

11. Kljajić N. Production and export of raspberry from the republic of Serbia // *Економіка*. 2017. Vol. 63. No. 2. PP. 45–53.
12. Milinković M., Vranić D., Đurić M., Paunović S. Chemical composition of organically and conventionally grown fruits of raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. Willamette // *Acta Agriculturae Serbica*. 2021. Vol. 26. No. 51. PP. 83–88. DOI: 10.5937/AASer2151083M.
7. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur /pod red. Ye.N. Sedova i T.P. Ogoľ'tsovoy. Orel: VNIISPK, 1999. S. 374–395.
8. Khalilov E.S., Chelebiyev E.F., Arifova Z.I. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti vyrashchivaniya novykh sortov i gibridnykh form yabloni i maliny selektsii «NBS-NNTS». Magarach // *Vinogradarstvo i vinodeliye*. 2023. № 25 (3). S. 266–270. DOI: 10.34919/IM.2023.25.3.007.
9. Bojkovska K, Joshevska F, Tosheva E et al. Global raspberries market trends and their impact on the Macedonian raspberries market // *International Journal of Research and Review*. 2021. Vol. 8. No. 2. PP. 362–369.
10. Eremeeva N., Makarova N., Zhidkova E. et al. Ultrasonic and microwave activation of raspberry extract: antioxidant and anti-carcinogenic properties // *Foods and Raw Materials*. 2019. Vol. 7. No. 2. PP. 264–273. DOI: 10.21603/2308-4057-2019-2-264-273.
11. Kljajić N. Production and export of raspberry from the republic of Serbia // *Економіка*. 2017. Vol. 63. No. 2. PP. 45–53.
12. Milinković M., Vranić D., Đurić M., Paunović S. Chemical composition of organically and conventionally grown fruits of raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. Willamette // *Acta Agriculturae Serbica*. 2021. Vol. 26. No. 51. PP. 83–88. DOI: 10.5937/AASer2151083M.

REFERENCES

1. Aminova Ye.V., Merezko O.Ye., Tikhonova M.A. Novyy sort maliny Arisha // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2021. № 66. S. 7–12. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-66-7-12.
2. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy [Elektronnyy resurs]. (data obrashcheniya 11.01.2024).
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Yevdokimenko S.N., Podgayetskiy M.A. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy selektsii maliny // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2022. № 4. S. 5–15. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-4-5-15.
5. Logkaya L.V, Dmitriyeva A.M., Yemel'yanova O.V. Itogi izucheniya sortov maliny letnego sroka sozrevaniya // *Plodovodstvo*. 2011. № 23. S. 235–239.
6. Nevostruyeva Ye.Yu., Andreyeva G.V. Sovremennyy sortiment maliny letnego tipa plodonosheniya dlya Volgo-Vyatskogo re-

Поступила в редакцию 22.01.2024

Принята к публикации 05.02.2024

УДК 63.631.8

DOI: 10.31857/S2500208224030117, EDN: yxgirt

ИННОВАЦИИ В МИРЕ УДОБРЕНИЙ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА*

Исмаил Лемиевич Даудов^{1,2}, старший преподаватель

Юсуп Мохамбекович Джабраилов¹

Магомед Мовлаевич Арсанов^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет имени А.А.Кадырова»,
г. Грозный, Чеченская Республика, Россия

²ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: ibragim-1991@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены перспективы применения медленно высвобождающихся удобрений (МВУ), методы и технологии их производства. В мире растет интерес к МВУ из-за их ключевой роли в увеличении урожайности и улучшении качества почвы. Ученые активно работают над получением технологий производства МВУ для повышения их эффективности и долговечности. В России этот сектор продемонстрировал стабильный рост, особенно в условиях меняющегося климата и повышенных требований к экологической безопасности. Несмотря на положительные тенденции, существуют проблемы высоких затрат на производство и сложности в распространении и внедрении инновационных решений. Для создания более эффективных и экологически устойчивых минеральных удобрений, включая МВУ, требуется активное внимание со стороны государства и частных инвесторов, а также тесное сотрудничество между академическим сообществом и промышленностью.

