

DOI 10.54596/2958-0048-2024-2-151-165

ӨОЖ 615.012

ҒТАМА 68.35.43

МЕТАЛЛ НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ БИОЗИНТЕЗ ТӘСІЛДЕРІ ЖӘНЕ ӨСІМДІК ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Сейтханова К.Қ.^{1*}, Аникина И.В.¹

^{1*} «Торайғыров университеті» КеАҚ, Павлодар, Қазақстан

*Автор для корреспонденции: seyt.k@inbox.ru

Аннотация

Бұл шолудың негізгі мақсаты болып өсімдіктерді қолдана отырып нанобөлшектерді экологиялық таза синтездеуді және осы тәсілдің маңызын, қолдану салаларын қарастыру болып табылады. Металл нанобөлшектері адамзат өміріндегі барлық салаларда орын алады деуге болады, мысалы азық-түлік қауыпсіздігі, медицина, ветеринария, ауыл шаруашылығы, қоршаған ортаны қорғау, энергетика, электроника. Қазыргі таңда металл нанобөлшектердің экологиялық таза химиялық және биологиялық синтезінің әдістемелерін жасау әлемнің барлық салаларындағы ғалымдардың назарындағы өзекті мәселе болып табылады. Металдарды биологиялық жолмен синтездеуде әртүрлі тірі ағзаларды, саңырауқұлақтарды, балдырларды, өсімдіктерді пайдалануға болады. Ал осы нанобөлшектерді пайдалану өсімдік шаруашылығында маңызы әлі күнге дейін зерттелу үстінде. Еңбегімізде дүние жүзінде осы әдісті терең қарастырып кеңінен қолданған бір қатар елдердің ғалымдарының мақалалары қарастырылды. «Жасыл синтез» арқылы алынған металл нанобөлшектерінің биоүйлесімділігі және тұрақтылығы туралы бірқатар авторлар еңбектерінде көрсеткен. Әдеби шолу барысында «жасыл синтезде» қолданылған өсімдіктер, синтез барысында алынған металл нанобөлшектерді олардың қасиеттеріне қарай қолдану салалары да қарастырылды. Бұл тақырып Қазақстан үшін де өзекті тақырыптарының бірі болып табылады, сол себепті, елімізде металл нанобөлшектерін өсімдік шаруашылығында биостимуляторлар ретінде де, өсімдіктерді қорғауда да пайдалану перспективалары қарастырылуда.

Тірек сөздер: нанотехнология, металл нанобөлшектері, жасыл синтез, өсімдік, өсімдік шаруашылығы, өсімдік сығындысы.

МЕТОДЫ БИОСИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Сейтханова К.Қ.^{1*}, Аникина И.В.¹

^{1*} НАО «Торайғыров университет», Павлодар, Казахстан

*Автор для корреспонденции: seyt.k@inbox.ru

Аннотация

Основная цель этого обзора – рассмотреть экологически чистый синтез наночастиц с использованием растений и важность этого подхода, области применения. Можно сказать, что металлические наночастицы имеют место во всех сферах жизни человечества, таких как продовольственная безопасность, медицина, ветеринария, сельское хозяйство, охрана окружающей среды, энергетика, электроника. На сегодняшний день разработка методик экологически чистого химического и биологического синтеза металлических наночастиц является актуальной проблемой в центре внимания ученых во всех областях мира. При биологическом синтезе металлов можно использовать различные живые организмы, грибы, водоросли, растения. А значение использования этих наночастиц в растениеводстве все еще активно изучается. В нашей работе были рассмотрены статьи ученых из ряда стран, которые широко использовали этот метод в разных отраслях. Биосовместимость и стабильность металлических наночастиц, полученных в результате «зеленого синтеза», были продемонстрированы рядом авторов в своих работах. В ходе литературного обзора также были рассмотрены растения, с помощью которых проведен «зеленый синтез», области применения металлических наночастиц, полученных в процессе синтеза, в зависимости от их свойств. Данная тема является одной из актуальных

для Казахстана, поэтому в стране рассматриваются перспективы использования наночастиц металлов в сельскохозяйственном растениеводстве и в качестве стимуляторов роста и в защите растений.

Ключевые слова: нанотехнологии, наночастицы металлов, зеленый синтез, растения, растениеводство, экстракт растений.

METHODS OF BIOSYNTHESIS OF METAL NANOPARTICLES, PROSPECTS OF APPLICATION IN CROP PRODUCTION

Seytkhanova K.K.^{1*}, Anikina I.V.¹

^{1*}«Toraigyrov Universities» NPLC, Pavlodar, Kazakhstan

*Corresponding author: seyt.k@inbox.ru

Abstract

The main objective of this review is to consider the environmentally ecological synthesis of nanoparticles with the help of plants and the importance of this approach, application areas. It can be said that metal nanoparticles take place in all spheres of human life, such as food security, medicine, veterinary medicine, agriculture, environmental protection, energy, electronics. Currently, the development of environmentally friendly methods for the chemical and biological synthesis of metal nanoparticles is a pressing issue attracting significant attention from scientists worldwide. In the biological synthesis of metals, various living organisms, fungi, algae, and plants can be used. And the importance of using these nanoparticles in crop production is still being actively studied. In our work, we reviewed articles by scientists from a number of countries who have widely used this method in various industries. The biocompatibility and stability of metal nanoparticles produced through "green synthesis" have been demonstrated in numerous studies. A thorough literature review also examined the plants used in this synthesis process and the various applications of the synthesized metal nanoparticles based on their properties. The topic of this review is one of the relevant for Kazakhstan, therefore, the prospects of using metal nanoparticles in agricultural crop production and as growth stimulants and in plant protection are being considered in the country.

Keywords: nanotechnology, metal nanoparticles, green synthesis, plants, crop production, plant extract.

Кіріспе

Нанотехнология – нәтижелері қоршаған әлемді өзгерткен әртүрлі қолданбаларының арқасында дамып келе жатқан ғылым саласы, ол электроникада, энергетикада, қоршаған ортаны қорғауда, денсаулық сақтауда және ауыл шаруашылығында кеңінен қолданылуы мәлім [1, с. 88; 2, с. 51; 3, с. 508].

Нанобөлшектер металдардан немесе бейметалдардан құрылатын, мөлшері 1-100 нм құрайтын ультра кішкентай, ерімейтін заттар. Ерітіндінің құрамындағы нанобөлшектер сұйық фазамен бірге жасуша қабырғасы мен өсімдік мембраналары арқылы оңай өтуге қабілетті. Олар жоғары реактивтілікпен және каталитикалық белсенділікпен сипатталады [4, с.1631].

Металл нанобөлшектері негізінен алтын, күміс, мыс, магниттік (кобальт, никель) және жартылай өткізгіш элементтерден тұратын материалдардан бөлініп, құрылуы мүмкін, ал металл емес нанобөлшектер негізінен көміртегі негізіндегі материалдардан тұрады [5, с. 109; 6, с. 940].

Біздің уақытымызда зманға сай нанотехнологияларды дамытуда өзекті мәселелерінің бірі, ол металл нанобөлшектерін зерттеу болып табылады, себебі металл нанобөлшектерінің практикалық маңыздылығының спектрі аса кең. Металл нанобөлшектерін синтездеу әдістері үнемі жетілдіріп және тұрақты жүйелерді алуға бағытталған жаңа әдістер ұсынылып отырады. НБ дайындаудың екі негізгі жолы қолданылады – біріншісі ол «жоғарыдан төменге», мында нанобөлшектердің синтезі көлемді аналогты біртіндеп коллоидтық «диірмендер» арқылы үгіту немесе

сілтісіздендіру арқылы жүзеге асады, ал екіншісі «төменнен жоғарыға», бұл тәсілде атомдар мен молекулалардың бірігуі немесе жиналуы әртүрлі спектрдағы нанобөлшектердің құрылуын қамтиды [7, с.105003]. Нанобөлшектерді алудың әдістерін үш санатқа бөлуге болады физикалық, химиялық және биологиялық [8, с. 91; 9, с. 4993], физикалық әдістер «жоғарыдан төменге» тәсілі бойынша жүреді де, химиялық және биологиялық әдістер «төменнен жоғарыға» тәсілімен жүзеге асады.

