

Научная статья
УДК 635.015

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУБСТРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ

Игорь Игоревич Бородин¹, Линь Хань²

Приморский государственный аграрно-технологический университет, Уссурийск, Россия¹,
Шэньянский технологический институт, Шэньян, Китай²

Аннотация.

Изучение субстратов для выращивания зелёных культур в гидропонике имеет ключевое значение для оптимизации роста растений и повышения урожайности. В гидропонных системах субстрат заменяет почву, выполняя функции поддержки корневой системы и обеспечения доступа к воде и питательным веществам. Выбор и правильное использование субстрата напрямую влияют на развитие растений, их здоровье, устойчивость к заболеваниям и стрессам. Различные субстраты, такие как кокосовое волокно, перлит, вермикулит и минеральная вата, обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые необходимо учитывать для поддержания оптимального водно-воздушного баланса и питания растений. Глубокое понимание этих характеристик позволяет агрономам и фермерам создавать условия, максимально благоприятные для роста зелёных культур, что особенно важно в контексте устойчивого сельского хозяйства и вертикальных ферм.

Ключевые слова: гидропоника, субстраты, зелёные культуры, водно-воздушный баланс, рост растений, урожайность, питательные вещества, устойчивое сельское хозяйство, вертикальные фермы, корневая система

Для цитирования: Бородин И.И. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУБСТРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ / И.И. Бородин, Х. Линь // Аграрный вестник Приморья. - 2024. - № 1(33). - С. 10-15.

Original article

REVIEW OF STUDIES ON THE EFFECT OF SOWING DEPTH ON CROP GERMINATION

Igor I. Borodin¹, Lin Han²

Primorsky State Agrarian - Technological University, Ussuriisk, Russia¹,
Shenyang Institute of Technology, Shenyang, China²

Abstract.

The study of substrates for growing green crops in hydroponics is of key importance for optimizing plant growth and increasing yields. In hydroponic systems, the substrate replaces soil, performing the functions of supporting the root system and providing access to water and nutrients. The choice and correct use of the substrate directly affect the development of plants, their health, resistance to diseases and stress. Various substrates, such as coconut fiber, perlite, vermiculite and mineral wool, have unique physicochemical properties that must be taken into account to maintain optimal water-air balance and plant nutrition. A deep understanding of these characteristics allows agronomists and farmers to create conditions that are most favorable for the growth of green crops, which is especially important in the context of sustainable agriculture and vertical farms.

Key words: hydroponics, substrates, green crops, water-air balance, plant growth, yield, nutrients, sustainable agriculture, vertical farms, root system

For citation: Borodin I, Lin H. REVIEW OF STUDIES ON THE EFFECT OF SOWING DEPTH ON CROP GERMINATION. Agrarian bulletin of Primorye 2024; 1(33):10-15

Гидропоника, как инновационная система выращивания растений без использования почвы, приобретает всё большую популярность в условиях глобальных изменений климата и увеличе-

ния спроса на продовольствие. Одним из ключевых аспектов, определяющих успешное выращивание зелёных культур в гидропонных системах, является выбор субстрата, который играет важную роль в обеспечении растений водой, питательными веществами и кислородом. Правильный подбор субстрата может значительно улучшить рост растений, их урожайность и устойчивость к стрессовым факторам. Введение в практику оптимальных субстратов становится важным направлением в развитии гидропонного сельского хозяйства, что требует детального изучения физико-химических свойств различных субстратов и их влияния на агрономические показатели зелёных культур.

Материалы и методы. В данном обзорном исследовании проводится анализ литературных источников, посвящённых изучению субстратов, используемых в гидропонных системах для выращивания зелёных культур. Для этого были отобраны научные публикации из рецензируемых журналов, монографии, статьи в конференционных сборниках, опубликованные за последние 15 лет. Поиск литературы осуществлялся с помощью электронных баз данных, таких как Google Scholar, Scopus и Web of Science, с использованием ключевых слов: «гидропоника», «субстраты», «зелёные культуры», «водно-воздушный баланс», «рост растений» и другие релевантные термины.

