4.1.4. САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО, ВИНОГРАДАРСТВО
И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 635.075
DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_3_12 EDN: VHBLSI

Урожайность и качество продукции овощных культур при применении некорневых подкормок органическими препаратами

Вера Ивановна Терехова[1]✉, Марина Евгеньевна Дыйканова[2], Елена Львовна Маланкина[3], Михаил Владимирович Воробьев[4], Мария Алексеевна Бочарова[5], Людмила Викторовна Григорьева[6]

[1, 2, 3, 4, 5] Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия
[6] Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия
[1] v_terekhova@rgau-msha.ru✉

Аннотация. Выращивание сельскохозяйственных растений в условиях органической культуры приобретает все большую популярность во всем мире, так как органические препараты способствуют не только снижению пестицидной нагрузки, но и обогащению овощной продукции биоэлементами посредством внесения эссенциальных микроэлементов. Представлены результаты исследований, проведенных в 2021–2023 гг. в почвенно-климатических условиях лесной и лесостепной зоны Центральной части России (Московская область) на базе УНПЦ садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева с целью изучения влияния некорневых обработок органическими препаратами на урожайность и качество продукции овощных культур. Объектами изучения были капуста поздняя (*Brassica oleraceae* L.), сорт Подарок; картофель ранний (*Solanum tuberosum* L.), сорт Ривьера; чеснок (*Allium sativum* L.), сорт Стрелец; органические препараты Аминозол, ОМЭК-7М, Ростовит. Исследования проводили по общепринятым методикам. Установлена высокая эффективность применения изучаемых препаратов на капусте белокочанной, чесноке и картофеле, однако вместе с тем отмечена видоспецифичная реакция. Максимальная урожайность чеснока была получена при трехкратной обработке препаратом ОМЭК-7М в концентрации 1 г/л, в то время как максимальная урожайность капусты белокочанной и картофеля – после трехкратной обработки препаратом Ростовит в концентрации 1 мл/л. Изучаемые препараты положительно повлияли на качество продукции, главным образом на содержание таких элементов, как Fe, Zn, витамин С. Органические препараты не оказали влияния на содержание нитратов в продукции капусты белокочанной и чеснока, так как оно находилось в пределах допустимой нормы на всех вариантах. Выявлено, что применение экологически безопасных препаратов Аминозол, ОМЭК-7М и Ростовит позволило не только увеличить выход продукции с единицы площади, но и в отдельных случаях повысить ее качество.

***Ключевые слова*:** капуста белокочанная, чеснок, картофель ранний, урожайность, качество продукции, некорневые обработки, органические препараты, аминокислоты, дрожжевой экстракт

***Финансирование*:** работа выполнена в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в 2023 г. в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева) «Разработка технологий получения органической продукции овощных, лекарственных и пряно-ароматических растений для производства продуктов функционального питания» (123041900047-7).

***Для цитирования*:** Терехова В.И., Дыйканова М.Е., Маланкина Е.Л., Воробьев М.В., Бочарова М.А., Григорьева Л.В. Урожайность и качество продукции овощных культур при применении некорневых подкормок органическими препаратами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 3(86). С. 12–23. https//:doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_3_12–23.

4.1.4. HORTICULTURE, OLERICULTURE, VITICULTURE
AND MEDICINAL PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Productivity and quality of vegetable crops when using foliar fertilizing with organic preparations

Vera I. Terekhova[1]✉, Marina E. Dyikanova[2], Elena L. Malankina[3], Mikhail V. Vorobyev[4], Maria A. Bocharova[5], Ludmila V. Grigorieva[6]

[1, 2, 3, 4, 5] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia
[6] Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia
[1] v_terekhova@rgau-msha.ru✉

Abstract. Growing agricultural plants in organic conditions is becoming increasingly popular all over the world, as organic preparations contribute not only to reducing the pesticide burden, but also to enriching vegetable products with bioelements through the introduction of essential microelements. The authors present the results of research conducted in 2021-2023 in the soil and climatic conditions of the forest and forest-steppe zone of the Central part of Russia (Moscow Oblast) on the basis of the Scientific and Practical Center for Horticulture and Vegetable Growing named after V.I. Edelshtein (Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy) in order to study the effect of foliar treatments with organic preparations on the yield and quality of vegetable crops. The objects of the study were long-season cabbage (*Brassica oleraceae* L.) variety Podarok; early-grown potato (*Solanum tuberosum* L.) variety Riviera; garlic (*Allium sativum* L.) variety Strelets; organic preparations Rostovit, OMEK-7M, Aminozol. The research was carried out according to generally accepted methods. The high effectiveness of the studied preparations on white head cabbage, garlic and potato has been established, however, at the same time, a species-specific reaction has been noted. The maximum yield of garlic was obtained by triple treatment with OMEK-7M at a concentration of 1 g/l, while the maximum yield of white head cabbage and potato was obtained after triple treatment with Rostovit at a concentration of 1 ml/l. The studied preparations had a positive effect on product quality, mainly on the content of such elements as Fe, Zn, and vitamin C. Organic preparations did not affect the nitrate content in white head cabbage and garlic production, as it was within the acceptable range in all the variants under study. It was revealed that the use of environmentally friendly preparations Aminozol, OMEK-7M and Rostovit made it possible not only to increase the yield of products per unit area, but also in some cases to improve its quality.

Keywords**:** white head cabbage, garlic, early-grown potato, yield, product quality, foliar treatments, organic preparations, amino acids, yeast extract

Funding**:** the research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation in 2023 at Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Timiryazev University) “Development of farm production techniques of organic vegetable, medicinal and aromatic plants for functional nutrition products manufacturing” (123041900047-7).

