УДК 635.64:542.06 *DOI 10.52578/2305-9397-2025-4-3-150-158*
МРНТИ 34.31.31

Сейтханова К.К., магистр сельскохозяйственных наук, **основной автор,** https://orcid.org/0009-0005-9767-6510
НАО «Университет Торайгырова», ул. Ломова, 64, Павлодар, Казахстан, 140008, seyt.k@inbox.ru
Аникина И.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, https://orcid.org/0000-0002-9535-5909
НАО «Университет Торайгырова», ул. Ломова, 64, Павлодар, Казахстан, 140008 anikina.i@mail.ru

Seithanova K.K., Master of Agricultural Sciences, **the main author**, https://orcid.org/0009-0005-9767-6510
NJSC «Toraygyrov University», 64 Lomov Street, Pavlodar, Kazakhstan, 140008 seyt.k@inbox.ru
Anikina I.N., Candidate of Agricultural Sciences, https://orcid.org/0000-0002-9535-5909
NJSC «Toraygyrov University», 64 Lomov Street, Pavlodar, Kazakhstan, 140008, anikina.i@mail.ru

БИОСИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ СЕМЯН ТОМАТА
BIOSYNTHESIS OF IRON NANOPARTICLES AND THEIR EFFECT ON TOMATO SEED DEVELOPMENT

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлено исследование влияния полученных зеленым синтезом наночастиц железа с использованием экстракта полыни горькой (Artemisia absinthium) на ростовые показатели семян томата. Нанопрепараты на основе металлов и их оксидов имеют большие перспективы для экологически устойчивого сельского хозяйства в качестве альтернативы химическим пестицидам. Маленькие размеры наночастиц и их высокая реакционная способность широкие перспективы для использования их в растениеводстве. Согласно мнению многих экспертов, зеленый синтеза наночастиц металлов и оксидов металлов с использованием растительных экстрактов имеет существенные преимущества, он экономичен и экологичен.

Растения содержат большое количество биологически активных веществ, необходимых для восстановления и стабилизации ионов металлов, в результате чего биосинтез наночастиц проходит быстрее и наночастицы, полученные с помощью растительных субстанций отличаются большей стабильностью, а также имеют высокую биосовместимость. Экстракт полыни выступил эффективным источником восстановителей и стабилизаторов для биологического синтеза наночастиц железа, были получены в основном квазисферические наночастицы с размером 59,4 нм в среднем. В ходе эксперимента были полученны результаты свидетельствующие о положительном влиянии как водного экстракта полыни на ростовые показатели семян томата, так и препарата содержащего наночастицы железа, увеличение длины пророста составило 16% и 13% соответственно. Обработка препаратом с содержанием наночастиц вызывала дополнительный стимулирующий эффект на формирование корневых проростков, что повышает ростовой потенциал обработанных семян и свидетельствует о преимуществах данного препарата в качестве стимулятора роста.

ANNOTATION

This article presents a study of the effect of iron nanoparticles obtained by green synthesis using wormwood extract (Artemisia absinthium) on the growth parameters of tomato seeds. Nanopreparations based on metals and their oxides have great potential for environmentally sustainable agriculture as an alternative to chemical pesticides. The small size of nanoparticles and their high reactivity offer broad prospects for their use in plant cultivation. According to many experts, the green synthesis of metal nanoparticles and metal oxides using plant extracts has significant advantages, as it is economical and environmentally friendly.

Plants contain a large amount of biologically active substances necessary for the reduction and stabilization of metal ions, as a result of which the biosynthesis of nanoparticles proceeds faster and nanoparticles obtained using plant substances are more stable and have high biocompatibility. Wormwood extract proved to be an effective source of reducing agents and stabilizers for the biological synthesis of iron nanoparticles, with mainly quasi-spherical nanoparticles with an average size of 59.4 nm being obtained. The experiment yielded results indicating the positive effect of both wormwood water extract and

the iron nanoparticle preparation on tomato seed growth parameters, with sprout length increasing by 16% and 13%, respectively. Treatment with the nanoparticle-containing preparation had an additional stimulating effect on root sprout formation, which increases the growth potential of the treated seeds and demonstrates the advantages of this preparation as a growth stimulator.