При анализе литературы оценивались следующие параметры субстратов: физические свойства (влагоудерживающая способность, пористость, плотность), химические характеристики (рН, способность удерживать питательные вещества), а также их влияние на рост, развитие и урожайность зелёных культур. В обзор включены результаты как экспериментальных, так и теоретических исследований, отражающих современные достижения и проблемы использования различных субстратов в гидропонике.

Систематизация и анализ собранных данных проводились с целью выявления наиболее эффективных субстратов для разных типов зелёных культур, а также определения факторов, влияющих на выбор субстрата в зависимости от специфики гидропонных систем.

В исследовании Серегина М.В. приводится изучение технологического применения различных субстратов при гидропонном методе выращивания листового салата для применения их в сити-фермерстве [6]. Установлено, что оптимальным субстратом при выращивании листового салата является кокосовый субстрат, обеспечивающий создание оптимальных условий для произрастания растений и формирование продуктивности растения на уровне 32,3 грамм (рисунок 1). Полученный уровень продуктивности подтверждается динамикой развития растений в этом варианте – высотой и развитием корневой системы.

В исследованиях Скребневой Т. С. был произведен подбор оптимальной удобрительной формы и субстрата для гидропонной культуры рукколы сорта «Корсика». Исследуемые препараты: специализированные удобрительные формы: «Etitso», «TriPart. OriginalFloraGro» и не специализированные удобрительные формы: «ГуАмин», «ArganiQ» [7]. Исследуемые субстраты: кокосовый субстрат и минеральная вата. Наилучший результат показали комбинации: 1. минеральная вата + «Etitso» и 2 минеральная вата + «TriPart. FloraGro». Варианты с применением «ГуАмин» и «ArganiQ» показали несбалансированный состав и полную непригодность к гидропонике. Применение кокосового субстрата сопровождается с высокими экономическими затратами.



Рисунок 1 - Продуктивность салата в зависимости от выбора субстрата



Рисунок 2 - Суммарные затраты на удобрительные формы и субстрат

Сотрудниками Белорусского государственного аграрного технического университета провели исследования оценки качества растений салата листового – Афицион в защищенном грунте КУП «Минская овощная фабрика» на субстратах различного состава [8].

Для оценки влияния состава субстрата на формирование листового аппарата растений салата были разработаны составы субстратов на основе торфа с добавками сапропеля, агроперлита и керамзита.

Авторами установлено, что при выращивании салата листового методом проточной гидропонике наибольшее количество растений с хорошо сформированными четвертым и пятым листом оказалось на многокомпонентных субстратах (рисунок 7).

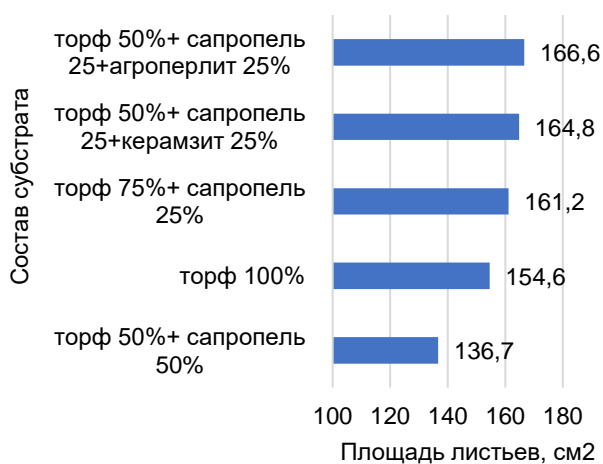


Рисунок 3 - Площадь листьев (см²) у растений салата на субстратах различного состава

В статье «Влияние состава субстрата на рост и развитие листового салата при выращивании в зимних теплицах методом проточной гидропонике» (авторы И.П. Козловская и Е.А. Сакова) рассматриваются особенности использования органических субстратов для выращивания листового салата в условиях проточной гидропонной системы [9]. Исследование проведено в зимних теплицах, где субстраты различных составов тестировались на предмет их влияния на развитие корневой системы и накопление биомассы у растений.