Химиялық әдістерде нанобөлшектерді металлдардың иондары бар ерітінділерді химиялық тотықсыздандыру арқылы жүзеге асырылады, ал тотықсыздандырғыш ретінде натрийдің боргидриді, натрий цитраты, глюкоза немесе аскорбин қышқылы қолданылады. Тотықсыздандыру реакцияларын әртүрлі жағдайларда жүргізеді [10, с. 242; 11, с. 672]. Және де бұл әдісте нанобөлшектерді тұрақтандыру өте маңызды, себебі металлдардың нанобөлшектері ондай тотығуға ұшырайды. Нанобөлшектерді химиялық синтездеу экологиялық және экономикалық тұрғыдан биологиялық синтезге қарағанда тиімсіз. Ал зерттеушілер алдына бүгінгі таңда металл нанобөлшектерін алудың экономикалық тиімді және қауіпсіз тәсілдерін анықтау мақсаттарын қойған. Осы тұрғыда металл нанобөлшектерінің биологиялық синтезі («жасыл синтез» деген атауға ие болған) ең перспективті әдіс болып табылады [12, с. 7278]. Металл нанобөлшектерінің биосинтезінде ерітінділердегі металл иондарының бейтарап пішініне дейін төмендеуі (тотықсыздану) шешуші рөл атқарады [9, с. 4993; 13 с. 4007]. Биологиялық әдістегі тотықсыздандырғыш ретінде әртүрлі бактериялардың, балдырлардың, саңырауқұлақтардың культуралары, сондай-ақ өсімдік сығындылары қолданылады [14, с. 109; 15, с. 427]. Осы шолудың негізгі **мақсаты** болып өсімдіктерді қолдана отырып нанобөлшектерді экологиялық синтездеуді және осы тәсілдің маңызын қарастыру болып табылады.

Зерттеу әдістемесі

Металл нанобөлшектерін «жасыл синтезбен» алу тәсілдерін пайдаланып, осы нанобөлшектерді әрі қарай өсімдік шаруашылығында пайдаланудың экологиялық, экономикалық тұрғылардан тиімділігін және тәжірибелік маңызын анықтау үшін, отандық және шетелдік мақалаларға әдебиеттік шолу жасалды.

Деректерді іздеу және шолу Google scholar және американдық химия қоғамының веб-сайты сияқты іздеу дерекқорларында соңғы 15 жыл ішінде шыққан мақалалар бойынша жүргізілді (pubs.acs.org) және веб-сайт Elsevier баспа үйіне тиесілі (www.sciencedirect.com).

Шолу барысында өсімдіктерді пайдалана отырып әртүрлі металлдардың нанобөлшектерін алу әдістемелері қарастырылды. Алынған «жасыл» нанобөлшектерді пайдалану салалары анықталды, морфологиясы мен мөлшерлері қарастырылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Нанобөлшектерді өсімдіктермен синтездеу, балдырлар, бактериялар мен саңырауқұлақтар дақылдарын тотықсыздандырғыш ретінде қолданумен салыстырғанда, экономикалық үнемді, экологиялық таза және патогенді емес, сонымен қатар көп уақытты қажет етпейді, өйткені жасуша дақылдарын өсіру мен сақтаудың күрделі процесін қажет етпейді [16, с. 2502; 17, с. 346; 18, с. 2399], сонымен қатар микроорганизмдер уақыт өте келе мутацияларға ұшырауына байланысты нанобөлшектерді синтездеу қабілетін жоғалтуы мүмкін [19, с.1]. Өсімдік сығындыларының құрамында металл иондарын тотықсыздандыру және тұрақтандыру үшін қажетті биомолекулалары болады, өйткені өсімдіктер аминқышқылдары, функционалды пептидтер мен ақуыздар, дәрумендер, макро және микроэлементтер,

эфир майлары және т.б. түріндегі биологиялық белсенді заттардың бай көзі болып табылады, ал металл иондарының тотықсыздану уақыты тіпті қатаң жағдайларды қолданбай-ақ 5 минуттен [8, с. 91] бірнеше сағатқа дейін ғана уақыт алады.

Микроорганизмдер мен балдырлардың көмегімен синтезделген нанобөлшектерге қарағанда, өсімдіктердің қатысуымен синтезделетін нанобөлшектер аса тұрақты [20, с. 102181], және синтез жылдамдығы жоғары болып келеді [21, с. 423], өсімдіктердің құрамындағы биологиялық белсенді заттарының молекулалары нанобөлшектерді тұрақтандырып, олардың агрегацияланып тұнбаға түсуіне жол бермейді, бұл нанобөлшектердің ыдырауын сақтауға көмектеседі және қажетсіз «жабысуына» жол бермейді [13, с. 4007].

Сонымен қатар, көптеген ғалымдардың зерттеулеріне сүйенсек, металл нанобөлшектерін өсімдіктерді қолдану арқылы жасыл синтезде алынатын нанобөлшектердің пішінімен мөлшерін бақылап отыру мүмкін [22, с. 3368], Бар болғаны өсімдік экстрактінің мөлшерімен тұз концентрациясын, экстракт пен тұздың қатынасын немесе реакция жағдайларын (ортаның рН көрсеткіші, температура сияқты) өзгерту [23 с. 21].

Өсімдік сығындыларымен синтезделген нанобөлшектер көбінесе жоғары биоүйлесімділікке ие [24, с. 219].

Өсімдік сығындыларын қолдана отырып, металл нанобөлшектерін синтездеу процесі өте жеңіл, қарапайым және қол жетімді үрдіс. Өсімдіктерді жинағаннан кейін әртүрлі эпифиттерден және басқа да қажетсіз қоспалардан, ластанудан тазарту үшін, ағынды сумен жуып, содан кейін дистилляцияланған сумен тазартылады, кептіріледі, содан кейін қараңғыда бірнеше күн сақтайды (жеміс сығындыларын немесе жаңа жиналған өсімдік шырындарын қолданудан басқа), содан кейін ұсақтап ұнтақтайды. Әрі қарай, өсімдік шикізаты суда, этанолда немесе басқа еріткіште қайнатылады, содан кейін мұқият сүзіледі [25, с. 1929]. Прекурсор ретінде қажетті металдардың тұздары қолданылады. Әртүрлі авторлар синтезді жүргізу үшін өсімдік сығындысының мөлшерін және тұз концентрациясы мен мөлшерін дербес анықтаған. [24, с. 219, 25, с. 1929]. Тұздардың тотықсыздануы қолданылатын компоненттерге байланысты ерітіндінің ашық түсі қою түске дейін өзгеруімен жүреді, бұл металл нанобөлшектерінің синтезінің аяқталуын жай ғана көзбен көріп анықтауға мүмкіндік береді. Мысалы, Au нанобөлшектерінің түзілуінде сығындының бастапқы ерітіндісі лағылдан күлгінге дейін өзгереді, [16, с. 4007-4021], Ag нанобөлшектерінің түзілуінде – сарғыштан қоңырға дейін өзгереді [13, с. 91-94], Fe нанобөлшектерінің түзілуінде ерітіндінің түсінің өзгеруі сарғыштан қара түске дейін өзгереді [26, с. 1-11].

Синтезделген металл нанобөлшектерін анықтап сипаттау үшін ультракүлгін көрінетін спектроскопия, инфрақызыл Фурье түрлендіру (FTIR), сканерлеу сияқты жоғары ажыратымдылықтағы металл нанобөлшектерін бақылауға мүмкіндік беретін әртүрлі зертханалық қондырғыларды пайдалану арқылы зерттеу жұмыстары жүзеге асырылады. электронды микроскопия (SEM), энергетикалық дисперсиялық рентген сәулесі (EDX), рентгендік дифракция (XRD), трансмиссия электрондық микроскопия (TEM).

Кейбір аса маңызды металл нанобөлшектерін өсімдіктең сығындылары арқылы алу туралы және оларды пайдалану бағыттары бойынша әдеби мәліметтер 1 кестеде көрсетілген.

