 т/га птичьего помета вместе с минеральными удобрениями в следующем количестве: N_{60} и $N_{130}P_{130}K_{130} + N_{100}$. За исследуемый период кукуруза показывала наибольшую урожайность при вспашке, а наименьшую – при мелкой обработке. Внесение органических (птичьего помета, компоста) и минеральных удобрений в разных комбинациях благотворно влияло на урожайность кукурузы.

Наибольший урожай кукурузы на зерно был получен в варианте птичьего компоста в количестве 20 т/га + N_{60} . При вспашке он составил 7,23 т/га, при безотвальной обработке – 6,37 т/га, при мелкой обработке –

5,93 т/га. Необходимо отметить, что при мелкой обработке почвы максимальный урожай был получен и в варианте $N_{130}P_{130}K_{130} + N_{100}$ (5,94 т/га) [20].

А. В. Акинчин и др. проводили исследования в Белгородском НИИСХ, посвященные влиянию минеральных и органических удобрений на урожайность и качество силоса из кукурузы. Экспериментальные исследования проводились на почвах с типичным тяжелосуглинистым черноземом, содержащим гумус от 4,7 до 5,6 %, pH = 5,8...6,3, концентрация подвижного фосфора от 67 до 78 мг/кг и обменного калия от 88 до 112 мг/кг.

Исследовались шесть вариантов внесения удобрений. Были использованы минеральная и органоминеральная системы: 1) без удобрений (контроль); 2) $(NPK)_{70}$; 3) $(NPK)_{140}$; 4) 40 т/га навоза; 5) 40 т/га навоза + $(NPK)_{70}$; 6) навоз в количестве 40 т/га + $(NPK)_{140}$.

В ходе исследования достоверно доказано увеличение содержания белка и кальция в сухом веществе зеленой массы, что явилось следствием использования минеральной и органоминеральной систем удобрения. Авторами были проведены опыты для изучения содержания нитратов в зеленой массе кукурузы. Анализ результатов показал, что их содержание не превысило уровень ПДК.

Также анализ результатов исследований продемонстрировал отсутствие существенного увеличения урожайности кукурузы от внесения двойной дозы $(NPK)_{140}$ удобрений в сравнении с одинарной [21].

Е. А. Демин, Д. В. Еремина в 2016–2018 гг. в условиях ЗАО «Центральное» Тюменской области проводили исследование зависимости урожайности зеленой массы кукурузы от внесения минеральных удобрений и сроков посева.

Опыт проводился на выщелоченном маломощном тяжелосуглинистом черноземе, сформированном на карбонатных лессовидных суглинках. Почвы имели высокое потенциальное плодородие: содержание гумуса было равно 4,3 %, обменного калия варьировалось от 110 до 120 мг/кг, подвижно-

го фосфора – от 68 до 70 мг/кг, нитратного азота – от 10 до 11 мг/кг. В опыте использовали следующие варианты внесения минеральных удобрений: 1) контроль (без удобрений); 2) $N_{83}P_{67}K_{67}$ (4,0 т/га зерна); 3) $N_{110}P_{93}K_{93}$ (5,0 т/га зерна); 4) $N_{147}P_{113}K_{113}$ (6,0 т/га зерна) (средние дозы за годы исследований 2016–2018 гг.). Повторность 3-кратная.

В результате проведенных опытов было установлено, что урожайность зерна кукурузы в контрольном варианте составила 9,1 т/га, при внесении удобрений – 14 т/га. Наибольшее содержание сухого вещества было получено на контрольных полях четвертого варианта при внесении $N_{147}P_{113}K_{113}$ (6,0 т/га зерна) [22].

Согласно многочисленным данным, применение минеральных удобрений гарантирует существенный прирост урожайности кукурузной зеленой массы. Также в четвертом варианте с планируемой урожайностью кукурузы 6,0 т/га авторы отметили рост урожайности до 13,5 т/га, что на 338 % выше контроля. Аналогичные закономерности были выявлены в разных регионах Российской Федерации [22–26].

С. Н. Несторенко, О. Н. Говоруха (2019 г.) проводили исследования, посвященные изучению зависимости урожайности кукурузы от объема внесения минеральных удобрений и биогумуса. В опыте были сформированы четыре варианта. На опытное поле варианта 1 не вносили удобрения, в варианте 2 вносились минеральные удобрения ($N_{70}P_{30}K_{30}$), в варианте 3 вносился биогумус в расчете 9 т/га, в варианте 4 вносились минеральные удобрения ($N_{70}P_{30}K_{30}$) с биогумусом в расчете 9 т/га.

В результате проведенных исследований было установлено, что применение биогумуса вместе с минеральными удобрениями способствует максимальному накоплению питательных веществ в почве и в дальнейшем формированию большего урожая. Так, было установлено, что в варианте опыта 4 концентрация нитратного азота была в сравнении с почвой контрольного поля выше на 0,39 мг, аммиачного азота – на 1,22 мг, фосфора –

на 1,9 мг и калия – на 4,4 мг/100 г почвы. Авторы за годы исследований доказали, что максимальные урожаи кукурузы можно получить при совместном использовании минеральных удобрений и биогумуса [27].