Ключевые слова: медленно высвобождающиеся удобрения, методы и технологии, эффективность сельского хозяйства, инновации, почвенная экосистема, оптимизация производства

* Проект осуществляется в рамках выполнения соглашения РНФ № 22-16-00092/ The project is carried out within the framework of the implementation of the RNF Agreement No. 22-16-00092.

I.L. Daudov^{1,2}, Senior LecturerYu.M. Dzhabrailov¹M.M. Arsanov^{1,2}¹Kadyrov Chechen State University, Grozny, Chechen Republic, Russia²FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia

E-mail: ibragim-1991@mail.ru

Abstract. *The prospects for the use of slow-release fertilizers (SRF), methods and technologies for their production are considered. There is growing interest in SRFs around the world due to their key role in increasing crop yields and improving soil quality. Scientists are actively working to obtain technologies for the production of SRFs to increase their efficiency and durability. In Russia, this sector has also demonstrated stable growth, especially in the context of a rapidly changing climate and increased requirements for environmental safety. Despite the positive trends, there are problems of high production costs and difficulties in disseminating and implementing innovative solutions. For the development of more efficient and environmentally sustainable mineral fertilizers, including SRF, requires active attention from government and private investors, as well as close cooperation between academia and industry.*

Keywords: *slow-release fertilizers, methods and technologies, agricultural efficiency, innovation, soil ecosystem, production optimization*

Сельское хозяйство — один из основных секторов экономики во многих странах мира, особенно в России. Повысить эффективность сельского хозяйства и преодолеть проблемы изменения климата, деградации и снижения уровня плодородия почвы можно с помощью удобрений. В последние десятилетия увеличивается внимание к медленно высвобождающимся минеральным удобрениям (МВУ).

Стабильное и равномерное поступление питательных веществ к растениям в течение длительного времени способствует повышению урожайности и качества продукции, снижает риск гниения почвы и загрязнения воды. Поэтому МВУ можно широко использовать в сельском хозяйстве для удобрения различных культур как на открытых грядках, так и в закрытых системах. В российском сельском хозяйстве, которое часто сталкивается с неблагоприятными климатическими условиями и ограниченными ресурсами, медленно высвобождающиеся удобрения могут быть особенно полезны для обеспечения стабильных уровней урожайности и эффективного применения почвенных ресурсов. [1, 2, 5]

В свете растущего научного интереса к устойчивому сельскому хозяйству и экологической безопасности, МВУ становятся все более значимым инструментом для оптимизации производства и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Цель работы — определить направления эффективности и экологической безопасности медленно высвобождающихся удобрений, отметить инновационные методы их использования, выделить наиболее перспективные технологии изготовления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы провели обзор состояния рынка МВУ как в России, так и на мировом уровне, основных тенденций и вызовов. Изучение этих аспектов важно для понимания текущего статуса и потенциала МВУ в сельском хозяйстве, выявления направлений для дальнейших исследований и инноваций в этой области. [8, 9]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рост спроса. В последние годы наблюдается увеличение спроса на МВУ вследствие растущего осознания необходимости устойчивого сельского хозяйства

и проблем экологии. Фермеры и сельскохозяйственные предприятия проявляют все больший интерес к удобрениям, обеспечивающим долговременное, равномерное высвобождение питательных веществ.

Технологические инновации. Мировые производители МВУ активно разрабатывают технологии производства, направленные на повышение эффективности удобрений, их долговечности и точности распределения почвенных ресурсов. Это включает новые типы покрытий удобрений, микрокапсуляцию и другие методы, способствующие контролируемому высвобождению питательных веществ.

