

**ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА/TECHNOLOGIES, MACHINES AND EQUIPMENT FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.1>

EDN: RCGVEG

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПОСЕВНЫХ АППАРАТОВ И ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

Садыхова М.Ш.^{1,*}¹ Гянджинский государственный университет, Гянджа, Азербайджан

* Корреспондирующий автор (nauchnayastatya80[at]cmail.com)

Предложена: 18.03.2026; Принята: 26.05.2026; Опубликовано: 19.10.2026

Аннотация

В статье проанализирована эволюция сеялок от механических систем к пневматическим, электронно-управляемым, GPS- и VRT-основанным технологиям точного земледелия, а также их влияние на эффективность сельскохозяйственного производства. Рассмотрены функциональные особенности современных высокоточных посевных систем и их роль в повышении точности посева, оптимизации использования ресурсов и росте урожайности. Особое внимание уделено технологии переменной нормы (VRT), интеграции GPS/GIS, датчиков и IoT, обеспечивающих адаптацию агротехнологий к пространственной неоднородности почвы. Показаны перспективы внедрения данных решений в условиях Азербайджана с учётом его почвенно-климатического разнообразия. Установлено, что развитие посевной техники способствует повышению продуктивности, экологической устойчивости и продовольственной безопасности аграрного сектора.

Ключевые слова: сеялка, точное земледелие, технология переменной нормы (VRT), GPS, IoT, продуктивность, аграрные инновации.

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF SOWING MACHINES AND THE FORMATION OF PRECISION FARMING SYSTEMS IN AGRICULTURE

Research article

Sadikhova M.S.^{1,*}¹ Ganja State University, Ganja, Azerbaijan

* Corresponding author (nauchnayastatya80[at]cmail.com)

Suggested: 18.03.2026; Accepted: 26.05.2026; Published: 19.10.2026

Abstract

The article analyses the evolution of seed drillers from mechanical systems to pneumatic, electronically controlled, GPS- and VRT-based precision farming technologies, as well as their impact on the efficiency of agricultural production. The functional traits of modern high-precision sowing systems and their role in improving sowing accuracy, optimising resource use and increasing crop yields are examined. Particular attention is paid to variable rate technology (VRT), GPS/GIS integration, sensors and the Internet of Things (IoT), which ensure the adaptation of agricultural technologies to spatial soil heterogeneity. The prospects for implementing these solutions in Azerbaijan, taking into account the country's soil and climatic diversity, are outlined. It has been established that the development of sowing technology contributes to increased productivity, environmental sustainability and food security in the agricultural sector.

Keywords: seed driller, precision farming, variable rate technology (VRT), GPS, IoT, productivity, agricultural innovation.

Введение

Одним из основных условий урожайности в сельском хозяйстве является правильное размещение семян в почве — на нужной глубине, с оптимальным расстоянием и в подходящее время. Даже небольшие технические ошибки в процессе посева могут привести к значительным потерям урожая. Поэтому посевные аппараты считаются стратегическим компонентом аграрного производства.

Развитие посевной техники связано с совершенствованием систем дозирования, внедрением электронного управления, датчиков и технологий точного земледелия. Дифференцированный высев позволяет адаптировать норму посева к неоднородности почвенных и агроэкологических условий, а цифровизация сельского хозяйства повышает эффективность принятия агротехнических решений [1], [4], [5], [10].

Цель этой статьи — систематизировать этапы технологического развития посевных аппаратов, оценить функциональное и экономическое влияние современных инноваций и определить направления их дальнейшего развития.

Методы и принципы исследования

В данной работе применялся комплексный исследовательский подход, включающий обзор литературы, анализ технических характеристик сеялок различных типов и оценку современных систем точного посева. Основное

внимание уделялось сравнению традиционных механических и пневматических сеялок с современными технологиями на базе GPS, Variable Rate Technology (VRT) и автономных решений, включая интеграцию с датчиками и IoT.

Исследование включало следующие этапы:

1. Анализ исторического развития посевной техники и этапов совершенствования конструкций механических и пневматических сеялок.
2. Изучение принципов работы современных моделей, таких как Amazone D9, включая их конструктивные элементы, рабочие параметры, нормы высева и особенности агрегатирования с тракторами.
3. Оценка технологий точного посева и переменной нормы, включая калибровку, контроль расстояния между семенами, глубину заделки и автоматическое регулирование дозирования.
4. Анализ преимуществ внедрения автономных систем, включая увеличение точности посева, снижение потерь семян, экономию ресурсов, улучшение равномерности развития растений и минимизацию экологической нагрузки.
5. Прогнозирование будущего развития посевных технологий с использованием искусственного интеллекта, дронов, облачных платформ и микродозированных систем.