Опыты Р. Х. Гейдаровой (2020 г.) посвящались разработке научно обоснованных приемов повышения урожайности и качества кукурузы в условиях северо-западного Азербайджана. В исследованиях использовали следующие варианты внесения удобрений: 1) контроль (без удобрений); 2) навоз 20 т/га; 3) навоз 30 т/га; 4) компост 20 т/га; 5) компост 30 т/га; 6) $N_{120}P_{120}K_{120}$.

В результате опыта было установлено, что наилучший вариант – внесение 20 т/га компоста. Урожайность кукурузы в этом варианте составила 85,1 ц/га, а прибавка – 15,9 ц/га. В остальных вариантах прибавка была равна 10–14,6 ц/га [28].

Д. А. Канатова, Д. В. Божков, В. В. Носов (2017 г.) проводили в условиях Целинского ГСУ Ростовской области опыты по изучению влияния применения минеральных удобрений на урожайность кукурузы. Опыт проводился на обыкновенном карбонатном черноземе с низким содержанием гумуса (3,8 %), pH = 7,8. Были сформированы следующие варианты: 1) контрольный без использования удобрений; 2) внесение удобрений дозой $N_{30}P_{40}$ (используется в хозяйстве); 3) внесение удобрений дозой $N_{100}P_{80}K_{60}$; 4) внесение удобрений дозой $N_{18}P_{80}K_{60}$; 5) внесение удобрений дозой $N_{100}K_{60}$; 6) внесение удобрений дозой $N_{100}P_{80}$.

В результате опыта авторами было установлено, что использование минеральных удобрений способствовало росту урожайности. Применение используемой в хозяйстве дозы минеральных удобрений приводило к росту массы зерна кукурузы на 1,59 ц/га. Кроме этого, было определено, что при внесении минерального удобрения в дозе $N_{100}P_{80}K_{60}$ был получен максимальный прирост сухой массы зерна кукурузы – 7,17 ц/га (29 %). Мак-

симальные урожаи были получены на опытных участках при применении минеральных удобрений в дозе $N_{100}K_{60}$ и $N_{18}P_{80}K_{60}$ [29].

На территории землепользования ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» исследования проводили Н. И. Мамсиров, А. А. Мнатсаканян с целью определения оптимальных способов обработки почвы и доз минеральных удобрений при выращивании гибридов кукурузы.

Почва опытного участка – выщелоченный чернозем. Использовали следующие дозы минеральных удобрений: 1) контрольный – без удобрений; 2) $N_{90}P_{60}K_{40}$, вносились минеральные удобрения в пропорции $N_{35}P_{60}K_{40}$ перед основной обработкой и перед предпосевной культивацией в дозе N_{55} ; 3) $N_{120}P_{60}K_{40}$, вносились минеральные удобрения в дозе $N_{35}P_{60}K_{40}$ перед основной обработкой и перед предпосевной культивацией в дозе N_{85} ; 4) $N_{150}P_{60}K_{40}$, вносились минеральные удобрения в дозе $N_{35}P_{60}K_{40}$ перед основной обработкой и перед предпосевной культивацией в дозе N_{115} .

В результате проведенных опытов было установлено, что максимально благоприятные условия для роста и развития кукурузы были сформированы при внесении удобрений в дозах $N_{120}P_{60}K_{40}$. Наибольшая урожайность зерна в этом варианте по гибридам составила для РОСС 140 СВ 4,94 т/га, для Краснодарского 194 МВ – 4,90 т/га и для РОСС 195 МВ – 5,25 т/га, что соответственно на 67,2; 72,6 и 69,0 % выше, чем на контроле. Наибольшую рентабельность показал вариант с внесением этой же дозы [30].

З. Т. Кануков и др. проводили исследования, посвященные изучению разных доз и соотношений NPK на черноземах, в условиях опытного поля Горского ГАУ Республики Северная Осетия – Алания. Опыт проводился на среднегумусных почвах (выщелоченном черноземе). Научно обоснованной одинарной дозой NPK для данного региона является $N_{40}P_{40}K_{40}$. Ученые использовали навоз с дозами $N_{40}P_{40}K_{40}$ и $N_{80}P_{80}K_{80}$.

При внесении одинарной дозы урожайность кукурузы увеличилась

на 1,4 т/га в сравнении с контролем. При внесении двойной дозы $N_{80}P_{80}K_{80}$ – на 2,8 т/га. При внесении органоминерального удобрения (навоз + NPK) урожайность кукурузы была выше на 0,5 т/га, чем при внесении двойной дозы [31].

А. В. Чепелева и Г. П. Чепелев (2019 г.) проводили исследования, посвященные изучению влияния на урожайность и качество кукурузного зерна внесения минеральных удобрений в зависимости от температурного режима и влажности в период вегетации. Опыт проводился в условиях опытного поля ФГБНУ ВНИИ на луговой черноземовидной почве с содержанием подвижного фосфора 40 мг, обменного калия – 161 мг, общего азота – 0,26 %. Были сформированы следующие варианты: 1) контрольный без использования удобрений; 2) внесение удобрений в соотношении $N_{30}P_{60}$; 3) внесение удобрений в соотношении $N_{60}P_{60}$; 4) внесение удобрений в соотношении $N_{60}P_{90}$; 5) внесение удобрений в соотношении $N_{90}P_{90}$. Опыт проводился согласно методике ВИР [32].

