

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.176>**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЕТ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ**

Научная статья

Монастырский Д.^{1,*}, Куликова М.А.², Волчек А.³²ORCID : 0000-0003-4000-0040;^{1,2,3} Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (danya.monastyrskij.95[at]mail.ru)

Аннотация

Использование удобрений играет ключевую роль в повышении продуктивности сельского хозяйства, а гранулированные удобрения являются краеугольным камнем эффективного применения. В этой статье рассматриваются тонкости внесения гранулированных удобрений, подчеркивается важность правильного распределения для достижения оптимальных результатов. Кроме того, в статье рассказывается о преимуществах гранулированных удобрений, таких как равномерное распределение питательных веществ, снижение потерь и усовершенствованное управление дозировкой, что приводит к повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Однако такие проблемы, как агломерация, запыленность и влагопоглощение, требуют инновационных решений для оптимизации качества и производительности удобрений. Такие стратегии, как применение гидрофобных покрытий, показали многообещающие результаты в решении этих проблем при одновременном достижении целей устойчивого развития. В статье освещается появление удобрений с контролируемым высвобождением (УКВ), которые обеспечивают точную доставку питательных веществ с учетом потребностей сельскохозяйственных культур. УКВ, благодаря различным механизмам инкапсуляции, увеличивает доступность питательных веществ, тем самым повышая урожайность. Наконец, на основе результатов исследований даны рекомендации по использованию гранулированных органоминеральных удобрений (ГОУ) для повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: гранулированные удобрения, продуктивность сельского хозяйства, распределение, урожайность, агломерация, влагопоглощение, удобрения с контролируемым высвобождением (УКВ), органоминеральные удобрения (ГОУ), плодородие почвы.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION THROUGH THE EFFECTIVE USE OF GRANULAR FERTILIZERS

Research article

Monastyrskii D.^{1,*}, Kulikova M.A.², Volchek A.³²ORCID : 0000-0003-4000-0040;^{1,2,3} South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russian Federation

* Corresponding author (danya.monastyrskij.95[at]mail.ru)

Abstract

Fertilizer use plays a key role in increasing agricultural productivity, and granular fertilizers are the cornerstone of effective application. This article discusses the intricacies of granular fertilizer application, highlighting the importance of proper distribution for optimum results. In addition, the article highlights the benefits of granular fertilizers such as uniform nutrient distribution, reduced losses and improved dose management, resulting in improved crop yields and quality. However, challenges such as agglomeration, dustiness and moisture absorption require innovative solutions to optimize fertilizer quality and performance. Strategies such as the use of hydrophobic coatings have shown promise in addressing these challenges while achieving sustainable development goals. This article highlights the emergence of controlled-release fertilizers (CRFs), which provide precise nutrient delivery tailored to crop needs. CRFs, through various encapsulation mechanisms, increases nutrient availability, thereby improving crop yields. Finally, based on the results of the research, recommendations are made on the use of granular organomineral fertilizers (OMF) to increase soil fertility and crop yields.

Keywords: granular fertilizers, agricultural productivity, distribution, yield, agglomeration, moisture absorption, controlled-release fertilizers (CRF), organomineral fertilizers (OMF), soil fertility.

Введение

Применение гранулированных удобрений имеет несколько аспектов. Во-первых, это форма и размер – круглые или гранулированные, что делает их удобными в хранении, транспортировке и применении. Во-вторых, равномерность распределения питательных веществ по почве благодаря однородной структуре гранул. Третий аспект – их прочность, которая сохраняется при хранении и транспортировке, не разрушаясь на мелкие частицы. Гранулированные удобрения облегчают управление дозировкой благодаря определенному размеру гранул и однородной структуре. Они также имеют меньшие потери из-за испарения и смывания, что повышает их эффективность и экологическую приемлемость. Благодаря своей форме и структуре гранулированные удобрения обеспечивают удобство использования, что упрощает процесс удобрения и сокращает время работы с ними.

Проблемы, связанные с агломерацией удобрений (слеживанием), запыленностью, плохой сыпучестью и чрезмерным поглощением влаги, приводят к более высоким затратам на обработку для фермеров и к потенциальному неравномерному распределению и образованию пыли. Помимо распределения частиц по размерам, физические характеристики удобрений не отмечаются и не регулируются, в отличие от химического анализа удобрений. Поддерживать целостность гранул особенно сложно, учитывая, что время хранения удобрений варьирует от недель до многих месяцев. Следовательно, улучшение физического качества удобрений принесет существенные выгоды.