Ограничением методологии является то, что оценка эффективности современных технологий основана на данных производителей, опубликованных исследованиях и технической документации, без проведения полевых экспериментов на конкретных хозяйствах.

Основная часть

Развитие посевных аппаратов отражает переход аграрных технологий от механических систем с фиксированными параметрами к адаптивным решениям, основанным на сенсорных данных и автоматизированном управлении. Современные исследования показывают, что эффективность посева повышается при согласовании нормы высева и глубины заделки семян с пространственной неоднородностью почвенных характеристик отдельных участков поля [1], [5].

Механические сеялки отличаются относительно простой конструкцией, однако системы с фиксированными настройками не всегда обеспечивают одинаковую глубину заделки семян при изменении механических свойств почвы. Пространственная изменчивость сопротивления почвы и колебания сошников могут приводить к отклонениям глубины посева и неравномерному появлению всходов [15]. В условиях неоднородных полей эти ограничения повышают значимость технологий контроля и автоматического регулирования параметров посева [10].

Пневматические системы дозирования семян используют воздушный поток для транспортировки или удержания семян и при соответствующей настройке могут обеспечивать высокую точность их размещения, в частности при посеве пропашных культур [3]. Вместе с тем точность работы таких систем зависит от конструктивных и эксплуатационных параметров, а отсутствие автоматического регулирования ограничивает возможность оперативной адаптации к изменяющимся условиям посева. Эффективность работы механических сеялок также зависит от качества подготовки, настройки и калибровки оборудования перед началом полевых работ [2].

Анализ технических характеристик механических сеялок на примере AMAZONE D9 показывает, что традиционные решения сохраняют практическую значимость благодаря простой конструкции и механическому дозированию семян. В зависимости от модификации рабочая ширина данной серии составляет 2,5–4,0 м. Для моделей D9-25/30 Special минимальная требуемая мощность трактора составляет 44 кВт (60 л. с.), а для D9-30/40 Super — 55 кВт (75 л. с.). Параметры междурядья зависят от конкретной модификации и комплектации посевного аппарата [12], [14].

Вместе с тем традиционные сеялки без систем дифференцированного управления не обеспечивают автоматической корректировки нормы высева с учётом пространственной неоднородности поля. Применение сенсорных данных, цифровых карт и технологий переменной нормы высева позволяет адаптировать параметры посева к изменяющимся почвенным условиям и оптимизировать размещение растений [1], [5].

Эффективность функционирования подобных систем в значительной степени определяется качеством их предварительной настройки и соблюдением условий эксплуатации. К числу критически важных параметров относятся точность калибровки нормы высева, корректная установка глубины заделки семян и согласование рабочих режимов с агрофизическими свойствами почвы. Даже незначительные отклонения в настройках могут приводить к снижению равномерности посева и ухудшению всхожести [12], [14].

Качество посева механическими сеялками зависит от квалификации оператора и условий эксплуатации, что повышает влияние человеческого фактора и ограничивает стандартизацию процесса. Поэтому дальнейшее развитие таких систем связано с интеграцией цифровых технологий управления.

Значительный прогресс обеспечивают системы точного посева, использующие датчики, интеллектуальный мониторинг и автоматическое управление. Они контролируют расстояние между семенами, глубину заделки и норму высева, корректируя параметры в реальном времени. Это повышает равномерность размещения растений, снижает конкуренцию за ресурсы и способствует более стабильной урожайности [5], [15].

Кроме того, системы точного посева позволяют учитывать пространственную неоднородность агроландшафта, адаптируя параметры работы оборудования к локальным изменениям почвенной структуры и влажности. Это обеспечивает более рациональное использование семенного материала и повышает общую эффективность агротехнологических операций.

Экономическая эффективность таких систем зависит от масштаба производства и технологической оснащённости хозяйства. Крупные агропредприятия получают выгоду за счёт рационального использования ресурсов и повышения урожайности, тогда как малые и средние хозяйства сталкиваются с высокими первоначальными затратами, потребностью в квалифицированном обслуживании и ограниченной ИТ-инфраструктурой. Это обуславливает неравномерное внедрение технологий точного земледелия.