For citation**:** Terekhova V.I., Dyikanova M.E., Malankina E.L., Vorobyev M.V., Bocharova M.A., Grigorieva L.V. Productivity and quality of vegetable crops when using foliar fertilizing with organic preparations. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(3):12-23. (In Russ.). https//:doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_3_12-23.

Введение

Овощеводство как одна из важных подотраслей растениеводства является поставщиком незаменимых продуктов питания для населения России. В этой связи росту эффективности ее развития уделяется пристальное внимание со стороны государственных органов власти, чтобы создать надежное гарантированное обеспечение населения овощной продукцией высокого качества.

Выращивание сельскохозяйственных культур в условиях органической культуры приобретает все большую популярность во всем мире. В настоящее время 179 стран мира развивают органическое сельское хозяйство, в нем занято более 2 млн производителей, 89 стран имеют собственные законы в сфере производства и оборота органической продукции [10]. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) отмечается возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанных с этим рисков для здоровья нации. Поэтому в числе приоритетов и перспективных направлений исследований в ближайшие 10–15 лет назван переход к экологически безопасному агропроизводству [11].

Овощеводство относится к тем отраслям, в которых проявляется значительный интерес к органическим технологиям. При выращивании овощной продукции в конвенциональном земледелии (его также называют интенсивным, промышленным, индустриальным, традиционным) широко применяются высокие дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений, что позволяет, с одной стороны, получить максимальную урожайность, а с другой – они могут отрицательно влиять на качество конечного продукта. В результате потребление подобной продукции приводит к макро- и микронутриентцевтической недостаточности в организме человека [5]. Решение проблемы выращивания качественной овощной продукции обозначено приоритетной задачей в Концепции

государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации, так как недостаток витаминов и микронутриентов является фактором развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, ожирения, гипертонии и др. [9]. Опублиованы данные, то в настоящее время рацион многих россиян дефицитен на 20% по большинству витаминов [21].

Наряду с этим ежегодно увеличивается осведомленность общественности о негативном воздействии на организм человека овощной продукции, выращенной интенсивным (традиционным) способом. Накопление остаточных количеств минеральных удобрений при употреблении в свежем виде такой продукции становится угрозой здоровью населения, так как из-за содержания нитратов могут нарушаться функции дыхательной, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем [6].

При внесении повышенных доз удобрений при выращивании овощей и при использовании синтетических регуляторов роста для быстрого наращивания биомассы отмечается снижение содержания биологически активных веществ (эфирных масел, полифенолов и др.), что приводит к снижению антиоксидантного статуса растений, в то время как в органической культуре эта проблема отсутствует. Также при внесении высоких доз минеральных удобрений отмечено существенное изменение свойств почвы, в частности изменение кислотности, вторичное засоление, дисбаланс питательных веществ и аномальное накопление азота (N), фосфора (P) и калия (K) [14]. В свою очередь, это существенно влияет на микробиоту почвы и усвоение других элементов питания, прежде всего микроэлементов.

При внесении в почву неорганических солей отдельно или в сочетании с другими удобрениями происходит как фиксация элементов, так и антагонизм между ними [22]. Например, избыток фосфора (P) накапливается в почве, где он образует химические связи с другими элементами, включая кальций (Ca), магний (Mg), железо (Fe) и цинк (Zn), и становится недоступным для усвоения растениями. Таким образом, несмотря на то что питательных веществ в почве может быть достаточно, их низкая биодоступность будет ограничивать рост растений, уменьшая эффект от применения удобрений [25].

На процесс усвоения минеральных элементов, содержащихся в почвенных удобрениях, влияет ряд факторов, включая температуру почвы, влажность, засоленность и микробиоту. Учитывая все вышесказанное, следует рассматривать варианты внесения элементов питания в виде экологически безопасных препаратов и в низких дозах на единицу площади. При этом способ внесения должен быть максимально эффективным [23]. Также перспективным является использование микроорганизмов, которые не только активизируют процесс поглощения, но и делают более доступными некоторые микроэлементы и подавляют развитие фитопатогенов (благодаря своим выделениям), что очень важно в органической культуре при полном запрете пестицидов.

Методы внесения удобрений можно разделить на корневую и некорневую подкормки в зависимости от того, каким образом культуры усваивают питательные элементы.

По сравнению с корневой некорневая подкормка чаще рассматривается как стратегия дополнительного удобрения, может доставлять питательные вещества непосредственно к цели через надземные части растений, тем самым максимально быстро получить желаемый эффект. Хотя некорневые удобрения традиционно использовались как дополнительная мера для устранения дефицита питательных веществ, в настоящее время наблюдается тенденция к более широкому использованию фолиарных обработок различными видами удобрений [17].

Некорневое внесение раличных элементов питания получило достаточно широкое распространение благодаря целому ряду преимуществ.

Во-первых, ингредиенты некорневых обработок могут поглощаться непосредственно через листья и транспортироваться к другим органам [19], то есть необходимые питательные вещества начинают действовать быстрее и эффективнее по сравнению с почвенными удобрениями.

Во-вторых, некорневые обработки легче провести в оптимальные сроки и в оптимальных концентрациях в соответствии с потребностями различных культур на разных стадиях их роста и развития, при этом повышается точность подбора как самих ингредиентов, так и их концентрации с учетом особенностей обрабатываемых культур по сравнению с удобрениями, вносимыми в почву.