Авторы выделяют несколько ключевых факторов, влияющих на рост салата: тип субстрата, его способность удерживать влагу, аэрационные свойства и химический состав. В работе было установлено, что определённые органические субстраты, такие как торф и кокосовое волокно, обеспечивают активное развитие корневой системы, что способствует наращиванию сырой биомассы и более интенсивному росту зелёных культур. Результаты исследования позволяют сделать вывод о необходимости выбора суб-

страта, учитывая как его физические, так и химические характеристики, для повышения эффективности выращивания культур в гидропонных системах. Наибольшая целесообразность показали субстраты на основе торфа (рисунок 4).

В статье Е.В.Сафонова описываются субстраты для выращивания овощей в условиях защищённого грунта [10]. В ней анализируются ключевые особенности и параметры субстратов, такие как физические, химические и биологические свойства, которые оказывают значительное влияние на рост и развитие растений.

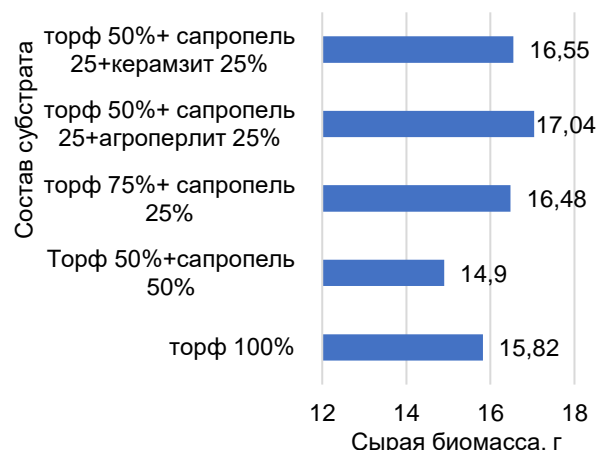


Рисунок 4 - Сырая биомасса растений листового салата при выращивании на субстратах различного состава

Автор уделяет особое внимание важным характеристикам субстратов: пористости, влагоудерживающей способности, химическому составу и отсутствию токсичных элементов. Высокая пористость субстрата является критически важным фактором, так как обеспечивает корням достаточное количество кислорода, что напрямую влияет на скорость роста растений в условиях гидропонных систем. Также обсуждаются ограничения, связанные с использованием различных субстратов, таких как риск накопления токсичных веществ (например, хлоридов натрия в кокосовом волокне), а также их физико-химическая стабильность. Например, субстрат должен обладать долговечностью и не разрушаться под воздействием воды и других агентов, чтобы обеспечивать равномерное питание растений в течение всего цикла роста.

В работе "Полимерные субстраты для высева семян сельскохозяйственных культур" авторы исследуют использование различных полимерных материалов в качестве субстратов для выращивания сельскохозяйственных растений, таких как зелёные культуры [11]. В статье рассматриваются преимущества и недостатки полимерных субстратов по сравнению с традиционными субстратами, такими как торф или минеральная вата.

Одним из главных фокусов исследования является водоудерживающая способность полимерных субстратов. Эти материалы должны обеспечивать растения достаточным количеством воды и воздуха для оптимального роста корневой системы. Авторы статьи отмечают, что пористость субстрата и его способность удерживать влагу играют ключевую роль в успешном прорастании семян.

Также рассматриваются физические и химические свойства полимерных субстратов, включая их устойчивость к разложению и экологическую безопасность. Важное значение уделяется отсутствию токсичных элементов, которые могли бы повлиять на рост растений или качество продукции.