Экономическая эффективность. Стоимость МВУ может быть выше, чем у обычных минеральных удобрений из-за специфического производственного процесса. Однако они часто обеспечивают более высокие урожаи, сокращая затраты на труд и снижая расходы на повторное удобрение, в конечном итоге делая их экономически выгодными.

Регулирование и сертификация. Некоторые страны имеют строгие законодательные требования к удобрениям, включая МВУ, в связи с их опасностью для окружающей среды и человека. Это влияет на процесс сертификации и введение новых продуктов на рынок. По прогнозу роста рынка контролируемых удобрений к 2025 году предполагается увеличение до 3,2 млрд \$ с прогнозируемой ставкой роста 6,3% (2020 год — 2,4 млрд \$). Факторы, способствующие расширению этого рынка, включают повышенный спрос на более эффективные удобрения, поддержку правительственных регуляций, возросший интерес к культурам высокой стоимости и существенные инвестиции от ведущих игроков отрасли. Эти удобрения эффективно борются с растущими экологическими проблемами, связанными с потерей питательных веществ через выщелачивание почвы и сток, которые часто возникают из-за чрезмерного использования традиционных удобрений.

Существуют проблемы стандартизации производства удобрений, а также обучения специалистов их правильному использованию. Недостаточные знания могут быть препятствием для широкого принятия МВУ в сельском хозяйстве. [7]

Дальнейшие инвестиции в исследования, инновации и образование помогут развить этот сектор и увеличить его значимость в сельском хозяйстве. [3, 4]

Многие компании и научные институты в России и за рубежом активно разрабатывают новые формулы и технологии для производства медленно высвобождающихся минеральных удобрений.

Внедрение МВУ может иметь значительные экономические и социальные последствия. Повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции приведет к увеличению доходов фермеров и улучшению благосостояния сельских сообществ. Кроме того, применение более экологически чистых удобрений сохранит природные ресурсы.

Основные методы производства медленно действующих минеральных удобрений.

Один из распространенных методов заключается в нанесении смол или полимеров на минеральные удобрения. Эти материалы создают защитное покрытие вокруг гранул удобрений, контролируя температуру и скорость высвобождения питательных веществ. Такой подход позволяет обеспечить стабильное и долгосрочное питание растений, а также улучшает устойчивость удобрений к воздействию погодных условий и снижает риск потери питательных веществ.

Медленно действующие удобрения могут быть сформированы с использованием матриц, которые контролируют высвобождение питательных веществ. Эти матрицы изготавливают из различных материалов (смолы, полимеры, воск). Удобрения на основе матриц помогают более точному контролю скорости и времени высвобождения питательных веществ.

В создании МВУ нашли применение нанотехнологии. Наночастицы контролируют процессы поглощения и транспортировки питательных веществ растениями, что повышает эффективность удобрений.

Некоторые методы включают использование микроорганизмов, таких как бактерии или грибы, способных постепенно разлагать удобрения по мере необходимости для растений.

Метод инкапсуляции заключается в обработке минеральных удобрений специальными полимерными оболочками или капсулами. Оболочки постепенно растворяются под воздействием влаги и микроорганизмов в почве, высвобождая питательные вещества на протяжении продолжительного периода.

Синтез минеральных удобрений в присутствии специальных добавок, которые замедляют и контролируют скорость их растворения.

Метод измельчения и гранулирования минеральных удобрений до определенного размера частиц.

Добавление специальных аминокислот или других органических добавок к минеральным удобрениям поможет улучшить их эффективность и привести к более стабильному, долгосрочному поступлению питательных веществ к растениям.

Эти методологии не только обеспечивают устойчивое питание растений, но и снижают негативное воздействие на окружающую среду, связанное с избыточным использованием удобрений.