Одним из очевидных факторов, способствующих слеживанию, является количество влаги, присутствующей в гранулах, которое обычно производитель сводит к минимуму. Тем не менее наиболее серьезной проблемой является поглощение влаги продуктами во время циклических колебаний температуры и влажности в разных местах с разными сезонными условиями и условиями хранения.

Основное внимание уделяется увеличению гидрофобности покрытий гранул удобрений путем включения смол и высокомолекулярных соединений. Обнаружено, что путем окисления масел, таких как касторовое масло, вязкость может быть увеличена в 13 раз, создаётся возможность снижения содержания пыли в удобрениях и достижение более высокой влагостойкости. Разработка покрытий для замедления высвобождения питательных веществ из удобрений по экологическим и агрономическим причинам привела к созданию составов с улучшенными физическими свойствами. Тем не менее большинство удобрений должны содержать легкодоступные питательные вещества для растений, поэтому проблемы слеживания необходимо решать, не влияя на кинетику их высвобождения, чтобы обеспечить удовлетворение потребностей растений на ранних стадиях роста [1], [2].



Рисунок 1 - Эффективность внесения гранулированных удобрений

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.176.1>

Одной из особенностей современного сельского хозяйства является инвестирование научных и технологических результатов для повышения производительности, как количественного, так и качественного; и, следовательно, повысить экономическую эффективность сельского хозяйства. Основной целью сельскохозяйственных исследований в развитых странах, где высокоурожайные сорта используются с массовым применением сельскохозяйственных химикатов, таких как удобрения, является защита окружающей среды во время ведения сельского хозяйства. Век информации расширил возможности для интеграции технологического развития в различные приложения точного земледелия (ТЗ). ТЗ определяется как совокупность операций и инструментов для оценки потребностей сельского хозяйства и их применения точно в оптимальном месте и в лучшее время. Таким образом, его эффективно используют для повышения эффективности применения сельскохозяйственных химикатов путем адаптации норм внесения в соответствии с различными требованиями на разных участках поля.

Чтобы оценить продуктивность конкретного поля, необходимо изучить и осмыслить изменчивость характеристик почвы, влияющих на рост и здоровье растений. Понимание пространственной изменчивости различных свойств почвы на сельскохозяйственных полях является краеугольным камнем успешных практик и эффективных процессов принятия решений. Это также считается важной частью оптимизации методов управления сельским хозяйством и определения воздействия сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду. Внесение переменных норм (ПНВ), которое относится к внесению сельскохозяйственных ресурсов в зависимости от конкретного участка в соответствии с конкретными потребностями различных мест на сельскохозяйственных полях, считается основой ТЗ.

Карты различных характеристик почвы обычно являются средством, которое ПНВ использует для применения различных сельскохозяйственных ресурсов и методов, таких как сельскохозяйственные химикаты, поливная вода, семена и обработка почвы. По своей природе ПНВ может повысить эффективность использования ресурсов для оптимального производства сельскохозяйственных культур и экономической эффективности сельского хозяйства. С другой стороны, регулирование количества агрохимикатов, вносимых на сельскохозяйственные поля, может значительно снизить загрязнение окружающей среды, которое может быть вызвано чрезмерным использованием этих химикатов. ПНВ удобрений с учетом особенностей конкретного участка является одним из наиболее важных компонентов ТЗ, целью которого является повышение урожайности сельскохозяйственных культур, оптимизация экономической эффективности сельского хозяйства и защита окружающей среды [3].

Процессы трансформации азота (N) в органических удобрениях играют ключевую роль в обеспечении азотом сельскохозяйственных почв. Несмотря на значимость, динамика выделения N из гранулированных органических удобрений остается менее понятной по сравнению с порошкообразной формой. В эксперименте с внесением гранулированных и порошкообразных форм навозного компоста, смешанных с кукурузной соломой в концентрациях 5% и 15%, соответственно, и их инкубацией в почве в течение 105 дней, были выявлены различия в обороте минерализации-иммобилизации азота. Гранулы продемонстрировали более значительное выделение минерального азота после 45-го дня инкубации, при этом общее содержание минерального азота в почве было сопоставимым к концу периода. Модель структурного уравнения указала на существенные различия в микробной трансформации N между почвенными смесями с гранулами и порошкообразной формой. Из этого следует, что гранулированные органические удобрения могут задерживать высвобождение азота на месяц, что может снизить риск потери азота на ранних стадиях роста сельскохозяйственных культур и увеличить его поступление в период интенсивного роста. Таким образом, производство органических удобрений в форме гранул представляет перспективный метод согласования высвобождения азота с потребностями сельскохозяйственных культур, что способствует эффективному использованию азота и снижает негативное воздействие на окружающую среду [4].