Ключевые слова: *зеленый синтез, наночастицы железа, всхожесть, энергия роста, растениеводство.*

Key words: *green synthesis, iron nanoparticles, germination, growth energy, plant cultivation.*

Введение. В стратегии «Казахстан-2050» обозначено стремление Казахстана занять достойное место на рынке экологически чистых продуктов, в связи с этим необходимы определенные меры по повышению экологизации отечественного сельского хозяйства [1]. К числу основных отрицательных факторов растениеводства, вызывающих загрязнение продукции, почв и подземных вод, относится мероприятия по защите растений [2]. Для прогрессирующего и устойчивого развития мировое сельское хозяйство полагается на применение различных агрохимикатов с целью повышения урожайности и борьбы с фитопатогенами. Это позволяет избежать больших экономических потерь и проблем с продовольственной безопасностью. Но широко применяемые в сельскохозяйственной практике удобрения, регуляторы роста, бактерицидные, фунгицидные, инсектицидные химические вещества обладают экотоксическими эффектами, способны проникать в пищевые цепочки и накапливаться в организме человека и животных и способствуют развитию устойчивости у фитопатогенов.

В качестве альтернативы химическим пестицидам большие перспективы для экологически устойчивого сельского хозяйства имеют нанопрепараты на основе оксидов металлов [3,4]. Они в многочисленных исследованиях показали свою эффективность в качестве наноудобрений, нанопестицидов. Маленькие размеры наночастиц и их высокая реакционная способность обусловила их высокую биоцидную активность, что открывает широкие перспективы для использования их в защите растений. Особенности транспорта наночастиц в растительном организме способствуют оптимизации их доставки и точечному высвобождению, что повышает эффективность их использования и снижает риски негативного воздействия на экосистемы, в связи, с чем исследования в направлении использования их для защиты растений представляет большой практический интерес

Вместе с ростом интереса к использованию наночастиц в сельском хозяйстве и пищевой промышленности растет и озабоченность общественности в отношении безопасности их применения. Большая площадь поверхности нанопестицидов и малые размеры частиц обуславливают риски непреднамеренных экотоксикологических эффектов, так как они взаимодействуют не только с целевыми, но и нецелевыми видами и окружающей средой [5,6].

По ряду научных исследований становится ясно, что преимуществом использования наночастиц металлов в растениеводстве являются сокращение использования химикатов, воды, улучшение усвоения при внесении удобрений, повышение урожайности за счет борьбы с вредителями [7,8]. Однако, учитывая потенциальные преимущества нанотехнологий на сегодняшний день, их применимость еще не достигла масштабных полевых условий. Растущая обеспокоенность по поводу абсорбции, транслокации, биодоступности, токсичности наночастиц и несоответствия нормативной базы ограничивают полное признание и склонность сельскохозяйственного сектора к внедрению нанотехнологий [9].

Многие исследователи отмечают преимущества зеленого синтеза наночастиц металлов и их оксидов с применением растительных экстрактов перед использованием микроорганизмов в качестве восстановителей. Этот подход экономичнее, поскольку исключает необходимость культивирования клеточных культур, а также минимизирует риск утраты синтетической способности из-за мутаций у микроорганизмов со временем [10,11,12].

Растительные экстракты богаты биологически активными соединениями (аминокислотами, витаминами, функциональными пептидами, макро- и микроэлементами, эфирными маслами, белками), обеспечивающими эффективную редукцию и стабилизацию ионов металлов. Благодаря этому биосинтез наночастиц ускоряется, а получаемые продукты характеризуются повышенной стабильностью, устойчивостью к агрегации и седиментации, а также превосходной биосовместимостью [14, 15,16].

При этом потенциал для синтеза наночастиц металлов у разных растений отличается. Например, в исследованиях Zayed M.F. И др. был изучен потенциал нескольких растений в качестве

восстанавливающих и стабилизирующих агентов в отношении синтеза наночастиц серебра, были изучены свёкла, стручковый перец, мальва мелкоцветковая, лук-порéй и укроп. Было выявлено, что наибольшую эффективность проявило растение мальва мелкоцветковая [17].

Veisi H. и соавт. (2021) синтезировали наночастицы CuO экстрактом *Stachys lavandulifolia*, получив сферические НЧ размером 20-35 нм [17–19]. Такая морфология объясняется эффективным восстановлением ионов меди фитокомпонентами растения. Однако необходима индивидуальная оптимизация условий синтеза для различных систем.