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы. Урожайность в 2018 г. составила в среднем 7,26 т/га независимо от дозы вносимых удобрений (год характеризовался обильными осадками, количество осадков за июнь – июль в 1,7–2,2 раза превысило среднегодовой показатель). Максимальная урожайность (6,5 т/га) (в период формирования генеративных органов отмечался дефицит влаги) в 2018 г. была получена в варианте с использованием $N_{60}P_{60}$. Наибольшее содержание белка в зерне отмечалось в варианте внесения удобрений в соотношении $N_{90}P_{90}$: в 2018 г. – 11,6 %, в 2017 г. – 9,4 % [33].

И. Ф. Храмцов и Н. А. Пунда (2012 г.) изучали использование минеральных удобрений при выращивании кукурузного зерна на почвах лесостепной зоны Западной Сибири.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесиловый тяжелосуглинистый со средней обеспеченностью подвижным фосфором

(12,5 мг/100 г) и высокой – обменным калием (22 мг/100 г). В опыте применялись два типа минерального питания: естественный (без внесения удобрений), искусственный с внесением азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$, при бессменном возделывании и в севообороте.

В результате исследований было установлено, что второй вариант опыта наиболее предпочтителен, потому что предпосевное внесение минеральных удобрений увеличивает урожайность на 16 %. При бессменном выращивании кукурузы без внесения минеральных удобрений урожайность ежегодно уменьшается на 0,2 т/га, а при внесении удобрений прибавка составляет 0,35 т/га. Применение минеральных удобрений улучшает качество конечной продукции, увеличивает сбор сырого белка до 89 кг/га [34].

М. С. Чижова и др. изучали урожайность и качество кукурузного зерна при выращивании в разных условиях (на обычном черноземе с применением биогумуса, минеральных удобрений и их разных соотношений).

Опыты проводились в условиях УНПАК «Колос» Луганского НАУ на поле с короткими севооборотами: черный пар – озимая пшеница – кукуруза на зерно – ячмень – подсолнечник. Удобрения – биогумус и минеральные – применяли осенью перед основной обработкой почвы, в период вегетации кукурузы проводили опрыскивание вытяжкой из биогумуса «Айдар». Схема опыта: 1) контроль (без внесения удобрений); 2) биогумус в расчете 6 т/га; 3) минеральные удобрения ($N_{32}P_{32}K_{32}$); 4) биогумус + $N_{32}P_{32}K_{32}$; 5) биогумус + $N_{32}P_{32}K_{32}$ + обработка вытяжкой из биогумуса «Айдар».

Анализ результатов показал, что применяемые удобрения способствовали улучшению качества зерна кукурузы. Наибольшее количество белка и его сбор с 1 га наблюдались при совместном внесении биогумуса, минеральных удобрений и обработке препаратом «Айдар». Сбор белка в этом варианте составил 89,1 кг/га. Масса 1000 зерен увеличилась на 10,3 г. Таким образом, совместное внесение биогумуса и минеральных удобрений

увеличивает содержание элементов питания в почве до 50 %, урожайность на 30–50 % и повышает качество зерна [35].

Подобные исследования проводятся в странах ближнего и дальнего зарубежья. Так, М. Батырбек и др. проводили исследования в условиях юго-востока Казахстана. В результате исследований было установлено, что урожайность зерна кукурузы в разных вариантах колеблется от 5,51 до 8,49 т/га [36].

На полях Бразилии М. А. Grohskopf и др. (2019 г.) изучали влияние на урожайность кукурузы органических (птичий помет) и минеральных (комплексные удобрения) удобрений. В результате исследований было установлено, что одновременное внесение птичьего помета и минеральных удобрений способствует повышению урожайности кукурузы на 20 % [37].

Г. В. Зерсса и др. (2021 г.) провели исследования в условиях Эфиопии, которые состояли в том, чтобы сравнить неудобряемый участок с участком, где вносились комбинированно компост и минеральные удобрения. В результате было установлено, что предпочтителен второй вариант с комбинированным внесением органоминеральных удобрений, в котором урожайность кукурузы увеличилась на 12–18 % [38].

А. М. Abd El-Gawad, А. S. М. Morsy (2017 г.) проводили исследования в условиях Египта, сравнивали неудобряемый участок с участком, где совместно вносились органические удобрения (10 т/га птичьего помета) с уреаформом. В результате исследований было установлено, что применение органических удобрений (10 т/га птичьего помета) с уреаформом позволяет получать увеличение урожая кукурузы в условиях Верхнего Египта более чем в 1,5 раза. Авторы выделили второй вариант с внесением удобрений как оптимальный для выращивания кукурузы на зерно [39].