Технологии точного посева обеспечивают комплексное совершенствование агротехнологических процессов за счёт оптимизации использования почвенно-водных ресурсов. Их применение способствует более равномерному развитию растений, снижению внутривидовой конкуренции и уменьшению риска распространения болезней, связанных с загущением посевов. Одновременно достигается рационализация затрат на семенной материал, удобрения и средства защиты растений, что в целом приводит к росту урожайности и экономической отдачи агропроизводства [1], [13], [16]. Дополнительным эффектом является снижение экологической нагрузки за счёт более точного и дозированного внесения агрохимикатов.

Перспективы развития посевных технологий связаны с дальнейшей интеграцией искусственного интеллекта, сенсорных систем мониторинга почвы и растений, беспилотных летательных аппаратов и полностью автоматизированных посевных комплексов [1], [5]. Ожидается переход к более гибким и адаптивным моделям управления агротехнологическими процессами, основанным на обработке данных в реальном времени, что позволит оптимизировать использование трудовых и материальных ресурсов, а также повысить стабильность агропроизводственных результатов в различных почвенно-климатических условиях [13], [16].

Технология переменной нормы (Variable Rate Technology, VRT) представляет собой один из ключевых уровней развития концепции точного земледелия, ориентированный на пространственно-дифференцированное управление посевом. Её функционирование основано на интеграции данных почвенного картирования, сенсорных измерений и спутниковых навигационных систем, что позволяет адаптировать агротехнические воздействия к внутри-полевой неоднородности [4]. Такая пространственная детализация операций обеспечивает более точное распределение семян и внесение ресурсов в соответствии с локальными характеристиками агроэкосистемы, снижая их нерациональное использование. Вместе с тем практическая реализация VRT ограничивается зависимостью от точности исходных данных, разрешающей способности геоинформационных моделей и устойчивости алгоритмов обработки, что определяет её чувствительность к уровню информационно-технологической инфраструктуры хозяйства [4], [6].

Для обобщённой оценки эффективности посевных систем проведено сравнение механических, пневматических и систем точного посева по ключевым агротехническим и эксплуатационным показателям. Анализ позволяет оценить точность распределения семян, ресурсосбережение и адаптивность технологий к неоднородным агроландшафтам на основе литературных источников.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика различных типов посевных систем по литературным данным

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.1.1>

Показатель	Механические сеялки	Пневматические сеялки	Системы точного посева (GPS/GNSS, VRT, датчики, IoT)
Равномерность распределения семян	Зависит от конструкции высевающего аппарата, калибровки, скорости и состояния механических элементов	Зависит от конструкции дозатора, воздушного потока, характеристик семян и рабочей скорости	Может повышаться за счёт точного дозирования, мониторинга и автоматического управления [7], [8], [9]
Коэффициент вариации межсеменного расстояния	Определяется экспериментально; зависит от конструкции и условий работы	Определяется экспериментально; зависит от дозатора, культуры и режимов работы	Зависит от точности высевающего аппарата, алгоритмов управления и условий испытаний; универсального диапазона нет [7], [8], [9]
Пропуски и двойной высев	Возможны при нарушении дозирования, износе деталей и изменении скорости	Зависят от работы дозатора, воздушной системы и характеристик семян	Могут выявляться датчиками; автоматическое устранение возможно только при наличии соответствующей функции управления [8], [9]
Расход семян	Задаётся настройкой нормы высева и зависит от точности дозирования	Определяется настройкой дозатора и рабочими параметрами системы	Может оптимизироваться с помощью дифференцированной нормы высева с учётом неоднородности поля [1], [5]
Влияние на урожайность	Зависит от равномерности	Зависит от качества дозирования и	Потенциально положительное при