Исследования в области разработки медленно действующих минеральных удобрений показали перспективные результаты, открывая новые горизонты для современного сельского хозяйства. Один из значительных прорывов — разработка специальных полимеров и смол, способных обеспечивать контролируемое высвобождение питательных веществ в течение продолжительного времени. Эти материалы не только

повышают эффективность усвоения питательных веществ растениями, но и минимизируют риск их недостатка или избытка, что приводит к увеличению продуктивности и качества продукции.

Ученые сосредотачивают внимание на оптимизации процессов производства удобрений, делая их более эффективными и экономически целесообразными. Новые технологии и методы могут значительно снизить затраты на производство и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, что становится важным шагом в направлении устойчивого сельского хозяйства. Одна из наиболее эффективных технологий производства медленно действующих минеральных удобрений была разработана российскими учеными И.М. Баматовым и коллегами с использованием химического потока в реакторе v-star. [6]

Нанотехнологии обеспечивают создание материалов с уникальными свойствами, такими как контролируемая пористость и повышенная стойкость к воздействию окружающей среды. Это открывает новые возможности для точного контроля поступления питательных веществ в почву.

Одно из перспективных направлений исследований — изучение возможности использования микроорганизмов для создания МВУ. Биологически активные препараты способствуют более эффективному усвоению питательных веществ растениями из почвы и улучшают их защитные функции.

Параллельно с разработкой новых удобрений ученые оценивают их экологическую эффективность для минимизации потенциальных негативных воздействий на окружающую среду.

Важно отметить роль образовательных программ и практик, направленных на обучение сельскохозяйственных производителей применению новых технологий и методов. Разработка рекомендаций по оптимальному использованию удобрений и внедрение инновационных подходов помогает снижать негативное воздействие на окружающую среду.

Сотрудничество между научными исследовательскими институтами, промышленными предприятиями и сельскохозяйственными сообществами способствует более быстрой коммерциализации инноваций и их успешной реализации на практике.

Разработка интегрированных систем управления удобрениями, учитывающих индивидуальные потребности растений, типы почв, климатические условия и другие факторы, определяющие эффективность применения удобрений, позволит достигнуть высоких результатов при минимальном количестве ресурсов.

Таким образом, исследования в области создания медленно действующих минеральных удобрений открывают новые перспективы для сельского хозяйства по увеличению урожайности, улучшению качества продукции и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Инновационные материалы и технологии, разработанные учеными, становятся важным инструментом в стремлении к устойчивому и эффективному сельскому хозяйству в будущем. Благодаря им возникают новые возможности для оптимизации производства, улучшения использования ресурсов. Проводимые исследования в этой области увеличивают наши знания о влиянии удобрений на почвенную экосистему.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баматов И.М., Васильева Н.А., Владимиров А.А. и др. Влияние полимерной модификации комплексного удобрения на эффективность использования фосфора и калия озимой пшеницей на южном черноземе // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2022. № 113. С. 90–109. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-113-90-109.
2. Баматов И.М., Перевертин К.А., Абасов Ш.М., Хамурзаев С.М. Влияние биополимерной модификации минеральных удобрений на продуктивность зерна озимой пшеницы и основные элементы плодородия почвы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43.
3. Перевертин К.А., Баматов И.М. Адаптация земледелия России в современных условиях беспрецедентных вызовов (пример удобрений пролонгированного действия) // Воспроизводство плодородия почв и создание устойчивых агробиоценозов: Мат. Междунар. науч.-практ. конф. «110 лет длительному полевому стационарному опыту РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 30 июня 2022 года. Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 139–142.
4. Перевертин К.А. Баматов И.М., Белолубцев А.И. Перспективы практики применения оригинальных агрохимических препаратов пролонгированного действия для контроля популяций фитопаразитов // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2023. № 24. С. 365–369. DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.365-369.
5. Bamatov I.M., Arsanov M.M., Sapaev K.K. The obtainment process of biopolymer coated npk fertilizer and its comparison with analog on berry plants // Key Engineering Materials. 2021. Vol. 899 KEM. P. 361–367. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.899.361.
6. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Bamatov D.M. Development of the chemical reactor V-star for continuous flow reactions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Workshop “Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering MIP: Engineering. 2019, Krasnoyarsk, 4–6 апреля 2019 год / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 537. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 32020. DOI: 10.1088/1757-899X/537/3/032020. EDN: BYXYKO.
7. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Zanirov A.Kh. Influence of biopolymericmodification of mineral fertilizers on the productivity and quality of winter wheat grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 ноября 2019 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32023. DOI: 10.1088/1755-1315/421/3/032023. EDN: SBQOYM.
8. Brown M.P., Austin K. The New Physique (Publisher Name, Publisher City, 2005). PP. 25–30.
9. Smith C.D., Jones E.F. “Load-cycling in cubic press” in Shock Compression of Condensed Matter-2001, AIP Conference Proceedings 620, edited by M.D. Furnish et al. (AIP Publishing, Melville, NY, 2002). PP. 651–654.