Целью данной работы является изучение влияния полученных зеленым синтезом наночастиц железа с использованием экстракта *Artemisia absinthium* на ростовые показатели семян томата.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования выступали водный экстракт полыни Artemisia absinthium, собранной в лесостепной зоне Павлодарской области в августе 2024г. Наземную часть растений собирали и промывали в проточной воде, затем в дистиллированной, сушили в сухом затененном помещении.

В качестве предшественника наночастиц железа использовался 0,1М раствор трехвалентного хлорида железа.

Методы зеленого синтеза наночастиц металлов изучались по работам зарубежных ученых (статьи авторов из Европы, Пакистана, Индии и России) поиск и обзор данных осуществлялся в таких поисковых базах данных, как Google scholar и веб-сайт Американского химического общества (pubs.acs.org) и веб-сайт принадлежащий издательскому дому Elsevier (www.sciencedirect.com), в течение последних 15 лет. Все методы синтеза были тщательно изучены и выполнены с учетом наших лабораторных условий.

К полученному экстракту добавляли раствор соли в соотношении 9 мл экстракта: 1 мл соли. Полученный раствор сразу же начинал менять цвет с желто-коричневого на черный.

Морфология и размеры полученных наночастиц железа изучались методом электронной микроскопии на сканирующем зондовом микроскопе MIRA 3 LMU (Tescan)(CzechRepublic), УФ-спектрофотометре Avantes AvalLight-DHc, элементарный состав полученного раствора исследовался с помощью рентгеновской спектроскопии («Научный центр нанотехнологий и функциональных наноматериалов» НАО Букетов университет, г. Караганда).

Энергию прорастания и всхожесть семян томата определяли согласно ГОСТу 1238-84 (Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Издание официальное 2011) в климат камере, на фильтровальной бумаге при температуре 20-25ºС, при 16часовом освещении [12].

Семена томата были приобретены в магазине «Биосад» (г. Павлодар). Семена промывали в водном 0,1% растворе перманганата калия, переносили в чашки Петри на фильтровальную бумагу, замачивали как контроль 100 семян в чистой воде, 100 семян в растворе *Artemisia absinthium*, и *Artemisia absinthium* + наночастицы железа, в соотношении 1мг на 100 мл экстракта.

Результаты и обсуждение Эксперимент проводился в лаборатории на семенах томата. Приготовление растительного экстракта:

– Высушенную траву *Artemisia absinthium* измельчили в мелкий порошок с помощью ступки и пестика.

– Порошок смешивали с дистиллированной водой в соотношении 10 г порошка *Artemisia absinthium* на 100 мл воды. Смесь нагревали на горячей плите при 80 °C в течение 30 минут. После охлаждения до комнатной температуры экстракт отфильтровывали через фильтровальную бумагу

Синтез наночастиц железа:

– 9 мл отфильрованного экстракта полыни смешивали с 1 мл 0,1 М раствора хлористого железа. Реакционная смесь помещалась на ночь в сухожаровую печь при температуре 80 °C. Далее, смесь центрифугировалась при 4000 об/мин, в течение 20 минут.

– Осадок промывали дважды этанолом и дважды дистиллированной водой поочередно.

– Окончательный осадок сушили в печи при 60°C в течение ночи. Полученные наночастицы, согласно данным электронного микроскопирования, в среднем составляют 59,4 нм, морфология – квазисферическая, что является оптимальным (рис.1).