Опубликовано достаточно большое количество работ, данные которых подтверждают, что некорневые обработки макро- или микроэлементами, аминокислотами, хелатными комплексами не только эффективно устраняют дефицит элементов питания в растениях, но и увеличивают содержание микроэлементов и биологически активных соединений в листьях и плодах, повышая показатели урожайности при высоком качестве [18]. Например, отмечено увеличение содержания эфирных масел и фенольных соединений в пряно-вкусовых овощных культурах (мяте, чабере, змееголовнике) [7]. Аналогичное действие отмечено и в результате деятельности микроорганизмов [26].

Необходимо разработать альтернативные стратегии эффективного обеспечения растений макро- и микроэлементами в доступной форме, чтобы выращивать овощные, лекарственные, ароматические растения без использования минеральных удобрений. Решение этой задачи позволит гармонично сочетать приемлемую урожайность, высокое качество получаемой продукции и заботу об окружающей среде. Органическое сельское хозяйство, в отличие от традиционного, по регламенту не использует синтетически произведенные удобрения и пестициды, в этой связи новые формы и способы применения удобрений являются актуальными.

Переход на органические удобрения способствует не только снижению пестицидной нагрузки, но и обогащению овощной продукции биоэлементами посредством внесения эссенциальных микроэлементов, способствующих биосинтезу и накоплению микронутриентов и биологически активных веществ [2]. Поиск и применение органических (экологически безопасных) удобрений природного происхождения, природных биостимуляторов стали одной из задач современного сельского хозяйства. В многочисленных исследованиях показано положительное влияние органических препаратов на основе дрожжевого экстракта на вегетативный рост, урожайность и качество таких овощей, как огурец (*Cucumis sativus* L.) [24], картофель (*Solanum tuberosum* L.) [13], чеснок [4, 16], при этом отмечено увеличение содержания в овощах таких элементов, как азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо и цинк. Учитывая вышеизложенное, целью исследований является изучение влияния на урожайность и качество овощеводческой продукции некорневых обработок препаратами, перспективными для органического земледелия.

Методика эксперимента

Исследования проведены в 2021–2023 гг. в однотипных почвенно-климатических условиях лесной и лесостепной зоны Центральной части России (Московская область) на базе УНПЦ садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Объекты исследований:

- капуста поздняя (*Brassica oleraceae* L.), сорт Подарок;
- картофель ранний (*Solanum tuberosum* L.), сорт Ривьера;
- чеснок (*Allium sativum* L.), сорт Стрелец.

В опытах применяли следующие препараты:

- Аминозол – органическое азотно-калийное удобрение (производитель – Lebosol Dünger GmbH), производится из продуктов животного происхождения, в его состав входят такие микроэлементы, как железо (Fe), марганец (Mn), медь (Cu), суммарная массовая доля азота (N) составляет 9,4%, 116 г/л; органические вещества (аминокислоты) – 58%, 713 г/л;

- ОМЭК-7М – Органический МикроЭлементный Комплекс (оригинатор / производитель – ООО «Биоамид», Саратов; производитель ООО ПО «Сиббиофарм», Новосибирская область, Бердск) – комплекс органических соединений микроэлементов с аминокислотой для предпосевной обработки семян, посадочного материала, корневых и некорневых подкормок всех сельскохозяйственных культур на различных типах почв и субстратов. Представляет собой однородную смесь хелатных соединений железа (Fe), марганца (Mn), цинка (Zn), кобальта (Co), меди (Cu) с L-аспарагиновой аминокислотой, йодированных по белковой части хлебопекарных дрожжей;

- Ростовит – 100% натуральный биопрепарат (производитель – ООО «Агрорециклинг-Групп», Санкт-Петербург, член Союза органического земледелия), полученный из отработанных пивных дрожжей путем микробиологической конверсии. Благодаря свойствам исходного сырья и технологии производства в нем содержится комплекс витаминов, фитогормонов, аминокислот, и все это на фоне богатого микроэлементного состава. Ингредиенты: макроэлементы – N, F, K, Fe, Mg, Ca, микроэлементы – Mn, Mo, Na, Cu, Si, Zn, B, Ni, органическое вещество (от сухого остатка) – 89%.

Исследования проводили в соответствии с методикой опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [8].

Схема опыта по вариантам:

1) контроль – обработка дистиллированной водой;

2) некорневые обработки с препаратом Ростовит – 1 мг/1л;

3) некорневые обработки с препаратом ОМЭК-7М – 1 мг/1л;

4) некорневые обработки с органическим удобрением Аминозол – 1 мг/1 л.

На всех овощных культурах провели 3 некорневых обработки. Препараты использовали в виде водных растворов по вегетирующим растениям.

На картофеле 1-ю некорневую обработку провели в период массового появления всходов, 2-ю и 3-ю обработки – в фазы бутонизации и цветения.

На чесноке 1-ю некорневую обработку провели при формировании 3-4 листа, 2-ю и 3-ю обработки – в период формирования луковицы с интервалом в 2 недели.

На капусте 1-ю некорневую обработку провели через 14 дней после высадки рассады в поле, 2-ю и 3-ю обработки – в период образования кочана с интервалом в 2 недели.

Учетная площадь опытных делянок:

- капуста белокочанная – 25 м^2, схема посадки 70 × 40 см (35,7 тыс. раст./га);

- картофель ранний – 25 м^2, схема посадки 70 × 30 см (47,6 тыс. раст./га);

- чеснок – 10 м^2, схема посадки 60 × 6 см (278 тыс. шт./га).

На всех культурах повторность опытов – 4-кратная.

Применяли общепринятую агротехнику выращивания для Московской области в открытом грунте, все приемы агротехники осуществляли вручную.