1 кесте. Металл нанобөлшектерін өсімдіктедің сығындылары арқылы алу туралы және оларды пайдалану бағыттары (шолу).

Металл	Өсімдік түрі	Пайдалану бағыты	Сілтемелер
Au	Zingiber officinale	Қатерлі ісікке қарсы препараттар	Alkhathlan A.H. et al. (2021) [25, c. 3363]
	Nigella sativa	Қатерлі ісікке қарсы препараттар	Alkhathlan A.H. et al. (2021) [25, c. 3363]
	Hypericum perforatum	Антиоксиданттық белсенділік	Rey-Méndez R., Rodríguez-Argüelles M.C., González-Ballesteros N. (2022) [23, c. 102181]
	Salvia officinalis	Медицинада (болжамдау, дәрілік затты ем қажетті жерге жеткізу)	Elia P. et al. (2014) [16, c. 4007]
	Lippia citriodora ,	Медицинада (болжамдау, дәрілік затты ем қажетті жерге жеткізу)	
	Pelargonium Graveolens	Медицинада (болжамдау, дәрілік затты ем қажетті жерге жеткізу)	
	Punica granatum	Медицинада (болжамдау, дәрілік затты ем қажетті жерге жеткізу)	
Ag	Allium cepa	Бактерияға қарсы препарат	Saxena, A., Tripathi, R.M. and Singh, R.P. (2010) [17, c. 427]
	Moringa oleifera	Өсімдіктерді аурулардан қорғау	Muhammad Umair Raza, Fozia Abasi, et al. (2022) [19, c.1]
	Ficus benghalensis	Бактерияға қарсы препарат	A. Saxena et al. (2012) [13, c. 91]
	Citrus sinensis	Бактерияға қарсы препарат	Kaviya S. et al. (2011) [33, c. 594]
	Alysicarpus monilifer	Бактерияға қарсы препарат	Kasithevar M. et al. (2017) [34, c. 131]
Cu	Capparis spinosa	Бактерияға қарсы препарат	Ebrahimi K., Shiravand S., Mahmoudvand H. (2017) [35, c. 866]
	Citrus medica Linn.	Бактерияға қарсы препарат	Shende S. et al. (2015) [36, c. 865]
	Citrus limon	Бактерияға қарсы препарат	Amer M. et al. (2020) [37, c. 1]
	Eclipta prostrata	Антиоксиданттық белсенділік	Chung I.M. et al. (2017) [38, c. 18]
	Cissus vitiginea	Бактерияға қарсы препарат антиоксидант	Wu S. et al. (2020) [39, c.1153]
ZnO	Laurus nobilis. L.	Жартылай өткізгіш, катализатор, Бактерияға қарсы белсенділік, суды, ауаны техногендік ластанудан тазарту, ауыл шаруашылығы және т.б.	Fakhari S., Jamzad M., Kabiri Fard H. (2019) [40, c.19]
	Hibiscus subdariffa	Бактерияға қарсы препарат, диабетке қарсы препарат	Bala N. et al. (2015) [14, c. 4993]
	Hibiscus rosa-sinensis	Жартылай өткізгіш, катализатор, Бактерияға қарсы белсенділік, суды, ауаны техногендік ластанудан тазарту, ауыл шаруашылығы және т.б.	Devi R.S. et al. (2014) [41, c. 2444]
	Citrus sinensis	Бактерияға қарсы препарат,	Luque P. A. et al. (2018) [42, c. 9764]
	Ailanthus altissima.	Бактерияға қарсы препарат,	Awwad A.M. et al. (2020) [43, c. 151]
Fe	Allium saralicum	Бактерияға қарсы препарат,	Zangeneh A., Zangeneh M.M., Moradi R. (2020) [44, c. 5247]

1 кестедегі көрсетілгендей, бірталай авторлардың мәліметтеріне сүйенсек, экологиялық жолмен алынған нанобөлшектердің қолданылу бағыттары өте көп. Антиоксиданттық қасиеттері әртүрлі салаларда, мысалы тағам өндірісінде, орау материалдарын жасауға, фармокосметикада, медицинада белсенді зат ретінде қолданылады. Ал дәрілік заттарды тура қажетті жерге жеткізі алу қасиеттері нанобөлшектерді медицинада таптырмас нәрсе етеді [25, с. 1929]. Медициналық бағытта металл нанобөлшектер қатерлі ісіктерді емдеуде де қолданылады [24, с. 3368]. Биологиялық жолмен алынған нанобөлшектерді қатерлі ісіктерге қарсы қолдану әсіресе актуалды мәселе [26, с. 1].

2 кесте. Кейбір дәрілік өсімдіктерді қолдану арқылы алынған нанобөлшектердің сипаты

Наобөлшек	Пайдаланған өсімдік түрі	Пішіні	Мөлшері	Сілтемелер
Ag	Acorus calamus	дөңгелек	20-35 нм	Sudhakar, C., et al., (2015). [с. 93-99].
Ag	Allium sativum	дөңгелек	≈ 7,3-44 нм	Rastogi, L., et al., (2011). [с. 558-563].
Ag	Aloe vera	Сегізбұрыш (октоэдр)	5-50 нм	Logaranjan, K., et al., (2016). [с. 1-9]
Au	Citrus limon	Дөңгелек, үшбұрыш	15-80 нм	Sujitha M.V., et al., (2013). [с. 15-23].
Au	Cassia auriculata	Дөңгелек, үшбұрыш	15-25 нм	Kumar V.G. et al. (2011), [с. 159-163].
Au	Salvia officinalis	үшбұрыш	≈ 20 нм	Elia P. et al. (2014). [с. 4007-4021].
Au	Lippia citriodorus	бесбұрыш	≈ 20 нм	
Au	Punica granatum	Өрттүрлі пішінді	≈ 50 нм	
Au	Zingiber officinale	Дөңгелек	11,05 нм	Alkhathlan A.H. et al., (2021). [с. 3368]
Au	Nigella sativa L.	Дөңгелек	10,89 нм	Alkhathlan A. H. et al., (2021). [с. 3368]
ZnO	Ailanthus altissima.	Дөңгелек	5 - 18 нм	Awwad A.M. et al. (2020) [43, с. 151]
Fe	Allium saralicum	Дөңгелек	40–45 нм	Zangeneh A., et al., (2020) [44, с. 5247]
Fe ₂ O ₃	Punica granatum	Жартылай дөңгелек	25-55 нм	Bibi, I., et al. (2019). [с. 6115-6124]
Fe	Spinacia oleracea	Өрттүрлі пішінді	20 - 50 нм	Tyagi P.K. et al. (2021), [1-11]
Fe	Musa acuminata	Өрттүрлі пішінді	10 - 70 нм	Tyagi P.K. et al., (2021), [1-11]
Fe ₂ O ₃	Ficus carica	Дөңгелек	9 ± 4 нм	Demirezen, D.A., (2019), et al., [с. 241-245].

2 кестеде келтірілген нанобөлшектердің басым бөлігі дөңгелек морфологияға ие, және мөлшерлері 5 нм- ден 80 нм-ге дейін екенін байқауға болады. Барлық келтірілген әдебиеттерден мөлшері 100 нм- аспайтын нанобөлшектердәі құндылығы жоғары екенін байқауға болады. Және де нанобөлшектердің мөлшері неғұрлым кішкене болса, соғұрлым нанобөлшектердің белсенділігі де жоғары екенін авторлар өз жұмыстарында айтады [21, с. 1-15; 24, с. 3368; 26, с. 1-11]. Осылайша, Alkhathlan A.H. et al., (2021) өз зерттеулерінде нанобөлшектердің «жасыл синтез» барысында нанобөлшектердің мөлшерімен пішініне концентрацияның әсер ететінін анықтаған, және реагенттердің

концентрациясын ауыстыру арқылы алтын нанобөлшектерінің мөлшерін 100 нм ден 44 нм-ге дейін, ал 44 нм-ден 11 нм-ге дейін кішірейтуді жақсы жетістік деп есептейді.