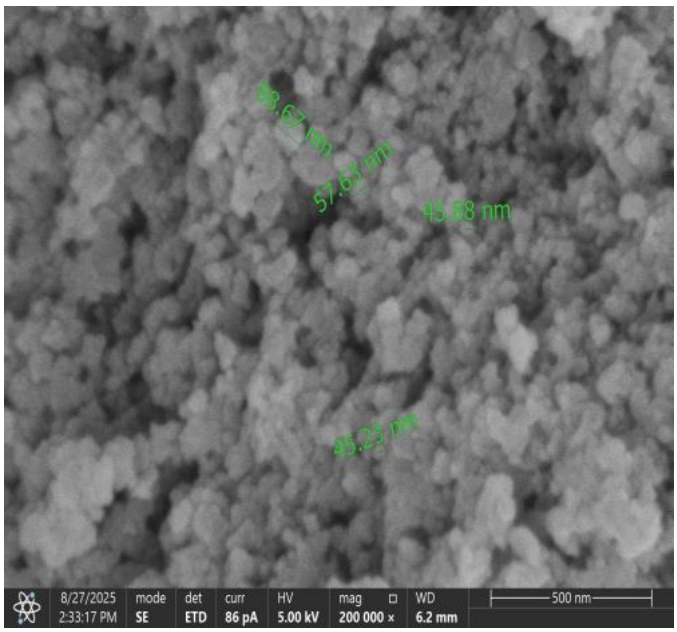

Рисунок 1 – Наночастицы железа на сканирующем электронном микроскопе

Семена томата промывали в водном 0,1% растворе перманганата калия, переносили в чашки Петри на фильтровальную бумагу, замачивали как контроль 100 семян в чистой воде, 100 семян в растворе полыни горькой, и *Artemisia absinthium* + наночастицы железа, и проращивали в климат камере при температуре 25 ºС, с освещением 16 часов в сутки.

В данном эксперименте изучалось влияние экстракта полыни и наночастиц железа на энергию прорастания и всхожесть семян томата.

Энергия прорастания семян томатов согласно ГОСТ 1238-84 расчитывается через 5 суток после высадки, а всхожесть на 10 сутки. Энергия прорастания – это показатель, отражающий способность семян быстро и дружно прорастать в начальный период проращивания. Согласно ГОСТ 12038-84, она определяется как процент нормально проросших семян к установленному сроку (обычно на 3-5-й день) от общего количества семян, взятых для анализа.

Всхожесть – это процент всех проросших семян в определенном ГОСТ времени (для каждой культуры свое время), независимо от скорости, к общему количеству посеянных [12].

Данные эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние растительного экстракта на энергию прорастания и всхожесть томата

Вариант	Энергия прорастания	Всхожесть
	%	
Контроль (вода)	48	84,7
Экстракт полыни	70	92,0
Экстракт полыни +НчFe	64	85,7

Данные таблицы 1, показывают, что наибольшую всхожесть (92,0%) и энергию прорастания (70%) показали семена, обработанные 10% водным экстрактом *Artemisia absinthium*.

– Обработка экстрактом полыни с наночастицами железа также дала высокие показатели (85,7% всхожесть, 64% энергия), незначительно уступая чистому экстракту.

– Контрольный вариант (вода) продемонстрировал наименьшие значения (84,7% всхожесть, 48% энергия). Что свидетельствует о положительном влиянии экстракта полыни на показатели всхожести и энергии роста семян. Наглядно эффективное влияние экстракта полыни и наночастиц железа можно увидеть на графическом рисунке 2.

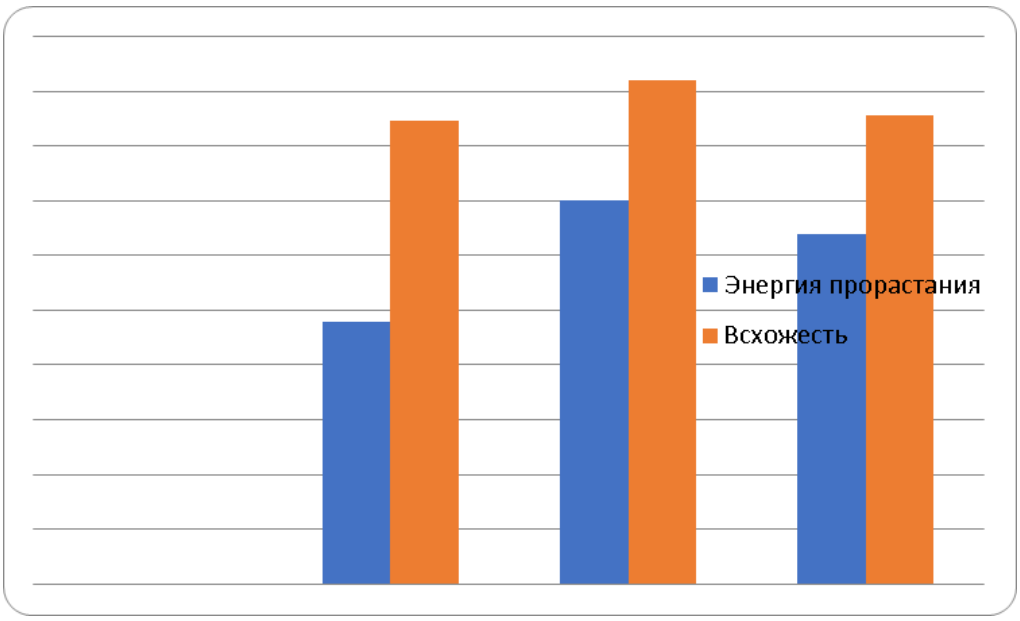

Рисунок 2 – Влияние экстракта полыни и наночастиц железа

В ходе эксперимента изучено влияние водного экстракта полыни в чистом виде, а также с добавлением наночастиц железа на ростовые показатели семян томата.