Показатель	Механические сеялки	Пневматические сеялки	Системы точного посева (GPS/GNSS, VRT, датчики, IoT)
	размещения растений, нормы высева и условий выращивания	агротехнических условий	обоснованной адаптации нормы высева и улучшении равномерности размещения растений [1], [7]
Адаптация к неоднородности поля	Ограничена без автоматического регулирования нормы высева	Возможна при оснащении системой переменной нормы высева	Поддерживается картами-заданиями, сенсорными данными и автоматическим регулированием [1], [5]
Использование датчиков и цифровых карт	Не является обязательным	Не является обязательным	Может включать GNSS, датчики, цифровые карты и электронные системы управления [5], [8], [9]
Основные ограничения	Настройка механизма, износ деталей, зависимость от скорости и состояния почвы	Настройка дозатора, параметры воздушного потока, характеристики семян и скорость	Стоимость оборудования, качество исходных данных, настройка алгоритмов и совместимость компонентов [5], [10]

Перспективным направлением является внедрение автономных и роботизированных систем посева на основе IoT, объединяющих датчики, исполнительные механизмы и вычислительные узлы. Они используют сенсоры влажности и температуры почвы, положения и скорости агрегатов, а также оптический контроль высева. Передача данных осуществляется через LoRaWAN, Zigbee и мобильные сети 4G/5G, а их обработка и управление посевом обеспечиваются облачными платформами и агроаналитическими системами в режиме реального времени.

Современные посевные системы обеспечивают автоматизацию регулирования нормы высева, глубины заделки семян и движения техники. Применение датчиков, навигации и алгоритмов управления повышает точность посева и позволяет адаптировать его параметры к условиям поля [1], [5], [8]. Однако эффективность таких технологий зависит от характеристик оборудования, качества данных, инвестиционных затрат и наличия цифровой инфраструктуры, что определяет их экономическую целесообразность для хозяйств разного масштаба [10], [16].

Внедрение технологий точного посева представляет интерес для сельского хозяйства Азербайджана, где почвенно-климатические условия различаются по регионам. В Миль-Аранском и Карабахском кадастровом регионе распространены различные типы почв, значительные площади используются для орошаемого земледелия, а отдельные участки подвержены засолению и эрозии [11]. Эти особенности необходимо учитывать при выборе норм высева и параметров работы посевной техники. Однако их распространение сдерживается высокой стоимостью оборудования, нехваткой квалифицированных специалистов и недостаточным развитием ИКТ-инфраструктуры в отдельных регионах.

Заключение

Проведённое исследование позволило систематизировать этапы эволюции посевных аппаратов и установить закономерный переход от механических систем к цифровым и адаптивным технологиям управления посевом. Показано, что развитие отрасли определяется не столько совершенствованием отдельных конструктивных элементов, сколько интеграцией информационно-измерительных и управляющих систем.

Установлено, что наибольший агротехнический и ресурсный эффект достигается при применении технологий точного посева и переменной нормы высева, обеспечивающих адаптацию параметров посева к пространственной неоднородности поля. Это формирует основу для стабилизации урожайности и более рационального использования производственных ресурсов.

Дальнейшее развитие посевных технологий связано с углублением трансформации аграрного сектора, включая внедрение интеллектуальных систем управления, автономных машин и интеграцию данных дистанционного и сенсорного мониторинга. При этом ключевыми ограничивающими факторами остаются экономические и инфраструктурные условия внедрения.

В целом, развитие посевных процессов рассматривается как одно из ключевых направлений повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства, особенно в странах с выраженной агроэкологической неоднородностью, включая Азербайджан.

**Конфликт интересов**

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Journal of Agriculture and Environment.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.1.2>**Conflict of Interest**

None declared.

Review

Community of Reviewers of the Journal of Agriculture and Environment.

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.74.1.2>**Список литературы / References**