Бірқатар ғылыми зерттеулерге сәйкес, өсімдік шаруашылығында металл нанобөлшектерін пайдалану химиялық заттарды, су жұмсалуын азайтып, тыңайтқыштарды қолдану кезінде жақсы сіңіру, зиянкестермен күресу арқылы өнімділікті арттыруды қамтитынын байқауға болады [28, с. 2020]. Дегенмен, бүгінгі күнге дейін нанотехнологияның әлеуетті артықшылықтарын ескере отырып, олардың қолданылуы әлі ауқымды дала алқаптық деңгейге жеткен жоқ.

Сіңіру, орын ауыстыру, биожетімділігі, нанобөлшектердің уыттылығы, нормативтік-құқықтық базаның толық болмауы алаңдаушылық арттырып ауыл шаруашылығы секторының нанотехнологияларды енгізуге толық мойындалуы мен бейімділігін шектейді [12, с. 1].

Осыған орай, металл нанобөлшектерінің өсімдік ағзасына тигізетін әсерін зертханалық жағдайда, гидропоника және өңірімізде дала жағдайында зерттеу жоспарлануда.

Нанотехнологиялар соңғы жылдары ауқымдылығы өсіп келе жатқан, танымал және ғылыми, технологиялық зерттеулердің ең белсенді талқыланатын және маңызды бағыты. Нанотехнология саласындағы зерттеулерді дамыту бүкіл әлем үшін, оның ішінде Қазақстан үшін де өзекті. Нанотехнологияларды жаңа өнеркәсіптік революцияның негізі ретінде қарастыру қажет, себебі ол түбегейлі жаңа мүмкіндіктер мен артықшылықтардың көптігіне әкелуі мүмкін [29, с. 7278]. Қазақстанда ел үшін, әсіресе оның табиғи ресурстарын, климатын сақтап қорғауда және ауыл шаруашылығы мен индустриялық әлеуетін ескере отырып, металдардың жасыл нанобөлшектерін көптеген перспективалы бағыттарда пайдаланудың тиімді аспектілері болуы мүмкін. Қазіргі нанотехнологиялардың дамуында металл нанобөлшектерін зерттеу маңызды рөл атқарады. Бұл, ең алдымен, нанобөлшектердің де, олар өзгерткен материалдардың да ерекше қасиеттерін пайдаланатын оларды практикалық қолданудың кең мүмкіндіктеріне байланысты [30, с. 11222].

Қазақстанда жасыл металл нанобөлшектерін ауыл шаруашылығында пайдаланудың жаңашыл мүмкіндіктеріне тоқталсақ, ауыл шаруашылығында егіншілік пен көкөніс өнімділігін арттыруда металл нанобөлшектерін стимуляторлар ретінде немесе тыңайтқыш заттармен макро-микроэлементтерді жеткізуші ретінде және ауылшаруашылық өсімдіктерін әртүрлі ауру қоздырғыштарынан қорғанысын арттыру үшін пайдалануға болатындығы бірқатар ғылыми еңбектерде келтірілген [31, с. 427, 32, с. 17].

Тыңайтқыштар мен микроэлементтер кешендері өсімдік ағзасының өсіп өнуін жеделдетіп, қор заттармен байытып қана қоймай, сонымен қатар стресске төзімділігін арттырады, иммундық қорғанышын да жоғарылатады, тыңайтқыштар мен қоспаларды қолданбай дақылдардың өнімділігін арттыру мүмкін емес екендігі бәріне мәлім. Бірақ сол тыңайтқыштардың арасында қайсысы қолайлы және тәжірибеде қалай тиімді пайдалану керек екені толық түсінікті емес, ал соңғы жылдардағы өсімдік шаруашылығындағы тәжірибе қоршаған ортаның ластануына, өндіріс қалдықтарының артуына және топырақ ресурстарының сарқылуына әкелді. Ауыл шаруашылығында қолданылатын зиянды химиялық қосылыстардың топырақта жиналуы климаттық аймақтар мен ластаушылардың түріне қарамастан топырақтың құнарлылығын төмендетеді. Сонымен қатар Республикамыздың бірегей және алуан түрлі табиғи ортаға ие екендігін ескере отыра, кез келген басқа дамыған елдер сияқты судың, топырақтың

және атмосфераның ластануы сияқты бірқатар экологиялық проблемаларды шешуі тиіс екенін естен шығармау қажет [33, с. 60]. Жасыл металл нанобөлшектерін пайдалану бұл мәселелерді шешуге және одан әрі күшейтуге көмектеседі, әсіресе өсімдік шаруашылығында экологиялық биопрепараттар мен тыңайтқыштар ретінде, және де сулар мен топырақты тазартқыш ретінде пайдаланылуы мүмкін екендігін есте сақтайық [34, с. 131].

Қорытынды

Қорыта келе, ауыл шаруашылығы кешенінде, әсіресе өсімдік шаруашылығында «жасыл» нанобөлшектерді қолданудың үлкен маңызы мен ғылыми әлеуеті бар, бұл осы бағыттағы зерттеулерге қызығушылықты арттырады және өсімдік шаруашылығында бионанотехнологияның осы бағытын одан әрі зерттеу мен дамытуда Қазақстанның ғалымдарын қызықтырып, осы салада ізденуге тарта алады.

Еліміздің табиғи байлығын ескере отырсақ, елімізде 1500 дәрілік өсімдік өседі. Және де бұл өсімдіктер жоғарыда айтылғандай әртүрлі биологиялық белсенді заттарға бай болғандықтан, металл нанобөлшектерін синтездеуге керемет тотықсыздандырғыштар мен тұрақтаушыларды қайнар көзі болуы әбден мүмкін. Ал егер «жасыл синтездің» экономикалық тиімділігі ескерілсе, бұл әдісі жанжақты зерттеліп, шаруашылықтың әртүрлі салаларында қолданылысқа енгізілуі керемет замануи бағыт екені түсінікті болады.

Осыған орай «жасыл» металл нанобөлшектері қосылған өсімдік негізіндегі даярланған тыңайтқыш немесе өсуді ынталаушы препараттарының қоршаған ортаға әсерін зерттеу және сол препараттарды қолданудың тиімділігі мен экологиялық қауіпсіздігіне салыстырмалы баға беру қажеттілігі туындайды.

Дегенмен, наноматериалдарды пайдалану кезінде қоршаған ортаға және адам денсаулығына теріс әсер етпеу үшін олардың өндірісі мен қолданылуын мұқият зерттей отырып, экологиялық және қауіпсіз аспектілерді ескеру қажет екенін есте ұстаған жөн. Сонымен қатар, халықаралық зерттеу және инновациялық орталықтармен ынтымақтастық Қазақстандағы түрлі салаларға жасыл металл нанобөлшектерін кеңінен енгізуге ықпал етуі мүмкін.

Әдебиет:

1. Хамитова Т.О., Оспанова С.Г. Зеленые нанотехнологии: синтез металлических наночастиц с использованием растений «М.А. Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары - Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110-летию М.А. Гендельмана». - 2023. - Т. I, Ч. I. - С. 51-53.
<https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/%D0%A1%D0%A7-19/%D0%A5%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%A2%20%D1%81%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BE.pdf> (data obrashcheniya: 03.06.24)
2. Накысбаев Ж.Т. Синтез наночастиц меди различными методами и радиационная модификация их структуры. / диссертация на соискание степени доктора философии PhD. - Республика Казахстан, Алматы, 2021. – с. 109
<https://www.kaznu.kz/content/files/pages/folder17928/4%20%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D1%8B%D1%81%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%96.%D0%A2.pdf>
3. Крутиков Ю.А., Кудринский А.А., Олейник А.Ю., Лисичкин Г.В. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы // Успехи химии. - 2008. - Т. 77. - № 3. - С. 242-269.
<https://www.gramota.net/materials/1/2013/10/22.html> (data obrashcheniya: 03.06.24)

4. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. - М.: Химия, 2000. - 672 с. https://www.studmed.ru/pomogaylo-ad-rozenberg-as-uflyand-ie-nanochasticy-metallov-v-polimerah_47738706f7a.html (data obrashcheniya: 03.06.24)
5. Копач О.В., Кузовкова А.А., Азизбеян С.Г., Решетников В.Н. Использование наночастиц микроэлементов в биотехнологии лекарственных растений: воздействие наночастиц меди на клеточные культуры *Silybum Marianum* L. // Научный журнал Труды Белорусского государственного университета. - «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». - Том 8. В двух частях. Часть 2. - Минск, 2013. - с. 21-24. <https://www.researchgate.net/publication/331037140> (дата обращения: 03.06.24)
6. Фарсиян Л.М., Оганесян А.А. Синтез зеленых наночастиц оксидов железа и исследование их цитотоксичности // Тринадцатая годовичная научная конференция. - 2019. - С. 219. <https://science.rau.am/uploads/documents/1623177308.pdf#page=219>
7. Naurzybayeva A. et al. Research on development of nanotechnology in the Republic of Kazakhstan // *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex use of mineral resources*. - 2022. - Т. 320. - №. 1. - С. 60-66., (дата обращения: 03.06.24) <http://kims-imio.com/index.php/main/article/view/22>
8. Jha Z. et al. Nanotechnology: prospects of agricultural advancement // *Nano Vision*. - 2011. - Т. 1. - №. 2. - С. 88-100. https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=Nanotechnology%3A+prospects+of+agricultural+advancement+&btnG= (data obrashcheniya: 03.06.24)
9. Jafarizad A. et al. Synthesis and characterization of gold nanoparticles using *Hypericum perforatum* and *Nettle* aqueous extracts: A comparison with turkevich method // *Environmental Progress & Sustainable Energy*. - 2019. - Т. 38. - №. 2. - С. 508-517. <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ep.12964> (data obrashcheniya: 03.06.24)
10. Shah S.S. et al. Present status and future prospects of jute in nanotechnology: A review // *The Chemical Record*. - 2021. - Т. 21. - №. 7. - С. 1631-1665 https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tcr.202100135?casa_token=RsqgGMkc1OkAAAAA%3Aern-IQ2aOoKrRAMxKguY_pbb2UBWZbggGvYd7pRA_rZj4k0KqT3j137Zrok4dwyk6GiRRBE4Sjg-XxM (data obrashcheniya: 03.06.24)
11. Marslin G. et al. Secondary metabolites in the green synthesis of metallic nanoparticles // *Materials*. - 2018. - Т. 11. - №. 6. - С. 940. <https://www.mdpi.com/1996-1944/11/6/940> (data obrashcheniya: 03.06.24)
12. Dhand C. et al. Methods and strategies for the synthesis of diverse nanoparticles and their applications: a comprehensive overview // *Rsc Advances*. - 2015. - Т. 5. - №. 127. - С. 105003-105037. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2015/ra/c5ra19388e> (data obrashcheniya: 03.06.24)
13. Saxena A. et al. Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous solution of *Ficus benghalensis* leaf extract and characterization of their antibacterial activity // *Materials letters*. - 2012. - Т. 67. - №. 1. - С. 91-94. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167577X11010639> (data obrashcheniya: 03.06.24)
14. Bala N. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Hibiscus subdariffa* leaf extract: effect of temperature on synthesis, anti-bacterial activity and anti-diabetic activity // *RSC Advances*. - 2015. - Т. 5. - №. 7. - С. 4993-5003. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/ra/c4ra12784f> (data obrashcheniya: 03.06.24)
15. Shah M. et al. Green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities // *Materials*. - 2015. - Т. 8. - №. 11. - С. 7278-7308. <https://www.mdpi.com/1996-1944/8/11/7278> (data obrashcheniya: 03.06.24)
16. Elia P. et al. Green synthesis of gold nanoparticles using plant extracts as reducing agents // *International journal of nanomedicine*. - 2014. - С. 4007-4021. <https://doi.org/10.2147/IJN.S57343> (data obrashcheniya: 03.06.24)
17. Saxena A., Tripathi R.M., Singh R.P. Biological synthesis of silver nanoparticles by using onion (*Allium cepa*) extract and their antibacterial activity // *Dig J Nanomater Bios*. - 2010. - Т. 5. - №. 2. - С. 427-432. https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=Biological+synthesis+of+silver+nanoparticle+by+using+onion+%28Allium+cepa%29+extract+and+their+antibacterial+activity&btnG= (data obrashcheniya: 03.06.24)
18. Hasan S. A review on nanoparticles: their synthesis and types // *Res. J. Recent Sci*. - 2015. - Т. 2277. - С. 2502. https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=A+review+on+nanoparticles%3A+their+synthesis+and+types+&btnG= (data obrashcheniya: 03.06.24)

19. Mittal A.K., Chisti Y., Banerjee U.C. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts // *Biotechnology advances*. – 2013. – Т. 31. – №. 2. – С. 346-356.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975013000050> (data obrashcheniya: 03.06.24)
20. Ge L., Li Q., Wang M., Ouyang J., Li X.J., Xing M.M. Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity. *Int. J. Nanomedicine*, 2014; 9: 2399- 2407.
21. Mohammed A.B.A. et al. Antioxidant and antibacterial activities of silver nanoparticles biosynthesized by *Moringa Oleifera* through response surface methodology // *Journal of Nanomaterials*. – 2022. – Т. 2022. – С. 1-15. <https://www.hindawi.com/journals/jnm/2022/9984308/> (data obrashcheniya: 03.06.24)
22. Rey-Méndez R., Rodríguez-Argüelles M.C., González-Ballesteros N. Flower, stem, and leaf extracts from *Hypericum perforatum* L. to synthesize gold nanoparticles: Effectiveness and antioxidant activity // *Surfaces and Interfaces*. – 2022. – Т. 32. – С. 102181. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2022.102181> (data obrashcheniya: 03.06.24)
23. 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. – Т. 98. – С. 423-428. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.08.072> (data obrashcheniya: 03.06.24)
24. Alkhatlan A.H. et al. Evaluation of the anticancer activity of phytomolecules conjugated gold nanoparticles synthesized by aqueous extracts of *Zingiber officinale* (ginger) and *Nigella sativa* L. seeds (black cumin) // *Materials*. – 2021. – Т. 14. – №. 12. – С. 3368. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/12/3368> (data obrashcheniya: 03.06.24)
25. Aboyewa J.A. et al. Green synthesis of metallic nanoparticles using some selected medicinal plants from southern africa and their biological applications // *Plants*. – 2021. – Т. 10. – №. 9. – С. 1929. <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/9/1929> (data obrashcheniya: 03.06.24)
26. Tyagi P.K. et al. Green synthesis of iron nanoparticles from spinach leaf and banana peel aqueous extracts and evaluation of antibacterial potential // *Journal of Nanomaterials*. – 2021. – Т. 2021. – С. 1-11. <https://www.hindawi.com/journals/jnm/2021/4871453/> (data obrashcheniya: 03.06.24)
27. Umair Raza M. et al. Phytomediated silver nanoparticles (AgNPs) embellish antioxidant defense system, ameliorating HLB-diseased ‘Kinnow’ Mandarin plants // *Molecules*. – 2023. – Т. 28. – №. 5. – С. 2044. <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/5/2044> (data obrashcheniya: 03.06.24)
28. Razack S.A. et al. Green synthesis of iron oxide nanoparticles using *Hibiscus rosa-sinensis* for fortifying wheat biscuits // *SN Applied Sciences*. – 2020. – Т. 2. – С. 1-9. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2477-x>
29. Feng J. et al. Green manufacturing of metallic nanoparticles: A facile and universal approach to scaling up // *Journal of Materials Chemistry A*. – 2016. – Т. 4. – №. 29. – С. 11222-11227. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2016/ta/c6ta03221d> (data obrashcheniya: 03.06.24)
30. Singh A. et al. Green synthesis of metallic nanoparticles as effective alternatives to treat antibiotics resistant bacterial infections: A review // *Biotechnology Reports*. – 2020. – Т. 25. – С. e00427. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X19305934>
31. Ahmed S. et al. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise // *Journal of advanced research*. – 2016. – Т. 7. – №. 1. – С. 17-28. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123215000314> (data obrashcheniya: 03.06.24)
32. Kwiatkowska A. et al. Composite membrane dressings system with metallic nanoparticles as an antibacterial factor in wound healing // *Membranes*. – 2022. – Т. 12. – №. 2. – С. 215. <https://www.mdpi.com/2077-0375/12/2/215> (data obrashcheniya: 03.06.24)
33. Kaviya S. et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Citrus sinensis* peel extract and its antibacterial activity // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. – 2011. – Т. 79. – №. 3. – С. 594-598. (data obrashcheniya: 03.06.24)
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=Kaviya+S.%2C+Santana+lakshmi+J.%2C+Viswanathan+B.%2C+Muthumari+J.+and+Srinivasan+K.+%282011%29+Biosynthesis+of+silver+nano+particles+using+Citrussinensis+peel+extract+and+its+antibacterial+activity.&btnG
34. Kasithevar M. et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Alysicarpus monilifer* leaf extract and its antibacterial activity against MRSA and CoNS isolates in HIV patients // *Journal of Interdisciplinary Nanomedicine*. – 2017. – Т. 2. – №. 2. – С. 131-141.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jin2.26> (data obrashcheniya: 03.06.24)
35. Ebrahimi K., Shiravand S., Mahmoudvand H. Biosynthesis of copper nanoparticles using aqueous extract of *Capparis spinosa* fruit and investigation of its antibacterial activity // *Marmara Pharmaceutical*