В. Хирель и др. (2017 г.) установили, что при урожайности 6–7 т/га зерна или 50–70 т/га зеленой массы растения потребляют из почвы около 150–180 кг N, 50–60 кг P₂O₅, 150–200 кг K₂O [40]. Схема опыта состояла

из трех вариантов: 1 – без внесения удобрений, 2 – планируемая урожайность 4–5 т/га, 3 – планируемая урожайность 6–7 т/га. Авторы сделали вывод, что вариант 3 с восполнением в почве питательных веществ минеральными удобрениями при расчете на планируемую урожайность 6–7 т/га является наилучшим.

Выводы

1 Анализ результатов проведенных разными авторами исследований, посвященных системам удобрений под кукурузу на зерно на различных почвах, показал, что применение минеральных удобрений способствует повышению урожайности до 50 %.

2 Максимальные урожаи кукурузы на зерно были получены при внесении органических веществ (навоз, компост, биогумус) совместно с минеральными удобрениями. Внесение органических и минеральных удобрений вместе увеличивает содержание элементов питания в почве до 50 %, урожайность на 50–70 %.

3 В условиях Ростовской области в настоящее время проводится лишь несколько исследований в намеченном нами направлении, не закрываются вопросы использования различных доз и норм органических и минеральных удобрений для выращивания кукурузы на зерно в условиях орошения, поэтому стоит расширить ряд исследуемых вопросов по данному направлению.

Список источников

1. Пацала С. В., Горошко Н. В. Сельское хозяйство России: глобальные позиции, структурные пропорции и тенденции развития // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2021. Т. 6, № 1(19). С. 96–108. DOI: 10.21603/2500-3372-2021-6-1-96-108.
2. Сельское хозяйство в России. 2019: стат. сб. / Росстат. М., 2019. 91 с.
3. Логинова В. А., Голубничая Ю. А. Перспективы экспорта продукции АПК России в современных условиях // Московский экономический журнал. 2022. № 6. С. 107–115. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_6_343.
4. Сафонова Т. В., Староверова И. В., Широкоград И. И. Проблемы адаптации АПК России к новым историческим условиям // Московский экономический журнал. 2022. № 5. С. 644–652. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_309.

5. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security / B. Shiferaw, B. M. Prasanna, J. Hellin, M. Bänziger // *Food Security*. 2011. Vol. 3. P. 307–327. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5>.

6. Зональные системы земледелия Ростовской области 2022–2026 гг. / подгот. А. И. Клименко [и др.]. Ростов н/Д.: Кн. изд-во, 2022. 734 с.

7. Герасимов Е. Ю., Иванова О. Н., Кучин Н. Н. Силосование кукурузы // *Карельский научный журнал*. 2014. № 4(9). С. 165–169.

8. Рекомендации по технологии возделывания кукурузы на зерно на орошаемых землях Ростовской области / Р. С. Масный, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Д. П. Сидаренко, А. А. Бабенко. Новочеркасск, 2021. 15 с.

9. Кукуруза и сорго в интенсивном земледелии юго-запада Центрального региона России / В. Е. Торилов, С. А. Бельченко, А. В. Дронов, В. В. Дьяченко, В. В. Ланцев. Брянск: Брян. гос. аграр. ун-т, 2018. 208 с.

10. Привало К. И., Малышева Е. В., Костенко Н. А. Анализ эффективности ведения сельскохозяйственного предприятия // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 5. С. 23–25.

11. Арженовская Ю. Б. Анализ сортовой структуры кукурузы, возделываемой на зерно в Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 2(68). С. 29–33.

12. Расчет доз минеральных удобрений: свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2018663750 / Васильев С. М., Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Ольгаренко В. И., Гонзалес-Гальего М. Р., Нецепляев Д. А.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2018619426; заявл. 04.09.18; опубл. 02.11.18, Бюл. № 1.

13. Монастырский В. А., Бабичев А. Н., Ольгаренко В. И. Алгоритм планирования и программа расчета доз удобрений для точного земледелия // *Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 7 февр. 2018 г. пос. Персиановский, 2018. С. 48–52.*

14. Монастырский В. А., Бабичев А. Н., Ольгаренко В. И. Алгоритм расчета доз внесения минеральных удобрений в прецизионном земледелии // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2019. № 1(33). С. 26–38. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=985> (дата обращения: 01.10.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38.

15. Growth, yield and quality of forage maize under different nitrogen management practices / W. J. Cox, S. Kalonge, D. J. R. Cherney, W. S. Reid // *Agronomy*. 1993. Vol. 85. P. 341–347. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500020033x>.

16. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on yield, nutrient uptake and soil fertility of maize (*Zea mays*) – Mustard (*Brassica campestris*) cropping system / A. Das, D. Patel, G. C. Munda, P. K. Ghosh // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2010. 80. P. 85–88.

17. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошении: науч.-практ. изд. / А. Н. Бабичев, А. А. Бабенко, С. М. Васильев, Р. С. Масный. М.: Росинформагротех, 2021. 200 с.

18. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Особенности минерального питания сельскохозяйственных культур // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2021. Т. 11, № 1. С. 192–210. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1186> (дата обращения: 01.10.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210.

19. Ивашенко И. Н., Багринцева В. Н., Серова О. Д. Урожай и окупаемость доз азотного удобрения зерном гибридов кукурузы // *Евразийский Союз Ученых*. 2017. № 8-1(41). С. 44–46.

20. Лицуков С. Д., Глуховченко А. Ф., Титовская А. И. Агрохимическое обоснование агрофизических свойств почвы и продуктивности кукурузы на зерно при различных обработках почвы и дозах удобрений // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3(23). С. 130–141.

21. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на формирование урожая и качество силоса кукурузы / А. В. Акинчин, Л. Н. Кузнецова, С. А. Линков, А. Г. Ступаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 8. С. 50–52.

22. Демин Е. А., Еремина Д. В. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность зеленой массы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10. С. 27–33. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-27-33.

23. Таланов И. П., Каримова Л. З., Вафина Л. Т. Эффективность возделывания зеленой массы гибридов кукурузы на расчетных фонах минерального питания в условиях Предволжья Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12, № 1(43). С. 40–45.

24. Бобренко И. А., Красницкий В. М., Кантарбаева Э. Е. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании гибридов кукурузы в условиях Северного Казахстана // Плодородие. 2014. № 5(80). С. 16–17.

25. Багринцева В. Н., Иващенко И. Н. Эффективность азотного удобрения на гибридах кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края // Агрохимия. 2018. № 1. С. 72–76. DOI: 10.7868/S0002188118010076.

26. Хашдахилова Ш. М. Продуктивность кукурузы на фоне обработки регуляторами роста в условиях предгорной подпровинции Республики Дагестан // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 1(41). С. 132–136. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.1.132.

27. Несторенко С. Н., Говоруха О. Н. Изучение влияния минеральных удобрений и биогумуса на урожайность кукурузы // Academy. 2019. № 3(42). С. 38–41.

28. Гейдарова Р. Х. Влияние совместного внесения минеральных и органических удобрений на развитие и урожайность кукурузы // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6, № 3. С. 236–240. DOI: 10.33619/2414-2948/52/26.

29. Канатова Д. А., Божков Д. В., Носов В. В. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна кукурузы на черноземе обыкновенном карбонатном // Почва и устойчивое развитие государства: материалы Междунар. науч. конф. «XX Докучаевские молодежные чтения», посвящ. Году экологии – 2017 в России. СПб., 2017. С. 160–161.

30. Мамсиров Н. И., Мнатсаканян А. А. О роли минеральных удобрений и способов основной обработки почвы в формировании продуктивности гибридов кукурузы // Аграрный вестник Урала. 2021. № 9(212). С. 11–24. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-11-24.

31. Влияние различных систем удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях лесостепной зоны РСО – Алания / З. З. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52, № 2. С. 39–44.

32. Чепелева А. В., Чепелев Г. П. Урожайность и качество зерна кукурузы при применении минеральных удобрений в условиях Амурской области // Вестник КрасГАУ. 2019. № 10. С. 49–56.

33. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Фесина. М.: Колос, 1985. Вып. 1. С. 170–171.

34. Храмцов И. Ф., Пунда Н. А. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири // НТП: земледелие и растениеводство. 2012. № 3. С. 24–25.

35. Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна кукурузы / М. С. Чиждова, А. И. Денисенко, В. Н. Рыбина, Н. Н. Румянцева, А. А. Кадурина, А. В. Ляйс, Н. Н. Гузенко // Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 105-летию фак. агрономии, агрохимии и экологии. 2018. С. 238–240.
36. Influence of mineral fertilizer and manure application on the yield and quality of maize in relation to intercropping in the Southeast Republic of Kazakhstan / M. Batyrbek, F. Abbas, R. Fan, Q. Han // *Plants*. 2022. 11(19). 2644. <https://doi.org/10.3390/plants11192644>.
37. Phosphate fertilization with organomineral fertilizer on corn crops on a Rhodic Khandiudox with a high phosphorus content / M. A. Grohskopf, J. C. Corrêa, D. M. Fernandes, V. D. M. Benites, P. C. Teixeira, C. V. Cruz // *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2019. Vol. 54. P. 11–19. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00434>.
38. Combination of compost and mineral fertilizers as an option for enhancing maize (*Zea mays* L.) yields and mitigating greenhouse gas emissions from a Nitisol in Ethiopia / G. W. Zeressa, D.-G. Kim, P. Koal, B. Eichler-Löbermann // *Agronomy*. 2021. 11. 2097. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112097>.
39. Abd El-Gawad A. M., Morsy A. S. M. Integrated impact of organic and inorganic fertilizers on growth, yield of maize (*Zea mays* L.) and soil properties under Upper Egypt conditions // *Journal of Plant Production*. 2017. Vol. 8(11). P. 1103–1112. <https://doi.org/10.21608/jpp.2017.41121>.
40. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches / B. Hirel, J. Le Gouis, B. Ney, A. Gallais // *Journal of Experimental Botany*. 2017. Vol. 58, iss. 9. P. 2369–2387. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm097>.