1. Šarauskis E. Variable Rate Seeding in Precision Agriculture: Recent Advances and Future Perspectives / E. Šarauskis, M. Kazlauskas, V. Naujokienė [et al.] // *Agriculture*. — 2022. — № 12 (2). — P. 305. — DOI: 10.3390/agriculture12020305.
2. Baxter L. Preparing and Calibrating a No-Till or Conventional Drill for Establishing Forage or Cover Crops. University of Georgia Cooperative Extension / L. Baxter, B. Maddy // *Bulletin 1510*. — 2022. — URL: <https://fieldreport.caes.uga.edu/publications/B1510/preparing-and-calibrating-a-drill-for-establishing-forage/> (accessed: 17.02.2026)
3. Singh R.C. Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds / R.C. Singh, G. Singh, D.C. Saraswat // *Biosystems Engineering*. — 2005. — Vol. 92. — № 4. — P. 429–438. — DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2005.07.002.
4. Ali A. Broad Scope of Site-Specific Crop Management and Specific Role of Remote Sensing Technologies Within It: A Review / A. Ali, M.U. Hassan, H.-P. Kaul // *Journal of Agronomy and Crop Science*. — 2024. — № 210(4). — Art. e12732. — DOI: 10.1111/jac.12732
5. Munaf M.A. Site-specific seeding using multi-sensor and data fusion techniques: A review / M.A. Munaf, G. Haesaert, M. Van Meirvenne [et al.] // *Advances in Agronomy* / Ed. by D.L. Sparks. — Academic Press (Elsevier), 2020. — Vol. 161. — P. 241–323. — DOI: 10.1016/bs.agron.2019.08.001.
6. Truter K.J. Decision-making factors for variable rate application of seed and fertilizer in precision agriculture systems: A review / K.J. Truter, M. Delport, F. Meyer [et al.] // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. — 2026. — № 12(1). — Art. e70108. — DOI: 10.1002/cft2.70108.
7. McDonald G.K. Responses to precision planting in canola and grain legume crops / G.K. McDonald, D. Minkey, J. Desbiolles [et al.] // *Field Crops Research*. — 2024. — № 315. — Art. 109451. — DOI: 10.1016/j.fcr.2024.109451
8. Virk S.S. Row-crop planter performance to support variable-rate seeding of maize / S.S. Virk, J.P. Fulton, W.M. Porter [et al.] // *Precision Agriculture*. — 2020. — № 21. — P. 603–619. — DOI: 10.1007/s11119-019-09685-3.
9. Pareek C.M. A mechatronic seed metering control system for improving sowing uniformity of planters / C.M. Pareek, V.K. Tewari, B. Nare // *Journal of Engineering Research*. — 2025. — № 13(2). — P. 808–819. — DOI: 10.1016/j.jer.2023.10.041.
10. Basso B. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems / B. Basso, J. Antle // *Nature Sustainability*. — 2020. — Vol. 3. — № 4. — P. 254–256. — DOI: 10.1038/s41893-020-0510-0.
11. Мәснүнлу Мусабәйли К.Х. Мил-Аран Қарабағ кадастр районунда торпақ еhtiyatlarından istifadənin vəziyyəti / К.Х. Мәснүнлу Мусабәйли // *Тәбиәт və Elm*. — 2021. — Cild 3. — № 6. — S. 24–29. — DOI: 10.36719/2707-1146/11/24-29.
12. D9 mounted seed drill: Technical data. Official product documentation / Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG. — URL: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/agricultural-technology/seeding/conventional-seed-drills/d9-mounted-seed-drill-54546/54482-54482> (accessed: 17.02.2026)
13. Finger R. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment / R. Finger, S.M. Swinton, N. El Benni [et al.] // *Annual Review of Resource Economics*. — 2029. — № 11. — P. 313–335. — DOI: 10.1146/annurev-resource-100518-093929.
14. D9 Operating Manual: D9-25 Special, D9-30 Special, D9-30 Super, D9-40 Super. Document No. BAH0007.3, MG3883 / Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG. — 2010. — URL: <https://downloadcenter.amazone.de/file/view/inford/16841> (accessed: 17.02.2026)
15. Kirkegaard Nielsen S. Seed drill depth control system for precision seeding / S. Kirkegaard Nielsen, L.J. Munkholm, M. Lamandé [et al.] // *Computers and Electronics in Agriculture*. — 2018. — Vol. 144. — P. 174–180. — DOI: 10.1016/j.compag.2017.12.008.
16. Kovács E. Economic Aspects of Precision Crop Production: A Systematic Literature Review / E. Kovács, L. Szöllösi // *Agriculture*. — 2026. — № 16(7). — Art.820. — DOI: 10.3390/agriculture16070820.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Šarauskis E. Variable Rate Seeding in Precision Agriculture: Recent Advances and Future Perspectives / E. Šarauskis, M. Kazlauskas, V. Naujokienė [et al.] // *Agriculture*. — 2022. — № 12 (2). — P. 305. — DOI: 10.3390/agriculture12020305.
2. Baxter L. Preparing and Calibrating a No-Till or Conventional Drill for Establishing Forage or Cover Crops. University of Georgia Cooperative Extension / L. Baxter, B. Maddy // *Bulletin 1510*. — 2022. — URL: <https://fieldreport.caes.uga.edu/publications/B1510/preparing-and-calibrating-a-drill-for-establishing-forage/> (accessed: 17.02.2026)
3. Singh R.C. Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds / R.C. Singh, G. Singh, D.C. Saraswat // *Biosystems Engineering*. — 2005. — Vol. 92. — № 4. — P. 429–438. — DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2005.07.002.