В статье Юдина И.Н., Попова Л.Д. описывается инновационный субстрат, который используется для регулирования водного режима при выращивании овощных культур [12]. Изучается его способность поддерживать оптимальные условия для роста растений за счёт высокой пористости и хорошей дренажной способности. Пеностекло GROWPLANT представляет собой перспективный субстрат для использования в гидропонике и других системах беспочвенного выращивания. Его водные свойства делают его эффективным для контроля водного режима и обеспечения оптимальных условий для корневой системы растений. Долговечность и экологическая безопасность являются дополнительными преимуществами этого материала.

В работе Ю.М. Дуванова и В.В. Иванищев представлены результаты исследования по выращиванию микрозелени из семян гороха сортов Кузнечик и Медовик [13]. В эксперименте использовали три варианта среды для выращивания: минеральная вата, смесь кокос+торф, а также садовый грунт. Показано, что сравниваемые сорта гороха по показателям энергии прорастания семян и их всхожести мало различались при использовании соответствующих разных субстратов. При этом наиболее эффективным оказался смешанный субстрат – кокос+торф, использование которого позволило получить высшие величины энергии прорастания семян и всхожести семян (рисунок 5).

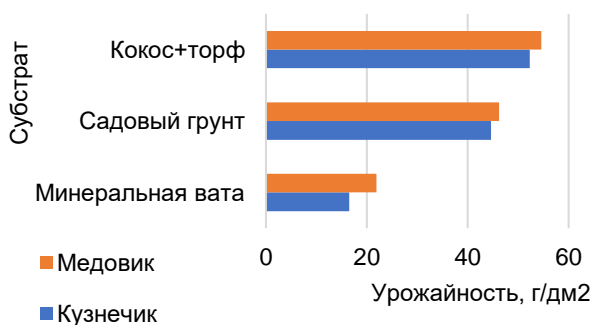


Рисунок 5 - Урожайность микрозелени гороха на различных субстратах, г/дм²

Выводы

Разнообразие субстратов играет ключевую роль в улучшении роста зелёных культур, особенно в условиях защищённого грунта. Исследования показывают, что использование как традиционных субстратов (органических и неорганических), так и новейших материалов, таких как полимерные плёнки, позволяет достичь высоких результатов в урожайности и качестве зелёных культур. Кроме того, готовые питательные субстраты, применяемые в рассадных методах, способствуют более равномерному росту растений и повышению их устойчивости к стрессовым условиям.

Бессубстратные технологии, такие как гидропоника и аэропоника, вместе с интенсивным использованием искусственного освещения, становятся всё более актуальными. Эти технологии позволяют минимизировать затраты на материалы и эффективно использовать ресурсы, обеспечивая высокую урожайность в контролируемых условиях. Светокультура позволяет регулировать параметры освещения, что существенно улучшает фотосинтез и ускоряет рост растений.

Список источников

1. Ким, И. Н. Специфика перехода на органическое сельское хозяйство в Российской Федерации / И. Н. Ким, А. Э. Комин, И. И. Бородин // Аграрный вестник Приморья. – 2022. – № 4(28). – С. 19-27. – EDN EZSOBI.
2. Роль почвы в современном мире и основные меры по сохранению ее плодородия / И. А. Бородин, И. И. Бородин, М. Х. Баротов, М. С. Гафуров // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока: Материалы III Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. В 3-х частях, Уссурийск, 26–27 ноября 2019 года / Ответственный редактор С.В. Иншаков. Том Часть 2. – Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 81-88. – EDN GDXYHL.
3. Бородин, И. И. Аппарат по изготовлению поролоновых матов для гидропоники / И. И. Бородин, И. А. Бородин // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока: материалы II Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Уссурийск, 08–09 ноября 2018 года / Приморская государственная сельскохозяйственная академия. Том Часть II. – Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 106-112. – EDN VMKCUB.
4. Комин, А. Э. О состоянии органического сельского хозяйства в России / А. Э. Комин, И. Н. Ким, И. И. Бородин // Современные вызовы аграрной науки и практики : Материалы Круглого стола Всероссийского семинара-совещания проректоров по научной работе вузов Минсельхоза России на тему "Роль аграрных вузов в решении задач биологизации сельского хозяйства", Воронеж, 22–26

июня 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2021. – С. 56-71. – EDN BQSVNF.