После уборки в ЦКП ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева определяли качество продукции по следующим показателям:

- общая кислотность, ммоль/100 мл – ГОСТ ISO 750-2013;

- нитраты, мг/кг – ГОСТ 34570-2019;

- витамин С, % – ГОСТ 24556-89 (п. 2);

- общий сахар, % – ГОСТ 8756.13-87 (п. 2);

- макро- и микроэлементы (Ca, Fe, Mg, Cu, Zn, K) – ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011.

Аналитическое оборудование:

- двухлучевой атомно-абсорбционный спектрофотометр АА-7000;
- двухлучевой спектрофотометр UV-1900i;
- автоматический анализатор азота/белка по Кьельдалю UDK159 с автоматическим дигестором DKL 20;
- фотометр пламенный Sherwood Model 410;
- pH-Иономер Metrohm 781 pH/Ion Meter.

Вспомогательное оборудование:

- микроволновая система пробоподготовки MARS 6;
- влагомер Sartorius MA160;
- шейкер-термостат Stegler SB-22;
- лабораторный блендер MICROTRON MB 550;
- весы аналитические Mettler Toledo ME204T/A00;
- шкаф сушильный Binder FD-53.

Почва опытных участков среднесуглинистая со следующими характеристиками: pH – 6,7, содержание подвижного фосфора P_2O_5 – 45 мг/100 г почвы, содержание подвижного калия K_2O – 35 мг/100 г почвы.

Средняя температура весной 2021 г. оказалась выше климатической нормы. Во второй половине апреля наблюдались резкие перепады температуры от +19 до +4 °С. Среднемесячная температура мая была выше среднемноголетних показателей, а количество выпавших осадков составило 153% от нормы. Средняя температура июня, июля и августа превышала климатическую норму соответственно на 3,9, 3,1 и 4,0 °С. В июне и июле были отмечены периоды с температурой выше климатической нормы на 7–9° в течение восьми-одиннадцати дней на фоне дефицита осадков. В июле выпало 46% месячной нормы. В сентябре температура зафиксирована на 1,0° ниже среднемноголетних значений, максимальная температура не превышала +22 °С, минимальная опускалась до 0 °С. Количество осадков составило 86,8 мм.

Погодные условия 2022 г. в сравнении с 2023 г. были менее благоприятными для растений, июнь и июль характеризовались недостатком влаги и высокими температурами в период вегетации (от +28 до +33 °С). В августе, самом засушливом месяце, осадков выпало 5% от нормы.

Весна 2023 г. была теплой и ранней. Средняя температура летом составила +18,3 °С, что на 0,2° выше среднемноголетних показателей. Средняя температура июня и июля была на 0,5 и 1,0° ниже климатической нормы, осадков выпало около нормы. Самым жарким месяцем был август, температура которого на 2° превышала норму. Количество выпавших осадков в летний период составило 119% от среднемноголетних значений. Наибольшее количество осадков выпало в июле – 178%. В сентябре средняя температура превысила на 3° климатическую норму и составила +15,5 °С, количество выпавших осадков было минимальным – 10,6 мм при климатической норме 66 мм.

Статистическая обработка данных выполнена с помощью программного обеспечения Exel 2010. В тексте и в таблицах приведены средние арифметические значения параметров и их доверительные интервалы при 95% уровне значимости.

Результаты и их обсуждение

В опытах с ранним картофелем было установлено, что препарат Ростовит имел преимущество в сравнении с ОМЭК-7М и Аминозолом. Как видно из таблицы 1, урожайность на этом варианте была максимальной и составила 30,1 т/га, что на 3,3 т/га (на 12%) превышало значение контрольного варианта и связано не только с увеличением числа клубней, но и массой клубней с 1 куста, в то время как применение препаратов ОМЭК-7М и Аминозол способствовало повышению этого показателя соответственно только на 1,1–2,2 т/га, или на 4 и 8%.

Таблица 1. Влияние некорневых обработок на структуру урожая, массу клубней и урожайность картофеля раннего сорта Ривьера (2021–2023 гг.)

Варианты	Структура урожая, шт./г			Масса клубней с 1 куста, г	Товарная продукция		
	мелкие (< 30 г)	средние (30–80 г)	крупные (> 80 г)		Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
						т/га	%
1. Контроль	1/10	3/165	4/385	565	26,8	–	–
2. Ростовит	2/45	3/170	5/415	633	30,1	3,3	12
3. ОМЭК-7М	1/30	3/170	5/390	587	27,9	1,1	4
4. Аминозол	1/20	3/185	5/400	610	29,0	2,2	8
				$НСР_{05}$ 34	$НСР_{05}$ 1,5		

Учет урожайности чеснока озимого показал, что максимальная масса луковицы была на варианте применения препарата ОМЭК-7М и возрастала до 95,1 г по сравнению с 71,3 г на контроле, а урожайность увеличивалась до 26,4 т/га (табл. 2), на 6,6 т/га превысив показатель контроля (19,8 т/га). Менее эффективно было применение препарата Ростовит: увеличение массы луковицы составило 11,1 г по сравнению с контролем, отмечен рост урожайности на 16%. Действие препарата Аминозол было наименее эффективным: при увеличении массы луковицы до 79,8 г урожайность увеличилась на 12%. Такой эффект в течение трех лет наблюдений можно объяснить действием солей меди, входящей в составе препарата ОМЭК-7М. Как известно, определенные функции медь выполняет в азотном обмене, входя в состав нитритредуктазы, гипонитритредуктазы и редуктаз оксида азота. Этот минеральный элемент участвует в ферментативных окислительно-восстановительных реакциях, усиливая процесс связывания молекулярного азота атмосферы и усвоение азота почвы и удобрений, что в конечном итоге способствует повышению урожайности. Медь оказывает положительное влияние на сосуды ксилемы, усиливая их проницаемость для воды, что способствует более эффективному контролю баланса поступающей и испаряющейся влаги. Так как кроме меди в препарат ОМЭК-7 входит L-аспарагиновая кислота, которая также является доступным источником азота, то последний лучше усваивается за счет такого сочетания.