Таблица 2 – Влияние растительного экстракта на ростовые показатели томата

Вариант	Длина корешка (см)	Длина корешка (см)
	5 день	10 день
Контроль (вода)	5,3 мм	9,2 мм
Экстракт полыни	6,5 мм	10 мм
Экстракт полыни +НчFe	6,1 мм	9,5 мм

Как видно из данной таблицы 2, на 5-е сутки семена обработанные экстрактом *Artemisia absinthium* дали самые длинные корешки – 6,5 мм, за ними следовали обработанные экстрактом *Artemisia absinthium* с добавлением наночастиц железа – 6,1 мм, и контроль – 5,3 мм.

На 10-е сутки та же тенденция сохранялась: обработанные экстрактом *Artemisia absinthium* - 10 мм, обработанные экстрактом *Artemisia absinthium* с добавлением наночастиц железа – 9,5 мм, контроль – 9,2 мм, что показано графически в рисунке (рис.3).

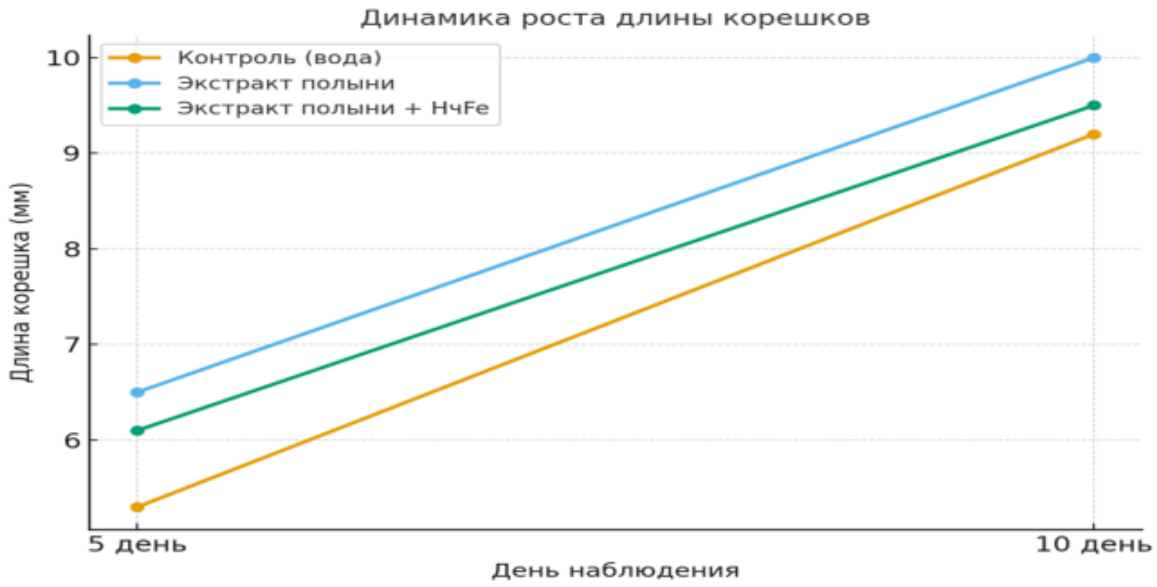

Рисунок 3 – Прорастание семян томата по вариантам опыта

Но наблюдалось, что проростки, обработанные экстрактом полыни с добавлением наночастиц железа, были толще, на них уже наблюдались зачатки придаточных корней рис. 1.

Контроль Экстракт полыни Экстракт полыни+НчFe

Рисунок 1 – Прорастание семян томата по вариантам опыта

Полученные результаты свидетельствуют о выраженном положительном ростостимулирующем действии экстракта полыни и препарата на его основе с наночастицами железа. Обработка последним не только стимулировала удлинение корневой системы семян, но и способствовала повышению массы проростков за счет усиления опушенности, что в совокупности повышало их ростовой потенциал.