Удобрения с контролируемым высвобождением (УКВ) представляют собой усовершенствованную форму удобрений, которые выделяют питательные вещества в почву контролируемым образом, что соответствует потребностям растущей культуры. Преимущество УКВ заключается в том, что он значительно задерживает или продлевает его доступность для потребления и использования растениями после применения. Это может происходить по разным механизмам, например, путем покрытия полупроницаемыми или непроницаемыми оболочками, белковыми материалами или другими химически разлагаемыми формами, путем медленного гидролиза водорастворимых низкомолекулярных соединений или путем окклюзии. Материал покрытия контролирует проникновение воды и доступность питательных веществ в формах, предпочитаемых растениями, и помогает максимизировать урожайность сельскохозяйственных культур [5].

Точное земледелие подразумевает точную настройку различных агрономических мер и оптимальное использование сельскохозяйственных ресурсов в каждом рабочем поле для устойчивого развития. Являясь важной частью точного земледелия, технология переменной нормы внесения предлагает эффективный способ защиты окружающей среды и увеличения экономической выгоды при ведении сельского хозяйства с использованием удобрений с учетом особенностей конкретного участка. Технология с переменной нормой внесения удобрений обеспечит экономическую выгоду в виде увеличения излишка денежных средств на гектар до 26% по сравнению с тем, что ферма должна была достичь в рамках плана сплошного внесения удобрений.

Использование УКВ для внесения удобрений стало обычной практикой, однако необходимо вносить правильное количество удобрений для достижения желаемого результата и уменьшения различий в уровнях питательных веществ на конкретных участках поля. Существует два типа внесения удобрений с переменной нормой: внесение удобрений на основе датчиков, которое основано на обратной связи от бортовых датчиков в реальном времени, и внесение удобрений на основе карты предписания, созданной на основе информации о росте сельскохозяйственных культур. ПНВ на основе датчиков требует много времени и средств из-за необходимости принятия решений в режиме реального времени, в то время как использование ПНВ на основе карт не включает эти датчики для мониторинга информации о почве и состоянии сельскохозяйственных культур в режиме реального времени [6].



Рисунок 2 - Факторы, влияющие на эффективность применения гранулированных удобрений

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.176.2>

Ежегодно в мире для повышения урожайности с.х. культур используются миллионы тонн минеральных удобрений (азотные, фосфорные, калийные, другие разновидности микроудобрений и известковые материалы). Это является

одним из наиболее значимых факторов, влияющих на плодородие почв и их продуктивность. Использование минеральных удобрений позволяет компенсировать вынос элементов питания с урожаем и обеспечивать повышение запасов в почвах фосфора и калия. Однако, массированное использование минеральных удобрений привело к ухудшению качества продуктов растениеводства, проникновению нитратов, хлоридов, сульфатов в грунтовые и поверхностные воды, повышению их содержания в колодезной воде, что вредно для людей и животных. Сложившаяся ситуация с неравномерным внесением дорогостоящих минеральных удобрений приводит к существенному снижению их эффективности и нарастанию экологических проблем. Назрела острая необходимость в разработке машин для внесения гранулированных минеральных удобрений, обеспечивающих не только равномерное внесение, но и дифференцированное их применение для сглаживания не равномерности питательных веществ в почве за счет использования пневматической системы группового дозирования с принципиально новыми распределителями семян горизонтального типа, способной обеспечить неравномерность высева различных удобрений при их дифференцированном внесении [7].

Внесение гранулированных удобрений с применением разбрасывающего устройства приводит к разнообразному распределению их по земле. Диапазон разброса, равномерность распределения удобрений и объем внесения оцениваются путем анализа характера распределения удобрений. Таким образом, оценивается правильность распределения гранулированных удобрений разбрасывателем, поскольку это помогает оптимизировать работу и откалибровать параметры для получения наилучшей схемы [8], [9], [10].