References

1. Patsala S.V., Goroshko N.V., 2021. *Sel'skoe khozyaystvo Rossii: global'nye pozitsii, strukturnye proporsii i tendentsii razvitiya* [Russian agriculture: global positions, structural proportions and development trends]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sotsiologicheskie i ekonomicheskie nauki* [Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences], vol. 6, no. 1(19), pp. 9-108, DOI: 10.21603/2500-3372-2021-6-1-96-108. (In Russian).
2. *Sel'skoe khozyaystvo v Rossii. 2019: stat. sb.* [Agriculture in Russia 2019: statistical book]. Moscow, Rosstat, 2019, 91 p. (In Russian).
3. Loginova V.A., Golubnichaya Yu.A., 2022. *Perspektivy eksporta produktsii APK Rossii v sovremennykh usloviyakh* [Prospects for the export of agricultural products in Russia in modern conditions]. *Moskovskiy ekonomicheskyy zhurnal* [Moscow Economic Journal], no. 6, pp. 107-115, DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_6_343. (In Russian).
4. Safonova T.V., Staroverova I.V., Shirokorad I.I., 2022. *Problemy adaptatsii APK Rossii k novym istoricheskim usloviyam* [Problems of adaptation of the agro-industrial complex of Russia to new historical conditions]. *Moskovskiy ekonomicheskyy zhurnal* [Moscow Economic Journal], no. 5, pp. 644-652, DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_309. (In Russian).
5. Shiferaw B., Prasanna B.M., Hellin J., Bänziger M., 2011. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, vol. 3, pp. 307-327, <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5>.
6. Klimenko A.I. (and others), 2022. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti 2022–2026 gg.* [Zonal Farming Systems of Rostov Region 2022–2026]. Rostov-on-Don, Book Publ., 734 p. (In Russian).
7. Gerasimov E.Yu., Ivanova O.N., Kuchin N.N., 2014. *Silosovanie kukuruzy* [Silage of Corn]. *Karel'skiy nauchnyy zhurnal* [Karelian Scientific Journal], no. 4(9), pp. 165-169. (In Russian).

8. Masny R.S., Vasiliev S.M., Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.Ig., Sidarenko D.P., Babenko A.A., 2021. *Rekomendatsii po tekhnologii vozdel'nyaniya kukuruzy na zerno na oroshaemykh zemlyakh Rostovskoy oblasti* [Recommendations on the Technology of Growing Corn for Grain on Irrigated Lands of Rostov Region]. Novocherkassk, 15 p. (In Russian).

9. Torikov V.E., Belchenko S.A., Dronov A.V., Dyachenko V.V., Lantsev V.V., 2018. *Kukuruza i sorgo v intensivnom zemledelii yugo-zapada Tsentral'nogo regiona Rossii* [Corn and Sorghum in Intensive Farming in the Southwest of the Central Region of Russia]. Bryansk, Bryansk State Agrarian University, 208 p. (In Russian).

10. Privalo K.I., Malysheva E.V., Kostenko N.A., 2015. *Analiz effektivnosti vedeniya sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya* [Analysis of the effectiveness of the management of an agricultural enterprise]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy], no. 5, pp. 23-25. (In Russian).

11. Arzhenovskaya Yu.B., 2020. *Analiz sortovoy struktury kukuruzy, vozdel'yvaemoy na zerno v Rostovskoy oblasti* [The analysis of varietal structure of maize cultivated for grain in the Rostov region]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], no. 2(68), pp. 29-33. (In Russian).

12. Vasiliev S.M., Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.I., Gonzalez-Gallego M.R., Netseplyaev D.A., 2018. *Raschet doz vneseniya mineral'nykh udobreniy* [Calculation of Doses of Mineral Fertilizers]. Certificate of state software registration for computer no. 2018663750. (In Russian).

13. Monastyrsky V.A., Babichev A.N., Olgarenko V.I., 2018. *Algoritm planirovaniya i programma rascheta doz udobreniy dlya tochnogo zemledeliya* [Planning algorithm and program for calculating fertilizer doses for precision farming]. *Resursosberezhenie i adaptivnost' v tekhnologiyakh vozdel'nyaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i pererabotki produktov rastenievodstva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Resource Saving and Adaptability in Technologies of Agricultural Crops Cultivation and Processing of Crop Products: Proc. of the International Scientific-Practical Conference]. Settlement Persianovsky, pp. 48-52. (In Russian).

14. Monastyrsky V.A., Babichev A.N., Olgarenko V.I., 2019. [The calculation algorithm for rate of fertilizer application in precision farming]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(33), pp. 26-38, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=985> [accessed 01.10.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38. (In Russian).

15. Cox W.J., Kalonge S., Cherney D.J.R., Reid W.S., 1993. Growth, yield and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agronomy*, vol. 85, pp. 341-347, <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500020033x>.

16. Das A., Patel D., Munda G.C., Ghosh P.K., 2010. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on yield, nutrient uptake and soil fertility of maize (*Zea mays*) – Mustard (*Brassica campestris*) cropping system. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, no. 80, pp. 85-88. (In Russian).