Выводы. Экстракт полыни выступил эффективным источником восстановителей и стабилизаторов для биологического синтеза наночастиц железа. Использование экстракта полыни способствовало получению наночастиц с оптимальной морфологией и размерами, получены в основном квазисферические частицы. Именно такая форма является оптимальной и более биосовместимой, а размеры 50-60 нм легко проникают через клеточную мембрану. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о положительном влиянии как водного экстракта полыни на ростовые показатели семян томата, так и препарата содержащего наночастицы железа и экстракт полыни. Обработка препаратом с содержанием наночастиц вызывала дополнительный стимулирующий эффект на формирование в корневых проростках зачатков придаточных корней, что повышает ростовой потенциал обработанных семян. Это происходило за счет пролонгирующего действия наночастиц при доставке биологически активных веществ полыни в ткани семян. Что позволяет сделать вывод о преимуществах препарата содержащего наночастицы железа в качестве стимулятора роста, повышающего всхожесть семян и дальнейший рост растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Стратегия «Казахстан–2050»: новый политический курс состоявшегося государства : Послание Президента Республики Казахстан – Лидера Нации Н. А. Назарбаева народу Казахстана от 14 декабря 2012 г. // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». – URL:** https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002050 **(дата обращения: 16.10.2025).**

2 **Смирнова, П. С., Тихомирова, В. В. Проблема загрязнения почвы пестицидами и пути ее решения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2023. – Т. 3. – С. 37–41.**

3 **Al-Tabbal, J. et al. Converting waste into opportunity: silica nanoparticles for mitigating salinity stress in wheat (Triticum turgidum) // International Journal of Phytoremediation. – 2025. – P. 1–13.**

4 **Tang, Y., Zhao, W., Zhu, G. [и др.]. Nano-Pesticides and Fertilizers: Solutions for Global Food Security // Nanomaterials. – 2023. – Vol. 14, № 1. – Article 90. – DOI: 10.3390/nano14010090.**

5 **Viana, C. M., Freire, D., Abrantes, P. [и др.]. Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review // Science of the Total Environment. – 2022. – Vol. 806. – Article 150-718.**

6 **Moosavy, M.-H. et al. Green synthesis, characterization, and biological evaluation of gold and silver nanoparticles using Mentha spicata essential oil // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13, № 1. – Article 7230. – DOI: 10.1038/s41598-023-33632-y.**

7 **Shakoor, A. et al. Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Clerodendrum trichotomum Thunberg for Antibacterial and Anticancer Applications // International Journal of Nanomedicine. – 2025. – P. 2645–2658. – DOI: 10.2147/IJN.S503254.**

8 **Faizan, M., Alam, P., Rajput, V. D. [и др.]. Nanoparticle Mediated Plant Tolerance to Heavy Metal Stress: What We Know? // Sustainability. – 2023. – Vol. 15. – Article 1446. – DOI: 10.3390/su15021446.**

9 **Hong, J., Wang, C., Wagner, D. C. [и др.]. Foliar application of nanoparticles: Mechanisms of absorption, transfer, and multiple impacts // Environmental Science: Nano. – 2021. – Vol. 8. – P. 1196–1210.**

10 **El-Shetehy, M., Moradi, A., Maceroni, M. Silica nanoparticles enhance disease resistance in Arabidopsis plants // Nature Nanotechnology. – 2021. – Vol. 16. – P. 344–353. – DOI: 10.1038/s41565-020-00812-0.**

11 **Сейтханова, К. К., Аникина, И. В. Методы биосинтеза наночастиц металлов и перспективы применения в растениеводстве // Вестник Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева. – 2024. – № 2 (62). – С. 151–165.**

12 **ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: введ. 01.01.1986. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 95 с.**

13 **Marraiki, N. Investigating the effect of aqueous medicinal leaf extracts on tomato seed quality // Biotechnology Research Asia. – 2013. – Vol. 10. – P. 843–847.**

14 **Galdopórpora, J. M., Municoy, S., Ibarra, F. [и др.]. A green synthesis method to tune the morphology of CuO and ZnO nanostructures // Current Nanoscience. – 2021. – Vol. 19, № 2. – P. 186–193. – DOI: 10.2174/1573413717666210921152709.**