- Journal. – 2017. – Т. 21. – №. 4. – С. 866-871. <https://dergipark.org.tr/en/pub/marupj/issue/33374/381078> (data obrashcheniya: 03.06.24)
36. Shende S. et al. Green synthesis of copper nanoparticles by *Citrus medica* Linn. (Idilimbu) juice and its antimicrobial activity // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2015. – Т. 31. – С. 865-873. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-015-1840-3>
37. Amer M. et al. Green synthesis of copper nanoparticles by *Citrus limon* fruits extract, characterization and antibacterial activity. – 2020. - *Chemistry International* 7(1) (2021) с. 1-8. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3693721 (data obrashcheniya: 03.06.24)
38. Chung I.M. et al. Green synthesis of copper nanoparticles using *Eclipta prostrata* leaves extract and their antioxidant and cytotoxic activities // *Experimental and therapeutic medicine*. – 2017. – Т. 14. – №. 1. – С. 18-24. <https://doi.org/10.3892/etm.2017.4466>
39. Wu S. et al. Green synthesis of copper nanoparticles using *Cissus vitiginea* and its antioxidant and antibacterial activity against urinary tract infection pathogens // *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. – 2020. – Т. 48. – №. 1. – С. 1153-1158. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21691401.2020.1817053> (data obrashcheniya: 03.06.24)
40. Fakhari S., Jamzad M., Kabiri Fard H. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: a comparison // *Green chemistry letters and reviews*. – 2019. – Т. 12. – №. 1. – С. 19-24 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17518253.2018.1547925> (data obrashcheniya: 03.06.24)
41. Devi R. S. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by using *Hibiscus rosa-sinensis* // *Int. J. Curr. Eng. Technol.* – 2014. – Т. 4. – №. 4. – С. 2444-2446. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c1bed74856aaa098aec47ce2646575301dbecd47> (data obrashcheniya: 03.06.24)
42. Luque P.A. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Citrus sinensis* extract // *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. – 2018. – Т. 29. – С. 9764-9770. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10854-018-9015-2> (data obrashcheniya: 03.06.24)
43. Awwad A.M. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) using *Ailanthus altissima* fruit extracts and antibacterial activity // *Chem. Int.* – 2020. – Т. 6. – №. 3. – С. 151-159. <https://www.bosaljournals.com/chemint/article/view/174> (data obrashcheniya: 03.06.24)
44. Zangeneh A., Zangeneh M.M., Moradi R. Ethnomedicinal plant-extract-assisted green synthesis of iron nanoparticles using *Allium saralicum* extract, and their antioxidant, cytotoxicity, antibacterial, antifungal and cutaneous wound-healing activities // *Applied Organometallic Chemistry*. – 2020. – Т. 34. – №. 1. – С. e5247. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aoc.5247?casa_token=VjUbiQKXGYsAAAAA%3AHyn2TVFoh7zs8HqD-0ZgNH7Vj5WS0SqdpqrqztXWDJaPV-GqPvyzG4jMFxxa1e8Skv9Bc9VTzbAgti0 (data obrashcheniya: 03.06.24)
45. Sudhakar, C., Selvam, K., Govarthanan, M., Senthilkumar, B., Sengottaiyan, A., Stalin, M. and Selvankumar, T., 2015. *Acorus calamus* rhizome extract mediated biosynthesis of silver nanoparticles and their bactericidal activity against human pathogens. *Journal of genetic engineering and biotechnology*, 13(2), pp. 93-99. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687157X15000438> (data obrashcheniya: 03.06.24).
46. Rastogi, L. and Arunachalam, J., 2011. Sunlight based irradiation strategy for rapid green synthesis of highly stable silver nanoparticles using aqueous garlic (*Allium sativum*) extract and their antibacterial potential. *Materials Chemistry and Physics*, 129(1-2), pp. 558-563. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254058411003804> (data obrashcheniya: 03.06.24).
47. Logaranjan, K., Raiza, A.J., Gopinath, S.C., Chen, Y. and Pandian, K., 2016. Shape-and size-controlled synthesis of silver nanoparticles using *Aloe vera* plant extract and their antimicrobial activity. *Nanoscale research letters*, 11, pp.1-9. <https://link.springer.com/article/10.1186/s11671-016-1725-x> (data obrashcheniya: 03.06.24).
48. Sujitha M.V., Kannan S. Green synthesis of gold nanoparticles using *Citrus* fruits (*Citrus limon*, *Citrus reticulata* and *Citrus sinensis*) aqueous extract and its characterization // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. – 2013. – Т. 102. – С. 15-23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142512009134> (data obrashcheniya: 03.06.24).
49. Kumar V.G. et al. Facile green synthesis of gold nanoparticles using leaf extract of antidiabetic potent *Cassia auriculata* // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2011. – Т. 87. – №. 1. – С. 159-163.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092777651100275X> (data obrashcheniya: 03.06.24).

50. Bibi, I., Nazar, N., Ata, S., Sultan, M., Ali, A., Abbas, A., Jilani, K., Kamal, S., Sarim, F.M., Khan, M.I. and Jalal, F., 2019. Green synthesis of iron oxide nanoparticles using pomegranate seeds extract and photocatalytic activity evaluation for the degradation of textile dye. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6), pp.6115-6124. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785419311536> (data obrashcheniya: 03.06.24).

51. Demirezen, D.A., Yıldız, Y.Ş., Yılmaz, Ş. and Yılmaz, D.D., 2019. Green synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles using *Ficus carica* (common fig) dried fruit extract. *Journal of bioscience and bioengineering*, 127(2), pp. 241-245.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389172318301841> (data obrashcheniya: 03.06.24).

References:

1. Hamitova T.O., Ospanova S.G. Zelenye nanotekhnologii: sintez metallicheskih nanochastich s ispolzovaniem rastenij «M.A. Gendelmannyn 110 zhyldyryna arnalğan «Sejfullin oqulary – 19» halykaralyq ғылыми-praktikalıq konferenciya synyn materialdary - Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sejfullinskie chteniya – 19», posvyashennoj 110-letiyu M.A. Gendelmana». - 2023. - T.I, Ch.I. - C. 51-53.