REFERENCES

1. Bamatov I.M., Vasil'eva N.A., Vladimirov A.A. i dr. Vliyaniye polimernoy modifikatsii kompleksnogo udobreniya na effektivnost' ispol'zovaniya fosfora i kaliya ozimoy pshenicey na yuzhnom chernozeme // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2022. № 113. S. 90–109. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-113-90-109.
2. Bamatov I.M., Perevertin K.A., Abasov Sh.M., Hamurzaev S.M. Vliyaniye biopolimernoy modifikatsii mineral'nykh udobreniy na produktivnost' zerna ozimoy pshenicy i osnovnyye elementy plodorodiya pochvy // Vestnik Rossijskoj sel'skhozaystvennoj nauki. 2022. № 6. S. 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43.
3. Perevertin K.A., Bamatov I.M. Adaptatsiya zemlepol'zovaniya Rossii v sovremennykh usloviyakh besprecedentnykh vyzovov (primer udobreniy prolongirovannogo dejstviya) // Vospriizvodstvo plodorodiya pochv i sozdanie ustojchivyykh agrobiotsenozov: Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «110 let dlitel'nomu polevomu stacionarnomu opytu RGAU-MSHA imeni K.A. Timiryazeva», Moskva, 30 iyunya 2022 goda. Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2022. S. 139–142.
4. Perevertin K.A. Bamatov I.M., Belolyubcev A.I. Perspektivy praktiki primeneniya original'nykh agrokhimicheskikh preparatov prolongirovannogo dejstviya dlya kontrolya populyacij fitoparazitov // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. 2023. № 24. S. 365–369. DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.365-369.
5. Bamatov I.M., Arsanov M.M., Sapaev K.K. The obtainment process of biopolymer coated npk fertilizer and its comparison with analog on berry plants // Key Engineering Materials. 2021. Vol. 899 KEM. P. 361–367. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.899.361.
6. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Bamatov D.M. Development of the chemical reactor V-star for continuous flow reactions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Workshop “Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering MIP: Engineering. 2019, Krasnoyarsk, 4–6 aprelya 2019 god / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 537. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 32020. DOI: 10.1088/1757-899X/537/3/032020. EDN: BYXYKO.
7. Bamatov I.M. Rumyantsev E.V., Zanirov A.Kh. Influence of biopolymericmodification of mineral fertilizers on the productivity and quality of winter wheat grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 noyabrya 2019 goda / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32023. DOI: 10.1088/1755-1315/421/3/032023. EDN: SBQOYM.
8. Brown M.P., Austin K. The New Physique (Publisher Name, Publisher City, 2005). PP. 25–30.
9. Smith C.D., Jones E.F. “Load-cycling in cubic press” in Shock Compression of Condensed Matter-2001, AIP Conference Proceedings 620, edited by M.D. Furnish et al. (AIP Publishing, Melville, NY, 2002). PP. 651–654.

Поступила в редакцию 13.02.2024
Принята к публикации 27.02.2024