Основные результаты

Из представленных источников видно, что эффективность гранулированных удобрений в сельском хозяйстве подтверждается исследованиями. Гранулированные удобрения обладают рядом преимуществ, которые способствуют повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур. В частности, равномерное распределение питательных веществ в гранулах обеспечивает сбалансированное питание растений, а медленное высвобождение питательных веществ из гранул снижает их потери и вымывание. Это повышает эффективность использования удобрений. Коэффициент использования питательных веществ растениями достигает до 80-90%, что значительно выше, чем у простых минеральных удобрений. Улучшение физических и агрохимических свойств почвы достигается за счет органической составляющей гранулированных удобрений. Кроме того, гранулированная форма обеспечивает удобство транспортировки и внесения в почву. На основе представленных исследований можно выделить следующие преимущества: они обеспечивают равномерное распределение питательных веществ и улучшение физических и агрохимических свойств почвы, а также эффективно используются растениями, что делает их эффективным средством для повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур.

Перспективы развития и дальнейшего исследования гранулированных удобрений включают несколько аспектов. Во-первых, развитие инновационных технологий производства может повысить качество, эффективность и экологическую безопасность удобрений. Это означает разработку более эффективных методов грануляции, использование новых добавок и ингредиентов, а также оптимизацию структуры гранул. Во-вторых, использование нанотехнологий может улучшить свойства удобрений, например, повысить усвоение питательных веществ растениями и снизить потери из-за испарения и смывания. Третий аспект – учет индивидуальных потребностей растений, что может повысить урожайность и качество сельскохозяйственных культур. Далее, важно стремиться к экологической устойчивости удобрений и методов их применения, включая разработку биоразлагаемых форм, снижение выбросов вредных веществ и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. Наконец, интеграция гранулированных удобрений с другими агротехнологиями, такими, как умное земледелие, биотехнологии, может дополнительно увеличить их эффективность и внести существенный вклад в повышение продуктивности сельского хозяйства. Дальнейшие исследования в этих направлениях могут способствовать развитию более эффективных, экологически устойчивых и инновационных гранулированных удобрений, которые будут способствовать оптимизации сельского хозяйства и улучшению качества жизни.

Заключение

Эффективное использование удобрений имеет основополагающее значение для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, при этом гранулированные удобрения играют центральную роль в этом отношении. Правильные методы внесения, такие как использование разбрасывающих устройств, усовершенствование технологий нанесения покрытий, направлены на улучшение свойств удобрений, с акцентом на повышение гидрофобности и улучшение кинетики выделения питательных веществ. Кроме того, разработка удобрений с контролируемым высвобождением представляет собой многообещающий способ точного и эффективного удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в питательных веществах. Эффективность гранулированных удобрений в сельском хозяйстве подтверждается исследованиями, поскольку их многочисленные преимущества способствуют повышению плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур. Рекомендации по применению гранулированных органоминеральных удобрений подчеркивают их важность для достижения сбалансированного питания растений и улучшения свойств почвы. В дальнейшем непрерывные исследования и инновации в области технологий внесения удобрений необходимы для удовлетворения меняющихся потребностей современного сельского хозяйства и обеспечения устойчивого производства продуктов питания.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.176.3>**Conflict of Interest**

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.176.3>**Список литературы / References**

- Roslyn J. Baird. Hydrophobic coatings for granular fertilizers to improve physical handling and nutrient delivery / Roslyn J. Baird, Shervin Kabiri, Fien Degryse // Powder Technology. — Volume 424. — 15 June 2023, 118521
- Jiapeng Duan. Breakage simulations and experiments of granular fertilisers for optimizing a device of side-deep fertilisation by using the discrete element method / Jiapeng Duan, Dawei Liu, Fangping Xie // Biosystems Engineering. — Volume 238, February 2024. — P. 105-114
- Ahmed A. Alameen. Development and performance evaluation of a control system for variable rate granular fertilizer application / Ahmed A. Alameen, Khalid A. Al-Gaadi, ElKamil Tola // Computers and Electronics in Agriculture. — Volume 160, May 2019. — P. 31-39
- Xinyi Yang. Net nitrogen mineralization delay due to microbial regulation following the addition of granular organic fertilizer / Xinyi Yang, Guitong Li, Xiaohong Jia // Geoderma. — Volume 359. — 1 February 2020, 113994
- Vinaya Chandran. Chapter 5 - Methods for controlled release of fertilizers / Vinaya Chandran, Hitha shaji, Linu Mathew // Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture. — 2021. — P. 79-93
- Cancan Song. Variable-rate control system for UAV-based granular fertilizer spreader / Cancan Song, Zhiyan Zhou, Ying Zang // Computers and Electronics in Agriculture. — Volume 180. — January 2021, 105832
- Астахов В.С. Возможный качественный прорыв при дифференцированном внесении гранулированных минеральных удобрений / В.С. Астахов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. — 2019. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnyy-kachestvennyy-proryv-pri-differentsirovannom-vnesenii-granulirovannyh-mineralnyh-udobreniy> (дата обращения: 24.06.2024).
- Максимова Р.Б. Влияние гранулированных органических удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Р.Б. Максимова, С.А. Замятин, С.Г. Манишкин // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». — 2019. — №1 (17). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-granulirovannyh-organicheskikh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yarovoju-pshenitsy> (дата обращения: 24.06.2024).
- Сковородников П.В. Способы гранулирования органоминеральных удобрений / П.В. Сковородников, М.В. Черепанова // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. — 2017. — №3. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-granulirovaniya-organo-mineralnyh-udobreniy> (дата обращения: 24.06.2024).
- Hui Liu. A deep learning-based method for detecting granular fertilizer deposition distribution patterns in centrifugal variable-rate spreader fertilization / Hui Liu, Lin Wang, Yinyan Shi // Computers and Electronics in Agriculture. — Volume 212. — September 2023, 108107