<https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/%D0%A1%D0%A7-19/%D0%A5%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%A2%20%D1%81%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BE.pdf> (data obrashcheniya: 03.06.24)

2. Nakysbaev Zh.T., Sinteznanochastich medi razlichnymi metodami i radiacionnaya modifikaciya ih struktury. / dissertaciya na soiskanie stepeni doktora filosofii PhD. - Respublika Kazakhstan, Almaty, 2021. - s. 109

<https://www.kaznu.kz/content/files/pages/folder17928/4%20%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D1%8B%D1%81%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%96.%D0%A2.pdf>

3. Krutikov Yu.A., Kudrinskij A.A., Olejnik A.Yu., Lisichkin G.V. Sintez i svoystva nanochastich serebra: dostizheniya i perspektivy // *Uspehi himii*. - 2008. - T. 77. - № 3. - S. 242-269. <https://www.gramota.net/materials/1/2013/10/22.html> (data obrashcheniya: 03.06.24)

4. Pomogajlo A.D., Rozenberg A.S., Uflyand I.E. Nanochasticy metallov v polimerah. - M.: Himiya, 2000. - 672 s. https://www.studmed.ru/pomogajlo-ad-rozenberg-as-uflyand-ie-nanochasticy-metallov-v-polimerah_47738706f7a.html (data obrashcheniya: 03.06.24)

5. Kopach O.V., Kuzovkova A.A., Azizbekyan S.G., Reshetnikov V.N. Ispolzovanie nanochastich mikroelementov v biotekhnologii lekarstvennyh rastenij: vozdejstvie nanochastich medi na kletochnye kultury *Silybum Marianum* L. // *Nauchnyj zhurnal Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta*. - «Fiziologicheskie, biohimicheskie i molekulyarnye osnovy funkcionirovaniya biosistem». - Tom 8. V dvuh chastyah. Chast 2. - Minsk, 2013. - s. 21-24. <https://www.researchgate.net/publication/331037140> (data obrashcheniya: 03.06.24)

6. Farsiyan L.M., Oganessian A.A. Sintez zelenyh nanochastich oksidov zheleza i issledovanie ih citotoksichnosti // *Trinadcataya godichnaya nauchnaya konferenciya*. - 2019. - S. 219. <https://science.rau.am/uploads/documents/1623177308.pdf#page=219>

7. Nauryzbayeva A. et al. Research on development of nanotechnology in the Republic of Kazakhstan // *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex use of mineral resources*. - 2022. - T. 320. - №. 1. - S. 60-66. (data obrashcheniya: 03.06.24)

8. Jha Z. et al. Nanotechnology: prospects of agricultural advancement // *Nano Vision*. - 2011. - T. 1. - №. 2. - C. 88-100.

https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=Nanotechnology%3A+prospects+of+agricultural+advancement+&btnG= (data obrashcheniya: 03.06.24)

9. Jafarizad A. et al. Synthesis and characterization of gold nanoparticles using *Hypericum perforatum* and *Nettle* aqueous extracts: A comparison with turkevich method // *Environmental Progress & Sustainable Energy*. - 2019. - T. 38. - №. 2. - C. 508-517. <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ep.12964> (data obrashcheniya: 03.06.24)

10. Shah S. S. et al. Present status and future prospects of jute in nanotechnology: A review // *The Chemical Record*. - 2021. - T. 21. - №. 7. - C. 1631-1665

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tcr.202100135?casa_token=RsqGMkc1OkAAAAA%3Aern-IQ2aOoKrRAMxKguY_pbb2UBWZbgGvYd7pRA_rZj4k0KqT3j137Zrok4dwyk6GiRRBE4Sjg-XXM (data obrashcheniya: 03.06.24)

11. Marslin G. et al. Secondary metabolites in the green synthesis of metallic nanoparticles // *Materials*. – 2018. – Т. 11. – №. 6. – С. 940. <https://www.mdpi.com/1996-1944/11/6/940> (data obrashcheniya: 03.06.24)
12. Dhand C. et al. Methods and strategies for the synthesis of diverse nanoparticles and their applications: a comprehensive overview // *Rsc Advances*. – 2015. – Т. 5. – №. 127. – С. 105003-105037. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2015/ra/c5ra19388e> (data obrashcheniya: 03.06.24)
13. Saxena A. et al. Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous solution of *Ficus benghalensis* leaf extract and characterization of their antibacterial activity // *Materials letters*. – 2012. – Т. 67. – №. 1. – С. 91-94. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167577X11010639> (data obrashcheniya: 03.06.24)
14. Bala N. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Hibiscus subdariffa* leaf extract: effect of temperature on synthesis, anti-bacterial activity and anti-diabetic activity // *RSC Advances*. – 2015. – Т. 5. – №. 7. – С. 4993-5003. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/ra/c4ra12784f> (data obrashcheniya: 03.06.24)
15. Shah M. et al. Green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities // *Materials*. – 2015. – Т. 8. – №. 11. – С. 7278-7308. <https://www.mdpi.com/1996-1944/8/11/7278> (data obrashcheniya: 03.06.24)
16. Elia P. et al. Green synthesis of gold nanoparticles using plant extracts as reducing agents // *International journal of nanomedicine*. – 2014. – С. 4007-4021. <https://doi.org/10.2147/IJN.S57343> (data obrashcheniya: 03.06.24)
17. Saxena A., Tripathi R.M., Singh R.P. Biological synthesis of silver nanoparticles by using onion (*Allium cepa*) extract and their antibacterial activity // *Dig J Nanomater Bios*. – 2010. – Т. 5. – №. 2. – С. 427-432. https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=Biological+synthesis+of+silver+nanoparticle+s+by+using+onion+%28Allium+cepa%29+extract+and+their+antibacterial+activity&btnG= (data obrashcheniya: 03.06.24)
18. Hasan S. A review on nanoparticles: their synthesis and types // *Res. J. Recent Sci*. – 2015. – Т. 2277. – С. 2502. https://scholar.google.ru/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=A+review+on+nanoparticles%3A+their+synthesis+and+types&btnG= (data obrashcheniya: 03.06.24)
19. Mittal A.K., Chisti Y., Banerjee U.C. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts // *Biotechnology advances*. – 2013. – Т. 31. – №. 2. – С. 346-356. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975013000050> (data obrashcheniya: 03.06.24)
20. Ge L., Li Q., Wang M., Ouyang J., Li X.J., Xing M.M. Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity. *Int. J. Nanomedicine*, 2014; 9: 2399- 2407.
21. Mohammed A.B.A. et al. Antioxidant and antibacterial activities of silver nanoparticles biosynthesized by *Moringa Oleifera* through response surface methodology // *Journal of Nanomaterials*. – 2022. – Т. 2022. – С. 1-15. <https://www.hindawi.com/journals/jnm/2022/9984308/> (data obrashcheniya: 03.06.24)
22. Rey-Méndez R., Rodríguez-Argüelles M.C., González-Ballesteros N. Flower, stem, and leaf extracts from *Hypericum perforatum* L. to synthesize gold nanoparticles: Effectiveness and antioxidant activity // *Surfaces and Interfaces*. – 2022. – Т. 32. – С. 102181. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2022.102181> (data obrashcheniya: 03.06.24)
23. 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. – Т. 98. – С. 423-428. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.08.072> (data obrashcheniya: 03.06.24)
24. Alkhatlan A.H. et al. Evaluation of the anticancer activity of phytochemicals conjugated gold nanoparticles synthesized by aqueous extracts of *Zingiber officinale* (ginger) and *Nigella sativa* L. seeds (black cumin) // *Materials*. – 2021. – Т. 14. – №. 12. – С. 3368. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/12/3368> (data obrashcheniya: 03.06.24)
25. Aboyewa J.A. et al. Green synthesis of metallic nanoparticles using some selected medicinal plants from southern africa and their biological applications // *Plants*. – 2021. – Т. 10. – №. 9. – С. 1929. <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/9/1929> (data obrashcheniya: 03.06.24)
26. Tyagi P.K. et al. Green synthesis of iron nanoparticles from spinach leaf and banana peel aqueous extracts and evaluation of antibacterial potential // *Journal of Nanomaterials*. – 2021. – Т. 2021. – С. 1-11. <https://www.hindawi.com/journals/jnm/2021/4871453/> (data obrashcheniya: 03.06.24)