5. Комин, А. Э. Еще раз о состоянии производства органической продукции в России / А. Э. Комин, И. Н. Ким, И. И. Бородин // Аграрный вестник Приморья. – 2022. – № 2(26). – С. 18-27. – EDN CIAKMQ.

6. Серегин, М. В. Выбор субстрата при выращивании листового салата методом гидропоники / М. В. Серегин // Дневник науки. – 2022. – № 4(64). – EDN KWRHOH.

7. Скребнева, Т. С. Оценка эффективности использования органоминеральных удобрений и субстратов розных марок при возделывании руколы, в технологических условиях гидропоники / Т. С. Скребнева // Естественные и гуманитарные науки в современном мире: Материалы Международной научно-практической конференции, Орёл, 13–15 мая 2021 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2021. – С. 60-63. – EDN XQHZN.

8. Козловская, И. П. Формирование листового аппарата у растений салата на субстратах различного состава при выращивании в зимних теплицах / И. П. Козловская, Е. А. Сакова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 77-80. – EDN SKURCW.

9. Козловская, И. П. Влияние состава субстрата на рост и развитие листового салата при выращивании в зимних теплицах методом проточной гидропоники / И. П. Козловская, Е. А. Сакова // Почвы и их эффективное использование : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора В. В. Тюлина, Киров, 6-7 февраля 2018 г. В 2 ч. Ч. 1. - Киров: Вятская ГСХА, 2018. - С. 126-130.

10. Сафонова Е.В. Виды субстратов для овощей в защищенном грунте // Инновационная наука. 2015. №7-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vidy-substratov-dlya-ovoschey-v-zaschischnom-grunte> (дата обращения: 07.09.2024).

11. Тертышная Ю.В., Скороходова А.Н. Полимерные субстраты для высева семян сельскохозяйственных культур // вестник ОрелГАУ. 2022. №1 (94). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polimernye-substraty-dlya-vyseva-semyan-selskohozyaystvennyh-kultur> (дата обращения: 07.09.2024).

12. Юдина И.Н., Попова Л.Д. Водные свойства пеностекла growplant // Территория науки. 2018. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodnyesvoystva-penostekla-growplant> (дата обращения: 07.09.2024).

13. Дуванова Ю. М., Иванищев В. В. Продуктивные характеристики микрорзелени, выращенной из

семян гороха сортов кузнечик и медовик // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnyeharakteristiki-mikrozeleni-vyraschennoy-iz-semyan-gorooha-sortov-kuznechik-i-medovik> (дата обращения: 07.09.2024).

References

1. Kim, I. N. Specifics of the transition to organic agriculture in the Russian Federation / I. N. Kim, A. E. Komin, I. I. Borodin // Agrarian Bulletin of Primorye. - 2022. - No. 4 (28). - P. 19-27. - EDN EZSOBI.

2. The role of soil in the modern world and the main measures to preserve its fertility / I. A. Borodin, I. I. Borodin, M. Kh. Barotov, M. S. Gafurov // The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture in the Far East: Proceedings of the III National (All-Russian) Scientific and Practical Conference. In 3 parts, Ussuriysk, November 26-27, 2019 / Editor-in-chief S. V. Inshakov. Volume Part 2. - Ussuriysk: Primorskaya State Agricultural Academy, 2019. - P. 81-88. - EDN GDXYHL.

3. Borodin, I. I. Apparatus for the production of foam mats for hydroponics / I. I. Borodin, I. A. Borodin // The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture in the Far East: materials of the II National (All-Russian) scientific and practical conference, Ussuriysk, November 08-09, 2018 / Primorskaya State Agricultural Academy. Volume Part II. - Ussuriysk: Primorskaya State Agricultural Academy, 2018. - P. 106-112. - EDN VMKCUB.