15 **Fincheira, P., Tortella, G., Seabra, A. B. [и др.]. Nanotechnology advances for sustainable agriculture: current knowledge and prospects in plant growth modulation and nutrition // Planta. – 2021. – Vol. 254, № 4. – P. 1–25. – DOI: 10.1007/s00425-021-03714-0.**

16 **Zangeneh, A., Zangeneh, M. M., Moradi, R. Ethnomedicinal plant-extract-assisted green synthesis of iron nanoparticles using Allium saralicum extract and their biological activities // Applied Organometallic Chemistry. – 2020. – Vol. 34, № 1. – Article e5247.**

17 **Zayed, M. F., Eisa, W. H., Shabaka, A. A. Malva parviflora extract assisted green synthesis of silver nanoparticles // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2012. – Vol. 98. – P. 423–428. – DOI: 10.1016/j.saa.2012.08.072.**

18 **Veisi, H. et al. Biosynthesis of CuO nanoparticles using aqueous extract of Stachys lavandulifolia flowers and evaluation of its catalytic activity // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11, № 1. – Article 1983. – DOI: 10.1038/s41598-021-81320-6.**

19 **Vargas-Hernandez, M. et al. Nanoparticles as potential antivirals in agriculture // Agriculture. – 2020. – Vol. 10, № 10. – Article 444. – DOI: 10.3390/agriculture10100444.**

20 **Mody, V., Siwale, R., Singh, A. [и др.]. Introduction to metallic nanoparticles // Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences. – 2010. – Vol. 2, № 4. – P. 282. – DOI: 10.4103/0975-7406.72127.**

REFERENCES

1 Strategiya «Kazahstan–2050»: novyj politicheskij kurs sostoyavshegosya gosudarstva : Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan – Lidera Nacii N. A. Nazarbaeva narodu Kazahstana ot 14 dekabrya 2012 g. // Informacionno-pravovaya sistema normativnyh pravovyh aktov Respubliki Kazahstan «Ədilet». – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002050 (data obrashcheniya: 16.10.2025).

2 Smirnova, P. S., Tihomirova, V. V. Problema zagryazneniya pochvy pesticidami i puti ee resheniya // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2023. – T. 3. – S. 37–41.

3 Al-Tabbal, J. et al. Converting waste into opportunity: silica nanoparticles for mitigating salinity stress in wheat (Triticum turgidum) // International Journal of Phytoremediation. – 2025. – P. 1–13.

4 Tang, Y., Zhao, W., Zhu, G. [i dr.]. Nano-Pesticides and Fertilizers: Solutions for Global Food Security // Nanomaterials. – 2023. – Vol. 14, № 1. – Article 90. – DOI: 10.3390/nano14010090.

5 Viana, C. M., Freire, D., Abrantes, P. [i dr.]. Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review // Science of the Total Environment. – 2022. – Vol. 806. – Article 150-718.

6 Moosavy, M.-H. et al. Green synthesis, characterization, and biological evaluation of gold and silver nanoparticles using Mentha spicata essential oil // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13, № 1. – Article 7230. – DOI: 10.1038/s41598-023-33632-y.

7 Shakoor, A. et al. Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Clerodendrum trichotomum Thunberg for Antibacterial and Anticancer Applications // International Journal of Nanomedicine. – 2025. – P. 2645–2658. – DOI: 10.2147/IJN.S503254.

8 Faizan, M., Alam, P., Rajput, V. D. [i dr.]. Nanoparticle Mediated Plant Tolerance to Heavy Metal Stress: What We Know? // Sustainability. – 2023. – Vol. 15. – Article 1446. – DOI: 10.3390/su15021446.

9 Hong, J., Wang, C., Wagner, D. C. [i dr.]. Foliar application of nanoparticles: Mechanisms of absorption, transfer, and multiple impacts // Environmental Science: Nano. – 2021. – Vol. 8. – P. 1196–1210.

10 El-Shetehy, M., Moradi, A., Maceroni, M. Silica nanoparticles enhance disease resistance in Arabidopsis plants // Nature Nanotechnology. – 2021. – Vol. 16. – P. 344–353. – DOI: 10.1038/s41565-020-00812-0.

11 Sejthanova, K.K., Anikina, I. V. Metody biosinteza nanochastic metallov i perspektivy primeneniya v rastenievodstve // Vestnik Severo-Kazahstanskogo universiteta im. M. Kozybaeva. – 2024. – № 2 (62). – S. 151–165.