27. Umair Raza M. et al. Phytomediated silver nanoparticles (AgNPs) embellish antioxidant defense system, ameliorating HLB-diseased 'Kinnow' Mandarin plants // *Molecules*. – 2023. – Т. 28. – №. 5. – С. 2044. <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/5/2044> (data obrashcheniya: 03.06.24)
28. Razack S.A. et al. Green synthesis of iron oxide nanoparticles using *Hibiscus rosa-sinensis* for fortifying wheat biscuits // *SN Applied Sciences*. – 2020. – Т. 2. – С. 1-9. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2477-x>
29. Feng J. et al. Green manufacturing of metallic nanoparticles: A facile and universal approach to scaling up // *Journal of Materials Chemistry A*. – 2016. – Т. 4. – №. 29. – С. 11222-11227. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2016/ta/c6ta03221d> (data obrashcheniya: 03.06.24)
30. Singh A. et al. Green synthesis of metallic nanoparticles as effective alternatives to treat antibiotics resistant bacterial infections: A review // *Biotechnology Reports*. – 2020. – Т. 25. – С. e00427. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X19305934>
31. Ahmed S. et al. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise // *Journal of advanced research*. – 2016. – Т. 7. – №. 1. – С. 17-28. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123215000314> (data obrashcheniya: 03.06.24)
32. Kwiatkowska A. et al. Composite membrane dressings system with metallic nanoparticles as an antibacterial factor in wound healing // *Membranes*. – 2022. – Т. 12. – №. 2. – С. 215. <https://www.mdpi.com/2077-0375/12/2/215> (data obrashcheniya: 03.06.24)
33. Kaviya S. et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Citrus sinensis* peel extract and its antibacterial activity // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. – 2011. – Т. 79. – №. 3. – С. 594-598. (data obrashcheniya: 03.06.24)
https://scholar.google.com/scholar?hl=ru&as_sdt=0%2C5&q=Kaviya+S.%2C+Santa+lakshmi+J.%2C+Viswanathan+B.%2C+Muthumari+J.+and+Srinivasan+K.+%282011%29+Biosynthesis+of+silver+nanoparticles+using+Citrussinensis+peel+extract+and+its+antibacterial+activity.&btnG
34. Kasithevar M. et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Alysicarpus monilifer* leaf extract and its antibacterial activity against MRSA and CoNS isolates in HIV patients // *Journal of Interdisciplinary Nanomedicine*. – 2017. – Т. 2. – №. 2. – С. 131-141. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jin2.26> (data obrashcheniya: 03.06.24)
35. Ebrahimi K., Shiravand S., Mahmoudvand H. Biosynthesis of copper nanoparticles using aqueous extract of *Capparis spinosa* fruit and investigation of its antibacterial activity // *Marmara Pharmaceutical Journal*. – 2017. – Т. 21. – №. 4. – С. 866-871. <https://dergipark.org.tr/en/pub/marupj/issue/33374/381078> (data obrashcheniya: 03.06.24)
36. Shende S. et al. Green synthesis of copper nanoparticles by *Citrus medica* Linn.(Idilimbu) juice and its antimicrobial activity // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2015. – Т. 31. – С. 865-873. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-015-1840-3>
37. Amer M. et al. Green synthesis of copper nanoparticles by *Citrus limon* fruits extract, characterization and antibacterial activity. – 2020. - *Chemistry International* 7(1) (2021) c. 1-8. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3693721 (data obrashcheniya: 03.06.24)
38. Chung I.M. et al. Green synthesis of copper nanoparticles using *Eclipta prostrata* leaves extract and their antioxidant and cytotoxic activities // *Experimental and therapeutic medicine*. – 2017. – Т. 14. – №. 1. – С. 18-24. <https://doi.org/10.3892/etm.2017.4466>
39. Wu S. et al. Green synthesis of copper nanoparticles using *Cissus vitiginea* and its antioxidant and antibacterial activity against urinary tract infection pathogens // *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. – 2020. – Т. 48. – №. 1. – С. 1153-1158. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21691401.2020.1817053> (data obrashcheniya: 03.06.24)
40. Fakhari S., Jamzad M., Kabiri Fard H. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: a comparison // *Green chemistry letters and reviews*. – 2019. – Т. 12. – №. 1. – С. 19-24 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17518253.2018.1547925> (data obrashcheniya: 03.06.24)
41. Devi R. S. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by using *Hibiscus rosa-sinensis* // *Int. J. Curr. Eng. Technol*. – 2014. – Т. 4. – №. 4. – С. 2444-2446. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c1bed74856aaa098aec47ce2646575301dbecd47> (data obrashcheniya: 03.06.24)
42. Luque P.A. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Citrus sinensis* extract // *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. – 2018. – Т. 29. – С. 9764-9770. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10854-018-9015-2> (data obrashcheniya: 03.06.24)

43. Awwad A.M. et al. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) using *Ailanthus altissima* fruit extracts and antibacterial activity // *Chem. Int.* – 2020. – Т. 6. – №. 3. – С. 151-159. <https://www.bosaljournals.com/chemint/article/view/174> (data obrashcheniya: 03.06.24)
44. Zangeneh A., Zangeneh M.M., Moradi R. Ethnomedicinal plant-extract-assisted green synthesis of iron nanoparticles using *Allium saralicum* extract, and their antioxidant, cytotoxicity, antibacterial, antifungal and cutaneous wound-healing activities // *Applied Organometallic Chemistry*. – 2020. – Т. 34. – №. 1. – С. e5247. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aoc.5247?casa_token=VjUbiQKXGYsAAAAA%3AHyn2TVFoh7zs8Hqd-0ZgNH7Vj5WS0SqdpqrqtXWDJaPV-GqPvyzG4jMFxxa1e8Skv9Bc9VTzbAgti0 (data obrashcheniya: 03.06.24)
45. Sudhakar, C., Selvam, K., Govarthan, M., Senthilkumar, B., Sengottaiyan, A., Stalin, M. and Selvakumar, T., 2015. *Acorus calamus* rhizome extract mediated biosynthesis of silver nanoparticles and their bactericidal activity against human pathogens. *Journal of genetic engineering and biotechnology*, 13(2), pp.93-99. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687157X15000438> (data obrashcheniya: 03.06.24).
46. Rastogi, L. and Arunachalam, J., 2011. Sunlight based irradiation strategy for rapid green synthesis of highly stable silver nanoparticles using aqueous garlic (*Allium sativum*) extract and their antibacterial potential. *Materials Chemistry and Physics*, 129(1-2), pp. 558-563. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254058411003804> (data obrashcheniya: 03.06.24).
47. Logaranjan, K., Raiza, A.J., Gopinath, S.C., Chen, Y. and Pandian, K., 2016. Shape-and size-controlled synthesis of silver nanoparticles using *Aloe vera* plant extract and their antimicrobial activity. *Nanoscale research letters*, 11, pp. 1-9. <https://link.springer.com/article/10.1186/s11671-016-1725-x> (data obrashcheniya: 03.06.24).
48. Sujitha M.V., Kannan S. Green synthesis of gold nanoparticles using Citrus fruits (*Citrus limon*, *Citrus reticulata* and *Citrus sinensis*) aqueous extract and its characterization // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. – 2013. – Т. 102. – С. 15-23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142512009134> (data obrashcheniya: 03.06.24).
49. Kumar V.G. et al. Facile green synthesis of gold nanoparticles using leaf extract of antidiabetic potent *Cassia auriculata* // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2011. – Т. 87. – №. 1. – С. 159-163. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092777651100275X> (data obrashcheniya: 03.06.24).
50. Bibi, I., Nazar, N., Ata, S., Sultan, M., Ali, A., Abbas, A., Jilani, K., Kamal, S., Sarim, F.M., Khan, M.I. and Jalal, F., 2019. Green synthesis of iron oxide nanoparticles using pomegranate seeds extract and photocatalytic activity evaluation for the degradation of textile dye. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6), pp.6115-6124. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785419311536> (data obrashcheniya: 03.06.24).
51. Demirezen, D.A., Yıldız, Y.Ş., Yılmaz, Ş. and Yılmaz, D.D., 2019. Green synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles using *Ficus carica* (common fig) dried fruit extract. *Journal of bioscience and bioengineering*, 127(2), pp. 241-245. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389172318301841> (data obrashcheniya: 03.06.24).

Information about the authors:

Seitkhanova K.K. – corresponding author, master of agricultural sciences, Non-profit Joint stock Company «Toraigrov University», Pavlodar, Kazakhstan; e-mail: seyt.k@inbox.ru;
Anikina I.B. – candidate of Agricultural Sciences, associate professor, Non-profit Joint stock Company «Toraigrov University», Pavlodar, Kazakhstan; email: anikina.i@mail.ru.