Список литературы на английском языке / References in English

- Roslyn J. Baird. Hydrophobic coatings for granular fertilizers to improve physical handling and nutrient delivery / Roslyn J. Baird, Shervin Kabiri, Fien Degryse // Powder Technology. — Volume 424. — 15 June 2023, 118521
- Jiapeng Duan. Breakage simulations and experiments of granular fertilisers for optimizing a device of side-deep fertilisation by using the discrete element method / Jiapeng Duan, Dawei Liu, Fangping Xie // Biosystems Engineering. — Volume 238, February 2024. — P. 105-114
- Ahmed A. Alameen. Development and performance evaluation of a control system for variable rate granular fertilizer application / Ahmed A. Alameen, Khalid A. Al-Gaadi, ElKamil Tola // Computers and Electronics in Agriculture. — Volume 160, May 2019. — P. 31-39
- Xinyi Yang. Net nitrogen mineralization delay due to microbial regulation following the addition of granular organic fertilizer / Xinyi Yang, Guitong Li, Xiaohong Jia // Geoderma. — Volume 359. — 1 February 2020, 113994
- Vinaya Chandran. Chapter 5 - Methods for controlled release of fertilizers / Vinaya Chandran, Hitha shaji, Linu Mathew // Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture. — 2021. — P. 79-93
- Cancan Song. Variable-rate control system for UAV-based granular fertilizer spreader / Cancan Song, Zhiyan Zhou, Ying Zang // Computers and Electronics in Agriculture. — Volume 180. — January 2021, 105832
- Astahov V.S. Vozmozhnyj kachestvennyj proryv pri differencirovannom vnesenii granulirovannyh mineral'nyh udobrenij [A possible qualitative breakthrough with the differentiated application of granular mineral fertilizers] / V.S. Astahov // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy]. — 2019. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnyy-kachestvennyy-proryv-pri-differentsirovannom-vnesenii-granulirovannyh-mineralnyh-udobreniy> (accessed: 24.06.2024) [in Russian].
- Maksimova R.B. Vliyanie granulirovannyh organicheskikh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoju pshenicy [The effect of granular organic fertilizers on the yield and grain quality of spring wheat] / R.B. Maksimova, S.A. Zamyatin, S.G. Manishkin // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skohozyajstvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» [Bulletin of the Mari State University. The series "Agricultural Sciences". Economic Sciences]. — 2019. — №1 (17).

— URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-granulirovannyh-organicheskikh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-zerna-yarovoy-pshenitsy> (accessed: 24.06.2024) [in Russian].

9. Skovorodnikov P.V. Sposoby granulirovaniya organomineral'nyh udobrenij [Methods of granulation of organomineral fertilizers] / P.V. Skovorodnikov, M.V. Cherepanova // Vestnik PNIPU. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya [Bulletin of PNRPU. Chemical technology and biotechnology]. — 2017. — №3. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-granulirovaniya-organo-mineralnyh-udobreniy> (accessed: 24.06.2024) [in Russian].

10. Hui Liu. A deep learning-based method for detecting granular fertilizer deposition distribution patterns in centrifugal variable-rate spreader fertilization / Hui Liu, Lin Wang, Yinyan Shi // Computers and Electronics in Agriculture. — Volume 212. — September 2023, 108107