12 GOST 12038–84. Semena sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti: vved. 01.01.1986. – M. : Izd-vo standartov, 1984. – 95 s.

13 Marraiki, N. Investigating the effect of aqueous medicinal leaf extracts on tomato seed quality // Biotechnology Research Asia. – 2013. – Vol. 10. – P. 843–847.

14 Galdopórpora, J. M., Municoy, S., Ibarra, F. [i dr.]. A green synthesis method to tune the morphology of CuO and ZnO nanostructures // Current Nanoscience. – 2021. – Vol. 19, № 2. – P. 186–193. – DOI: 10.2174/1573413717666210921152709.

15 Fincheira, P., Tortella, G., Seabra, A. B. [i dr.]. Nanotechnology advances for sustainable agriculture: current knowledge and prospects in plant growth modulation and nutrition // Planta. – 2021. – Vol. 254, № 4. – P. 1–25. – DOI: 10.1007/s00425-021-03714-0.

16 Zangeneh, A., Zangeneh, M. M., Moradi, R. Ethnomedicinal plant-extract-assisted green synthesis of iron nanoparticles using Allium saralicum extract and their biological activities // Applied Organometallic Chemistry. – 2020. – Vol. 34, № 1. – Article e5247.

17 Zayed, M. F., Eisa, W. H., Shabaka, A. A. Malva parviflora extract assisted green synthesis of silver nanoparticles // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. – 2012. – Vol. 98. – P. 423–428. – DOI: 10.1016/j.saa.2012.08.072.

18 Veisi, H. et al. Biosynthesis of CuO nanoparticles using aqueous extract of Stachys lavandulifolia flowers and evaluation of its catalytic activity // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11, № 1. – Article 1983. – DOI: 10.1038/s41598-021-81320-6.

19 Vargas-Hernandez, M. et al. Nanoparticles as potential antivirals in agriculture // Agriculture. – 2020. – Vol. 10, № 10. – Article 444. – DOI: 10.3390/agriculture10100444.

20 Mody, V., Siwale, R., Singh, A. [i dr.]. Introduction to metallic nanoparticles // Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences. – 2010. – Vol. 2, № 4. – P. 282. – DOI: 10.4103/0975-7406.72127.

ТҮЙІН

Бұл мақалада жусан сығындысын (*Artemisia absinthium*) пайдалана отырып, жасыл синтез арқылы алынған темір нанобөлшектерінің қызанақ тұқымдарының өсу параметрлеріне әсері туралы зерттеу ұсынылған. Металдар мен олардың оксидтеріне негізделген нанопрепараттар химиялық пестицидтерге балама ретінде экологиялық тұрақты ауыл шаруашылығы үшін үлкен әлеуетке ие. Нанобөлшектердің шағын өлшемдері және олардың жоғары реактивтілігі оларды өсімдіктерді өсіруде қолданудың кең перспективаларын ұсынады. Көптеген сарапшылардың пікірінше, өсімдік сығындыларын қолдана отырып, металл нанобөлшектері мен металл оксидтерінің жасыл синтезі айтарлықтай артықшылықтарға ие, өйткені ол үнемді және экологиялық таза.

Өсімдіктерде металл иондарының тотықсыздануы мен тұрақтануы үшін қажетті биологиялық белсенді заттардың көп мөлшері бар, нәтижесінде нанобөлшектердің биосинтезі жылдамырақ жүреді және өсімдік заттарының көмегімен алынған нанобөлшектер тұрақтырақ және жоғары биоүйлесімділікке ие болады. Жусан сығындысы темір нанобөлшектерінің биологиялық синтезі

үшін тотықсыздандырғыштар мен тұрақтандырғыштардың тиімді көзі болып шықты, негізінен орташа мөлшері 59,4 нм болатын квази-сфералық нанобөлшектер алынды. Эксперимент жусан суының сығындысының да, темір нанобөлшектерінің препаратының да қызанақ тұқымының өсу параметрлеріне оң әсерін көрсететін нәтижелер берді, өскіннің ұзындығы сәйкесінше 16% және 13%-ға өсті. Құрамында нанобөлшектері бар препаратпен өңдеу тамыр өскіндерінің пайда болуына қосымша ынталандырушы әсер етті, бұл өңделген тұқымдардың өсу әлеуетін арттырады және өсу стимуляторы ретінде осы препараттың артықшылықтарын көрсетеді.