4. Ali A. Broad Scope of Site-Specific Crop Management and Specific Role of Remote Sensing Technologies Within It: A Review / A. Ali, M.U. Hassan, H.-P. Kaul // *Journal of Agronomy and Crop Science*. — 2024. — № 210(4). — Art. e12732. — DOI: 10.1111/jac.12732
5. Munna M.A. Site-specific seeding using multi-sensor and data fusion techniques: A review / M.A. Munna, G. Haesaert, M. Van Meirvenne [et al.] // *Advances in Agronomy* / Ed. by D.L. Sparks. — Academic Press (Elsevier), 2020. — Vol. 161. — P. 241–323. — DOI: 10.1016/bs.agron.2019.08.001.
6. Truter K.J. Decision-making factors for variable rate application of seed and fertilizer in precision agriculture systems: A review / K.J. Truter, M. Delpont, F. Meyer [et al.] // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. — 2026. — № 12(1). — Art. e70108. — DOI: 10.1002/cft2.70108.
7. McDonald G.K. Responses to precision planting in canola and grain legume crops / G.K. McDonald, D. Minkey, J. Desbiolles [et al.] // *Field Crops Research*. — 2024. — № 315. — Art. 109451. — DOI: 10.1016/j.fcr.2024.109451
8. Virk S.S. Row-crop planter performance to support variable-rate seeding of maize / S.S. Virk, J.P. Fulton, W.M. Porter [et al.] // *Precision Agriculture*. — 2020. — № 21. — P. 603–619. — DOI: 10.1007/s11119-019-09685-3.
9. Pareek C.M. A mechatronic seed metering control system for improving sowing uniformity of planters / C.M. Pareek, V.K. Tewari, B. Nare // *Journal of Engineering Research*. — 2025. — № 13(2). — P. 808–819. — DOI: 10.1016/j.jer.2023.10.041.
10. Basso B. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems / B. Basso, J. Antle // *Nature Sustainability*. — 2020. — Vol. 3. — № 4. — P. 254–256. — DOI: 10.1038/s41893-020-0510-0.
11. Məcnunlu Musabəyli K.X. Mil-Aran Qarabağ kadastr rayonunda torpaq ehtiyatlarından istifadənin vəziyyəti [State of use of land resources in Mil-Aran Karabakh Cadastral district] / K.X. Məcnunlu Musabəyli // *Təbiət və Elm* [Nature and Science]. — 2021. — Vol. 3. — № 6. — P. 24–29. — DOI: 10.36719/2707-1146/11/24-29.
12. D9 mounted seed drill: Technical data. Official product documentation / Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG. — URL: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/agricultural-technology/seeding/conventional-seed-drills/d9-mounted-seed-drill-54546/54482-54482> (accessed: 17.02.2026)
13. Finger R. Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment / R. Finger, S.M. Swinton, N. El Benni [et al.] // *Annual Review of Resource Economics*. — 2029. — № 11. — P. 313–335. — DOI: 10.1146/annurev-resource-100518-093929.
14. D9 Operating Manual: D9-25 Special, D9-30 Special, D9-30 Super, D9-40 Super. Document No. BAH0007.3, MG3883 / Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG. — 2010 — URL: <https://downloadcenter.amazone.de/file/view/info/16841> (accessed: 17.02.2026)
15. Kirkegaard Nielsen S. Seed drill depth control system for precision seeding / S. Kirkegaard Nielsen, L.J. Munkholm, M. Lamandé [et al.] // *Computers and Electronics in Agriculture*. — 2018. — Vol. 144. — P. 174–180. — DOI: 10.1016/j.compag.2017.12.008.
16. Kovács E. Economic Aspects of Precision Crop Production: A Systematic Literature Review / E. Kovács, L. Szöllősi // *Agriculture*. — 2026. — № 16(7). — Art.820. — DOI: 10.3390/agriculture16070820.