Таблица 2. Влияние некорневых обработок на структуру урожая, массу луковицы и урожайность чеснока озимого сорта Стрелец (2021–2023 гг.)

Варианты	Масса луковицы, г	Товарная продукция		
		Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
1. Контроль	71,3	19,8	–	–
2. Ростовит	82,4	22,9	3,1	16
3. ОМЭК-7М	95,1	26,4	6,6	33
4. Аминозол	79,8	22,1	2,3	12
	$НСР_{05}$ 6,2	$НСР_{05}$ 1,8		

В опытах с капустой белокочанной максимальный результат, также как и с картофелем, был получен при применении препарата Ростовит: масса кочана увеличивалась на 0,4 кг, а урожайность возрастала с 82,1 до 96,3 т/га, или на 17% по сравнению с контролем. На вариантах применения Аминозола и ОМЭК-7М урожайность составила соответственно 92,8 и 89,2 т/га, что на 13 и 8% превысило показатель контрольного варианта (табл. 3).

Таблица 3. Влияние некорневых обработок на урожайность капусты белокочанной сорта Подарок (2021–2023 гг.)

Варианты	Масса кочана, кг	Товарная продукция		
		Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
1. Контроль	2,3	82,1	–	–
2. Ростовит	2,7	96,3	14,2	17
3. ОМЭК-7М	2,5	89,2	7,1	8
4. Аминозол	2,6	92,8	10,7	13
	$НСР_{05}$ 0,12	$НСР_{05}$ 4,5		

Таким образом, выявлена индивидуальная реакция культур на некорневые обработки изучаемыми препаратами: на чесноке более эффективен был ОМЭК-7М, а на картофеле и капусте белокочанной – Ростовит.

В связи с широким распространением у населения состояний множественной микронутриентной недостаточности [12], а также учитывая, что для осуществления биологического действия некоторых элементов, например железа, необходима адекватная обеспеченность организма по меньшей мере десятью другими микронутриентами (марганец, медь, молибден, хром, йод и витамины С, B_2, B_6 [3]), было проведено исследование элементного состава продукции капусты белокочанной и чеснока.

Как известно, витамин С в организме человека действует как антиоксидант, который может улавливать активные формы кислорода, тем самым защищая биомолекулы (белки, липиды и нуклеотиды) от окислительного повреждения и дисфункции, необходим для биосинтеза коллагена и жизненно важен для поддержания целостности эпителия клеток. Для нормальной жизнедеятельности физиологическая потребность в витамине С составляет для взрослых 100 мг/сутки, для детей – от 30 до 90 мг/сутки. В научных обзорах приводятся данные о дефиците витамина С у населения многих стран мира [5, 6, 15], а восполнение суточной потребности в данном витамине в организме человека зависит только от приема пищи, прежде всего растительной.

Ряд исследователей [1] отмечают пониженную концентрацию аскорбиновой кислоты в продукции после обработки гуминовыми препаратами в сравнении с вариантом без удобрений (в 1,2–2,1 раза), объясняя это «эффектом разбавления», когда урожайность значительно возрастает, а концентрация витамина С (например, в капусте) существенно не меняется. В этой связи наблюдается даже снижение содержания витамина С в товарной продукции. Однако в нашем опыте подобной закономерности не наблюдалось. Содержание витамина С было выше по сравнению с контролем в 1,1–1,2 раза при наибольшей урожайности на варианте 2 после обработки препаратом Ростовит (табл. 3). Предполагаем, что положительное влияние на синтез аскорбиновой кислоты оказывало присутствие меди в составе препаратов, что согласуется с данными Н.В. Гоман, Н.А. Воронковой, В.А. Волковой, Н.А. Цыгановой [1].

Некорневые обработки органическими препаратами оказали положительное влияние на поступление железа как в опыте с капустой белокочанной, так и в опыте с чесноком, на вариантах, где зафиксирована максимальная концентрация витамина С (табл. 4).

В этом случае некорневые обработки овощных культур могут заменить необходимость обогащения пищевых продуктов железом с целью снижения распространенности дефицита этого элемента в организме человека, что до сих пор остается актуальной проблемой [20].

Таблица 4. Биохимический и элементный состав продукции овощных культур при применении некорневых подкормок органическими препаратами