17. Babichev A.N., Babenko A.A., Vasiliev S.M., Masny R.S., 2021. *Tekhnologii vozdel'nyaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na oroshenii: nauch.-prakt. izd.* [Technologies of Cultivation of Agricultural Crops on Irrigation: scientific-practical. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 200 p. (In Russian).

18. Babichev A.N., Babenko A.A., 2021. [Features of mineral nutrition of agricultural crops]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, vol. 11, no. 1, pp. 192-210, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1186> [accessed 01.10.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210. (In Russian).

19. Ivashenenko I.N., Bagrintseva V.N., Serova O.D., 2017. *Urozhay i okupaemost' doz azotnogo udobreniya zernom gibridov kukuruzy* [Yield and payback of doses of nitrogen

fertilizer by grain of corn hybrids]. *Evrasiyskiy Soyuz Uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], no. 8-1(41), pp. 44-46. (In Russian).

20. Litsukov S.D., Glukhovchenko A.F., Titovskaya A.I., 2019. *Agrokhimicheskoe obosnovanie agrofizicheskikh svoystv pochvy i produktivnosti kukuruzy na zerno pri razlichnykh obrabotkakh pochvy i dozakh udobreniy* [Agrochemical substantiation of the agrophysical soil properties and productivity of corn under different soil treatments and doses of fertilizers]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy* [Innovations in Agro-Industrial Complex: Problems and Perspectives], no. 3(23), pp. 130-141. (In Russian).

21. Akinchin A.V., Kuznetsova L.N., Linkov S.A., Stupakov A.G., 2012. *Vliyanie sposobov osnovnoy obrabotki pochvy i udobreniy na formirovanie urozhaya i kachestvo silosa kukuruzy* [Influence of methods of basic tillage and fertilizers on the formation of the crop and the quality of corn silage]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy], no. 8, pp. 50-52. (In Russian).

22. Demin E.A., Eremina D.V., 2020. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy i srokov poseva na urozhaynost' zelenoy massy kukuruzy v lesostepnoy zone Zaural'ya* [The influence of mineral fertilizers and sowing terms on the yield of green mass of corn in the forest-steppe zone of the Trans-Ural]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KSAU], no. 10, pp. 27-33, DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-27-33. (In Russian).

23. Talanov I.P., Karimova L.Z., Vafina L.T., 2017. *Effektivnost' vozdeleyvaniya zelenoy massy gibridov kukuruzy na raschetnykh fonakh mineral'nogo pitaniya v usloviyakh Predvolzh'ya Respubliki Tatarstan* [Efficiency of green mass cultivation of maize hybrids on the calculated background of mineral food in Predvolzhye of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University], vol. 12, no. 1(43), pp. 40-45. (In Russian).

24. Bobrenko I.A., Krasnitsky V.M., Kantarbaeva E.E., 2014. *Effektivnost' primeneniya mineral'nykh udobreniy pri vozdeleyvanii gibridov kukuruzy v usloviyakh Severnogo Kazakhstana* [Efficiency of mineral fertilizers in the cultivation of maize hybrids in the Northern Kazakhstan]. *Plodorodie* [Fertility], no. 5(80), pp. 16-17. (In Russian).

25. Bagrintseva V.N., Ivashchenko I.N., 2018. *Effektivnost' azotnogo udobreniya na gibridakh kukuruzy v zone dostatochnogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraya* [Effect of nitrogen fertilizer on corn hybrids in sufficient moisture zone in the Stavropol Territory]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 1, pp. 72-76, DOI: 10.7868/S0002188118010076. (In Russian).

26. Khashdakhilova Sh.M., 2020. *Produktivnost' kukuruzy na fone obrabotki regulatorami rosta v usloviyakh predgornoy podprovintsii Respubliki Dagestan* [Corn productivity against the application of growth regulators in the conditions of the piedmont sub-province of the republic of Dagestan]. *Problemy razvitiya APK regiona* [Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex], no. 1(41), pp. 132-136, DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.1.132. (In Russian).

27. Nestorenko S.N., Govoruha O.N., 2019. *Izuchenie vliyaniya mineral'nykh udobreniy i biogumusa na urozhaynost' kukuruzy* [Study of the effect of mineral fertilizers and biogumus on maize yield]. *Academy*, no. 3(42), pp. 38-41. (In Russian).

28. Geidarova R.Kh., 2020. *Vliyanie sovmestnogo vneseniya mineral'nykh i organicheskikh udobreniy na razvitie i urozhaynost' kukuruzy* [The impact of the joint application of mineral and organic fertilizers on the development and productivity of corn]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulletin of Science and Practice], vol. 6, no. 3, pp. 236-240, DOI: 10.33619/2414-2948/52/26. (In Russian).