4. Komin, A. E. On the state of organic agriculture in Russia / A. E. Komin, I. N. Kim, I. I. Borodin // Modern challenges of agricultural science and practice: Proceedings of the Round Table of the All-Russian seminar-meeting of vice-rectors for scientific work of universities of the Ministry of Agriculture of Russia on the topic "The role of agricultural universities in solving the problems of biologization of agriculture", Voronezh, June 22-26, 2021. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2021. - P. 56-71. - EDN BQSVNF.

5. Komin, A. E. Once again on the state of organic production in Russia / A. E. Komin, I. N. Kim, I. I. Borodin // Agrarian Bulletin of Primorye. - 2022. - No. 2 (26). - P. 18-27. – EDN CIAKMQ.

6. Seregin, M. V. Selection of substrate for growing lettuce using hydroponics / M. V. Seregin // Science Diary. – 2022. – No. 4(64). – EDN KWRHOH.

7. Skrebneva, T. S. Evaluation of the efficiency of using organomineral fertilizers and substrates of different brands in the cultivation of arugula, under technological conditions of hydroponics / T. S. Skrebneva // Natural and humanitarian sciences in the modern world: Proceedings of the International scientific and practical conference, Orel, May 13-15, 2021. – Orel: Oryol State University named after I.S. Turgenev, 2021. – P. 60-63. – EDN XQHZN.

8. Kozlovskaya, I. P. Formation of the leaf apparatus in lettuce plants on substrates of various composi-

tions when grown in winter greenhouses / I. P. Kozlovskaya, E. A. Sakova // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. - 2022. - No. 2. - P. 77-80. - EDN CKURCW.

9. Kozlovskaya, I. P. Influence of substrate composition on the growth and development of leaf lettuce when grown in winter greenhouses using flow hydroponics / I. P. Kozlovskaya, E. A. Sakova // Soils and their effective use: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Doctor of Agricultural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor V. V. Tyulin, Kirov, February 6-7, 2018. In 2 parts. Part 1. - Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2018. - P. 126-130.

10. Safonova E. V. Types of substrates for vegetables in protected ground // Innovative science. 2015. No. 7-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vidy-substratov-dlya-ovoschey-v-zaschisshennom-grunte> (date of access: 09/07/2024).

11. Tertyshnaya Yu.V., Skorokhodova a.n. Polymer substrates for sowing agricultural crops seeds // bulletin of orelgau. 2022. No. 1 (94). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polimernye-substraty-dlya-vyseva-semyan-selskohozyaystvennyh-kultur> (access date: 09/07/2024).

12. Yudina I.N., Popova I.d. water properties of growplant foam glass // Territory of Science. 2018. No. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodnyesvoystva-penostekla-growplant> (date of access: 09/07/2024).

13. Duvanova Yu. M., Ivanishchev v. V. Productive characteristics of microgreens grown from pea seeds of the kuznechik and medovik varieties // bulletin of tula state university. Natural sciences. 2022. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnyeharakteristiki-mikrozeleni-vyraschennoy-iz-semyan-goroha-sortov-kuznechik-i-medovik> (date of access: 09/07/2024).

Игорь Игоревич Бородин, кандидат технических наук, borodinigor89@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9357-0958>

Линь Хань, аспирант, hanlinsmile@qq.com

Igor I. Borodin, Candidate of Technical Sciences, borodinigor89@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9357-0958>

Lin Han, PhD Student, hanlinsmile@qq.com

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contibution of the authors: all the authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is not conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 15.01.2024; одобрена после рецензирования 06.02.2024; принята к публикации 03.03.2024.

The article was submitted 20.01.2024; approved after reviewing 11.02.2024; accepted for publication 03.03.2024