Варианты	Нитраты, мг/кг	Белковый азот, %	Витамин С, мг/100 г свежей продукции	Общий сахар, %	Сухое вещество, %	Ca, мг/100 г свежей продукции	Fe, мг/100 г свежей продукции	Mg, мг/100 г свежей продукции	Cu, мг/100 г свежей продукции	K, мг/100 г свежей продукции	Zn, мг/ 100 г свежей продукции
Капуста белокочанная											
1. Контроль	251 ± 20	1	38 ± 2,2	4,4	7,8	20 ± 1,4	1,6 ± 0,2	0,04 ± 0,012	41,56 ± 1,2	274,3 ± 21,8	–
2. Ростовит	282 ± 24	1	46 ± 2,6	4,6	7,4	28 ± 1,6	2,2 ± 0,2	0,8 ± 0,020	22,84 ± 2,0	268,5 ± 25,2	–
3. ОМЭК-7М	134 ± 16	1	45 ± 1,6	4,2	8,9	40 ± 1,8	1,6 ± 0,2	0,05 ± 0,012	66,62 ± 1,4	262,7 ± 18,4	–
4. Аминозол	280 ± 18	1	42 ± 2,0	4,6	9,5	28 ± 1,6	1,0 ± 0,4	0,04 ± 0,006	32,32 ± 2,6	199,4 ± 15,8	–
Чеснок											
1. Контроль	48 ± 2	0,4	22 ± 1,4	–	42,6	26 ± 1,6	1,8 ± 0,1	–	0,26 ± 0,24	186,4 ± 16,6	1,2 ± 0,2
2. Ростовит	61 ± 4	0,8	24 ± 1,6	–	43,0	30 ± 1,8	1,7 ± 0,2	–	0,70 ± 0,18	102,1 ± 13,8	2,0 ± 0,2
3. ОМЭК-7М	58 ± 2	0,6	30 ± 1,6	–	42,8	22 ± 2,6	2,4 ± 0,4	–	0,64 ± 0,22	240,3 ± 18,8	2,1 ± 0,4
4. Аминозол	48 ± 1	0,4	26 ± 1,8	–	41,2	24 ± 1,0	1,5 ± 0,2	–	0,68 ± 0,18	154,6 ± 17,2	1,6 ± 0,2

Применение препаратов Ростовит и ОМЭК-7М способствовало значительному увеличению (в 1,8–1,9 раза) содержания Zn в чесноке (варианты 2 и 3) по сравнению с контролем. Следует отметить, что некорневые обработки органическими препаратами не оказали заметного влияния на содержание нитратов в капусте белокочанной и чесноке. Этот показатель был в пределах допустимой нормы на всех вариантах опыта. Однако значительное снижение содержания нитратов (в 1,8–2,1 раза) отмечено в опытах с капустой белокочанной (вариант 3) по сравнению с контролем и вариантами 2 и 4. Предполагаем, что это вызвано медленным высвобождением элементов азотистой формы после обработок препаратом ОМЭК-7М [1].

На содержание сухого вещества изучаемые препараты оказали специфическое действие: в опытах с капустой белокочанной после обработок препаратами ОМЭК-7М и Аминозол отмечена тенденция превышения показателя контроля (на 12–22%), в опытах с чесноком содержание сухого вещества было на уровне контроля на всех вариантах.

Выводы

Установлена высокая эффективность применения изучаемых препаратов на капусте белокочанной, чесноке и картофеле, однако вместе с тем отмечена видоспецифичная реакция. Максимальная урожайность чеснока была получена при трехкратной обработке препаратом ОМЭК-7М в концентрации 1 г/л, в то время как максимальная урожайность капусты белокочанной и картофеля – после трехкратной обработки препаратом Ростовит в концентрации 1 мл/л.

В результате некорневых обработок повышалось качество продукции, в частности снижалось содержание нитратов в чесноке (ОМЭК-7М), повышалось содержание аскорбиновой кислоты как в чесноке, так и в капусте белокочанной. Неоднозначным было влияние препаратов на содержание микроэлементов.

Выявлено, что применение экологически безопасных препаратов Аминозол, ОМЭК-7М и Ростовит позволяло не только увеличить выход продукции с единицы площади, но и в отдельных случаях повысить ее качество.

Список источников

1. Гоман Н.В., Воронкова Н.А., Волкова В.А. и др. Влияние макро- и микроэлементов на урожайность и качество капусты белокочанной в условиях Лесостепи западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2019. № 5. С. 9–15. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-3-15.

2. Громова О.А., Торшин И.Ю., Тетруашвили Н.К. и др. Системный анализ взаимосвязи дефицитов витаминов и врожденных пороков развития плода // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2012. Т. 11, № 3. С. 54–64.

3. Громова О.А., Торшин И.Ю., Хаджидис А.К. Анализ молекулярных механизмов воздействия железа (II), меди, марганца в патогенезе железодефицитной анемии // Клиническая фармакология и фармакоэкономика. 2010. Т. 3, № 1. С. 30–37.

4. Дыйканова М.Е., Терехова В.И, Воробьев М.В. и др. Применение органического удобрения Аминозол и удобрения Лебозол-Полный уход при выращивании чеснока озимого // Картофель и овощи. 2023. № 3. С. 26–29. DOI: 10.25630/PAV.2023.33.53.001.

5. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В. и др. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 4. С. 113–124.

6. Коденцова В.М., Погожева А.В. Группы риска множественного дефицита витаминов и минеральных веществ среди населения // Клиническое питание и метаболизм. 2020. Т. 1, № 3. С. 34–90. DOI: 10.17816/clinutr48744.

7. Маланкина Е.Л., Ткачева Е.Н., Терехова В.И. Содержание фенольных соединений и эфирного масла в сырье мяты перечной (*Mentha* × *piperita* L.) при выращивании в условиях органической культуры // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2022. Т. 25, № 4. С. 52–60. DOI: 10.29296/25877313-2022-04-08.

8. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве; под ред. В.Ф. Белика. Москва: Агропромиздат, 1992. 318 с.

9. О мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов, развитию производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.06.2013 № 31 [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/70451504/ (дата обращения: 20.11.2024).

10. Органическое сельское хозяйство: инновационные технологии, опыт, перспективы: научный аналитический обзор. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 92 с.

11. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 [Электронный ресурс]. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449 (дата обращения: 20.01.2025).

12. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Батурин А.К. и др. Оценка пищевого статуса и функциональных резервов организма спортсменов с целью персонализации рационов питания и оптимизации спортивной деятельности на тренировочном этапе: методические рекомендации. Москва: Издательство «Перо», 2020. 128 с.

13. Ahmed A.A., Abd El-Baky M.M.H., Zaki M.F. et al. Effect of foliar application of active yeast extract and zinc on growth, yield and quality of potato plant (*Solanum tuberosum* L.) // Journal of Applied Sciences Research. 2011. Vol. 7(12). Pp. 2479–2488.

14. Cai Z. Scientific and technological issues of nutrient management under greenhouse cultivation in China (in Chinese) // Acta Pedologica Sinica. 2019. Vol. 56(1). Pp. 36–43. DOI: 10.11766/trxb201805310286.

15. Carr A.C., Rowe S. Factors affecting vitamin C status and prevalence of deficiency: A global health perspective // Nutrients. 2020. Vol. 12(7). Article No. 1963. DOI: 10.3390/nu12071963.

16. Dyikanova M.E., Vorobyev M.V., Terekhova V.I. et al. The effectiveness of the use of Aminozol and Lebozol on the yield of winter garlic // VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023). E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2023. Vol. 390. Article No. 02009. DOI: 10.1051/e3sconf/202339002009.

17. Fernandez V., Brown P.H. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients // Frontiers in Plant Science. 2013. Vol. 4. Article No. 289. DOI: 10.3389/fpls.2013.00289.

18. Fernandez V., Eichert T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization // Critical Reviews in Plant Sciences. 2009. Vol. 28. Pp. 36–68. DOI: 10.1080/07352680902743069.

19. Gao S.D., Yang C.Y., Deng X.P. et al. Study on absorption and transport of K and Zn by foliar application in tobacco leaves // Journal of Nanjing Agricultural University. 2018. Vol. 41. Pp. 330–340 (in Chinese). DOI: 10.7685/jnau.201706033.

20. Hurrell R.F. Iron fortification practices and implications for iron addition to salt // Journal of Nutrition. 2021. Vol. 151(1). Pp. 3S–14S. DOI: 10.1093/jn/nxaa175.

21. Mareschi J.P., Cousin F., de la Villeon B. et al. Caloric value of food and coverage of the recommended nutritional intake of vitamins in the adult human. Principle foods containing vitamins // Annals of Nutrition and Metabolism. 1984. Vol. 28(1). Pp. 11–23. DOI: 10.1159/000176777.

22. Montalvo D., Degryse F., Da Silva R.C. et al. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer // Advances in Agronomy. 2016. Vol. 139. Pp. 215–267. DOI: 10.1016/bs.agron.2016.05.004.

23. Otalora G., Pinero C.M., Lopez-Marin J. et al. Effects of foliar nitrogen fertilization on the phenolic, mineral, and amino acid composition of escarole (*Cichorium endivia L. var. latifolium*) // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 239. Pp. 87–92. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.05.031.

24. Shehata S.A., Fawzy Z.F., El-Ramady H.R. Response of cucumber plants to foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2012. Vol. 6(4). Pp. 63–71.

25. Xiao H., Rodrigues R.R., Bonierbale M. et al. Foliar application of Fe resonates to the belowground rhizosphere microbiome in Andean landrace potatoes // Applied Soil Ecology. 2018. Vol. 131. Pp. 89–98. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.08.006.

26. Zharkova E.K., Vankova A.A., Selitskay O.V. et al. Bacterial communities of *Lamiacea* L. medicinal plants: structural features and rhizosphere effect // Microorganisms. 2023. Vol. 11(1). Article No. 197. DOI: 10.3390/microorganisms11010197.

References

1. Goman N.V., Voronkova N.A., Volkova V.A. et al. The influence of macro- and microelements on the yield and quality of white cabbage in the conditions forest-steppe of Western Siberia. *Bulletin of KSAU*. 2019;5:9-15. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-3-15. (In Russ.).

2. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Tetruashvili N.K. et al. A systemic analysis of interrelation between vitamin deficiency and congenital developmental defects. *Gynecology, Obstetrics and Perinatology*. 2012;11(3):54-64. (In Russ.).

3. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Khadzhidis A.K. Analysis of the molecular mechanisms of the effects of iron (II), copper, manganese in the pathogenesis of iron deficiency anemia. *Clinical pharmacology and pharmacoeconomics*. 2010;1:1-9. (In Russ.).

4. Dyikanova M.E., Terekhova V.I., Vorobyov M.V. et al. The effectiveness of the use of organic fertilizers Aminozol and Lebozol on the development and yield of winter garlic. Potato and vegetables. 2023;3:26-29. DOI: 10.25630/PAV.2023.33.53.001. (In Russ.).

5. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V. et al. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Problems of Nutrition*. 2017;86(4):113-124. (In Russ.).

6. Kodentsova V.M., Pogozheva A.V. Risk Groups for multiple vitamin and mineral deficiencies in the population. Clinical Nutrition and Metabolism. 2020;1(3):137-143. DOI: 10.17816/clinutr48744. (In Russ.).

7. Malankina E.L., Tkatchova E.N., Terechova V.I. et al. Flavonoids and essential oils contet in peppermint (*Mentha* x *piperita* L.) raw materials grown in organic farming. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2022;25(4):52-57. DOI: 10.29296/25877313-2022-04-08. (In Russ.).