29. Kanatova D.A., Bozhkov D.V., Nosov V.V., 2017. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhay i kachestvo zerna kukuruzy na chernozeme obyknovennom karbonatnom* [Influence of mineral fertilizers on the yield and quality of corn grain on ordinary carbonate chernozem]. *Pochva i ustoychivoe razvitie gosudarstva: materialy Mezhdunar. nauchnoy*

konf. “XX Dokuchaevskie molodezhnye chteniya”, posvyashch. Godu ekologii – 2017 v Rossii [Scientific Conference “XX Dokuchaevsky Youth Readings”, dedicated to Year of Ecology – 2017 in Russia]. St. Petersburg, pp. 160-161. (In Russian).

30. Mamsirov N.I., Mnatsakanyan A.A., 2021. *O roli mineral'nykh udobreniy i sposobov osnovnoy obrabotki pochvy v formirovanii produktivnosti gibridov kukuruzy* [About the role of mineral fertilizers and methods of basic soil treatment in the formation of corn hybrids productivity]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2021, no. 09(212), pp. 11-24, DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-11-24. (In Russian).

31. Kanukov Z.Z., Basiev A.E., Lazarov T.K., Dzanagov S.Kh., 2015. *Vliyanie razlichnykh sistem udobreniya na urozhaynost i kachestvo zerna kukuruzy v usloviyakh lesostepnoy zony RSO – Alaniya* [Effect of different fertilization levels on the growth, yield, and quality of fodder corn in the Northern Osetia – Albania]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Gorskiy State Agricultural University], vol. 52, no. 2, pp. 39-44. (In Russian).

32. Chepeleva A.V., Chepelev G.P., 2019. *Urozhaynost' i kachestvo zerna kukuruzy pri primenении mineral'nykh udobreniy v usloviyakh Amurskoy oblasti* [Productivity and quality of corn grain when using mineral fertilizers in the conditions of the Amur Region]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin KrasGAU], no. 10, pp. 49-56. (In Russian).

33. Fesin M.A., 1985. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methods of State Variety Testing of Agricultural Crops]. Moscow, Kolos Publ., iss. 1, pp. 170-171. (In Russian).

34. Khramtsov I.F., Punda N.A., 2012. *Effektivnost' udobreniy pri vozdeleyvanii kukuruzy na zerno na chernozemnykh pochvakh lesostepi Zapadnoy Sibiri* [Efficiency of fertilizers at corn-grain cultivation of maize for grain on chernozem soils in the forest-steppe of Western Siberia]. *NTP: zemledelie i rastenievodstvo* [NTP: Agriculture and Crop Production], no. 3, pp. 24-25. (In Russian).

35. Chizhova M.S., Denisenko A.I., Rybina V.N., Rumyantseva N.N., Kadurina A.A., Lyays A.V., Guzenko N.N., 2018. *Vliyanie organicheskikh i mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna kukuruzy* [Influence of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of maize grain]. *Aktual'nye problemy agronomii sovremennoy Rossii i puti ikh resheniya: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 105-letiyu fak. agronomii, agrokhimii i ekologii* [Actual Problems of Agronomy of Modern Russia and Ways to Solve Them: Proc. of the International Scientific-Practical Conf., Dedicated to the 105th Anniversary of Faculty of Agronomy, Agrochemistry and Ecology], pp. 238-240. (In Russian).

36. Batyrbek M., Abbas R., Fan R., Han Q., 2022. Influence of mineral fertilizer and manure application on the yield and quality of maize in relation to intercropping in the South-east Republic of Kazakhstan. *Plants*, 11(19), 2644, <https://doi.org/10.3390/plants11192644>.

37. Grohskopf M.A., Corrêa J.C., Fernandes D.M., Benites V.D.M., Teixeira P.C., Cruz C.V., 2019. Phosphate fertilization with organomineral fertilizer on corn crops on a Rhodic Khandiudox with a high phosphorus content. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 54, pp. 11-19, <https://doi.org/10.1590/F.S1678-3921.pab2019.v54.00434>.

38. Zerssa G.W., Kim D.-G., Koal P., Eichler-Löbermann B., 2021. Combination of compost and mineral fertilizers as an option for enhancing maize (*Zea mays* L.) yields and mitigating greenhouse gas emissions from a Nitisol in Ethiopia. *Agronomy*, 11, 2097. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112097>.

39. Abd El-Gawad A.M., Morsy A.S.M., 2017. Integrated impact of organic and inorganic fertilizers on growth, yield of maize (*Zea mays* L.) and soil properties under Upper Egypt conditions. *Journal of Plant Production*, vol. 8(11), pp. 1103-1112, <https://doi.org/10.21608/jpp.2017.41121>.

40. Hirel B., Le Gouis J., Ney B., Gallais A., 2017. The challenge of improving nitro-

gen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. Journal of Experimental Botany, vol. 58, iss. 9, pp. 2369-2387, <https://doi.org/10.1093/jxb/erm097>.

Информация об авторах

В. А. Монастырский – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

Я. С. Тищенко – инженер, аспирант.

Information about the authors

V. A. Monastyrskiy – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

Ya. S. Tishchenko – Engineer, Postgraduate Student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 09.02.2023; одобрена после рецензирования 29.03.2023; принята к публикации 25.04.2023.

The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 29.03.2023; accepted for publication 25.04.2023.