8. Methodology of experimentation activity in vegetable and melon growing; edited by V.F. Belik. Moscow: Agropromizdat; 1992. 318 p. (In Russ.).

9. On measures for the prevention of diseases caused by micronutrient deficiency and the development of food production for functional and specialized purposes: Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 14.06.2013 No. 31. URL: https://base.garant.ru/70451504/. (In Russ.).

10. Organic agriculture: innovative technologies, experience, prospects: scientific analytical review. Moscow: Rosinformagrotech Publishers; 2019. 92 p. (In Russ.).

11. On the Strategy of research and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of December 01, 2016 No. 642. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449. (In Russ.).

12. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Baturin A.K. et al. Assessment of the nutritional status and functional reserves of the athletes' body in order to personalize diets and optimize sports activities at the training stage: methodological recommendations. Moscow: Pero Publishing House; 2020. 128 p. (In Russ.).

13. Ahmed A.A., Abd El-Baky M.M.H., Zaki M.F. et al. Effect of foliar application of active yeast extract and zinc on growth, yield and quality of potato plant (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Applied Sciences Research*. 2011;7(12):2479-2488.

14. Cai Z. Scientific and technological issues of nutrient management under greenhouse cultivation in China (in Chinese). *Acta Pedologica Sinica*. 2019;56(1):36-43. DOI: 10.11766/trxb201805310286.

15. Carr A.C., Rowe S. Factors affecting vitamin C status and prevalence of deficiency: A global health perspective. *Nutrients*. 2020;12(7):1963. DOI: 10.3390/nu12071963.

16. Dyikanova M.E., Vorobyev M.V., Terekhova V.I. et al. The effectiveness of the use of Aminozol and Lebozol on the yield of winter garlic. In: VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023). E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2023;390:02009. DOI: 10.1051/e3sconf/202339002009.

17. Fernandez V., Brown P.H. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*. 2013;4:289. DOI: 10.3389/fpls.2013.00289.

18. Fernandez V., Eichert T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2009;28:36-68. DOI: 10.1080/07352680902743069.

19. Gao S.D., Yang C.Y., Deng X.P. et al. Study on absorption and transport of K and Zn by foliar application in tobacco leaves (in Chinese). *Journal of Nanjing Agricultural University*. 2018;41:330-340. DOI: 10.7685/jnau.201706033.

20. Hurrell R.F. Iron fortification practices and implications for iron addition to salt. *Journal of Nutrition*. 2021;151(1):3S-14S. DOI: 10.1093/jn/nxaa175.

21. Mareschi J.P., Cousin F., de la Villeon B. et al. Caloric value of food and coverage of the recommended nutritional intake of vitamins in the adult human. Principle foods containing vitamins. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 1984;28(1):11-23. DOI: 10.1159/000176777.

22. Montalvo D., Degryse F., Da Silva R.C. et al. Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. *Advances in Agronomy*. 2016;139:215-267. DOI: 10.1016/bs.agron.2016.05.004.

23. Otalora G., Pinero C.M., Lopez-Marin J. et al. Effects of foliar nitrogen fertilization on the phenolic, mineral, and amino acid composition of escarole (*Cichorium endivia L. var. latifolium*). *Scientia Horticulturae*. 2018;239:87-92. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.05.031.

24. Shehata S.A., Fawzy Z.F., El-Ramady H.R. Response of cucumber plants to foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2012;6(4):63-71.

25. Xiao H., Rodrigues R.R., Bonierbale M. et al. Foliar application of Fe resonates to the belowground rhizosphere microbiome in Andean landrace potatoes. *Applied Soil Ecology*. 2018;131:89-98. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.08.006.

26. Zharkova E.K., Vankova A.A., Selitskay O.V. et al. Bacterial communities of *Lamiacea* L. medicinal plants: structural features and rhizosphere effect. *Microorganisms*. 2023;11(1):197. DOI: 10.3390/microorganisms11010197.

Информация об авторах

В.И. Терехова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, и.о. зав.кафедрой овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», v_terekhova@rgau-msha.ru.

М.Е. Дыйканова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», dyikanova@rgau-msha.ru.

Е.Л. Маланкина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», malankina@rgau-msha.ru.

М.В. Воробьев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», vorobyov@rgau-msha.ru.

М.А. Бочарова – ассистент кафедры овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», bocharova@rgau-msha.ru.

Л.В. Григорьева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, старший научный сотрудник, заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, профессор кафедры садоводства, биотехнологии и селекции сельскохозяйственных культур, директор Института фундаментальных и прикладных агробиотехнологий им. И.В. Мичурина ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», grigorjeval@mail.ru.

Information about the authors

V.I. Terekhova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Dept. of Vegetable Growing, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, v_terekhova@rgau-msha.ru.

M.E. Dyikanova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Vegetable Growing, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, dyikanova@rgau-msha.ru.

E.L. Malankina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Vegetable Growing, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, malankina@rgau-msha.ru.

M.V. Vorobyev, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Vegetable Growing, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, vorobyov@rgau-msha.ru.

M.A. Bocharova, Assistant, the Dept. of Vegetable Growing, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, bocharova@rgau-msha.ru.

L.V. Grigorieva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Senior Research Scientist, Honored Worker of Agricultural Industry of the Russian Federation, the Dept. of Horticulture, Biotechnology and Agricultural Plant Breeding, Director of the Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies named after I.V. Michurin, Michurinsk State Agrarian University, grigorjeval@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 18.05.2025; одобрена после рецензирования 23.06.2025; принята к публикации 06.07.2025.

The article was submitted 18.05.2025; approved after reviewing 23.06.2025; accepted for publication 06. 07.2025.