DOI:10.26104/IVK.2022.45.557

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ КЫРГЫЗСТАНА, № 1, 2022

ХИМИЯ ИЛИМДЕРИ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

CHEMICAL SCIENCES

Абдирашит кызы А., Омурзак уулу Э.

КРЕМНИЙ НАНОБӨЛҮКЧӨСҮНҮН АЛЫНЫШЫ ЖАНА АЛАРДЫН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ

Абдирашит кызы А., Омурзак уулу Э.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ КРЕМНИЯ И ИХ СВОЙСТВА

Abdirashit kyzy A., Omurzak uulu E.

OBTAINING SILICON NANOPARTICLES AND THEIR PROPERTIES

УДК: 546.56+546.57

Бул макалада кремний нанобөлүкчөсү жогорку тазалыктагы кремний куймасынан импульстук плазма ыкмасы менен синтезделди. Дистирленген сууда, 10%, 40%, 70%, 90% концентрацияларындагы спирт эритмесинде алынган кремний үлгүлөрүнүн рентген фазалык анализи кремний үлгүлөрүнүн фазалык курамы таза кремнийди көрсөттү. Электрон микроскобу менен анализденген учурда, алынган кремний үлгүлөрүнүн бөлүкчөлөрүнүн чоңдугу орточо 40 нм таякча формасындагы нанобөлүкчө экени далилденди. Импульстук плазма методу менен алынган ошол кремний нанобөлүкчөлөрүн айыл чарба тармагында колдонуу багыты каралды. Изилдөөнү жүргүзүү үчүн үлгү катары арпа, буудай дандары тандалып алынды. Изилдөөгө алынган дан азыктарынын өнүү пайызы, өсүү бийиктиги, тамыр узундугу контролдук үлгүгө салыштырылып аныкталды. Изилдөөнүн натыйжасында үлгүлөрдүн өнүү пайызы, өсүү бийиктиги, тамыр узундугунда маанилүү айырмачылыктар байкалды. Арпанын өнүү пайызы жана өсүү бийиктиги жогору болду. Кремний нанобөлүкчөсүнүн топурактагы концентрациясы жогорулаган сайын арпа жана буудайдын тамыр узундугу котролдук үлгүгө салыштырмалуу кыска, бирок бекем жана тик абалда болгондугу аныкталды. Изилдөөнүн жыйынтыгында дан өсүмдүктөрүнө кремний нанобөлүкчөсүн топурак катары колдонуу менен өсүмдүктөрдүн сырткы факторлордун таасирине каршы негиз катары колдонулушу мүмкүн.

Негизги сөздөр: *кремний нанобөлүкчөлөрү, импульстук плазма, суюктук, кремний, өсүмдүктөрдүн өсүшү.*

В этой статье наночастица кремния была синтезирована из кремниевого слитка высокой чистоты методом импульсной плазмы. В дистиллированной воде, 10%, 40%, 70%, 90% рентгеновский фазовый анализ образцов кремния, взятых в спиртовом растворе в концентрациях, показал, что фазовый состав образцов кремния представляет собой чистого кремния. В случае анализа с помощью электронного микроскопа было показано, что размер частиц полученных образцов кремния представляет собой стержневую наночастицу со средней длиной 40 нм. Была рассмотрена область применения тех наночастиц кремния, которые были получены методом ударной плазмы. В качестве образцов для проведения исследования были выбраны зерна ячменя и пшеницы. Процент всхожести, высота роста, длина корня исследованных зерновых продуктов были определены по сравнению с контрольным образцом. Исследование показало важные различия в проценте прорастания образцов, высоте роста, длине корней. У ячменя был более высокий процент прорастания и более высокая высота роста. По мере увеличения концентрации Кремниевой наночастицы в почве было обнаружено, что длина корня ячменя и пшеницы была короче, но прочнее и в вертикальном положении по сравнению с образцом контроля. Исследование показало, что использование наночастиц кремния на зерновых культурах в качестве почвы может быть использовано в качестве основы для противодействия воздействию внешних факторов растений.

Ключевые слова: *наночастица кремния, импульсная плазма, жидкость, кремний, рост растений.*

In this article, silicon nanoparticles were synthesized from a high-purity silicon ingot by pulsed plasma. In distilled water, 10%, 40%, 70%, 90% X-ray phase analysis of silicon samples taken in alcohol solution in concentrations showed that the phase composition of silicon samples is pure silicon. In the case of analysis using an electron microscope, it was shown that the particle size of the obtained silicon samples is a rod nanoparticle with an average length of 40 nm. The scope of application of those silicon nanoparticles that were obtained by the shock plasma method was considered. Barley and wheat grains were selected as samples for the study. The percentage of germination, height of growth, root length of the studied grain products were determined in comparison with the control sample. The study showed important differences in the percentage of germination of samples, height of growth, length of roots. Barley had a higher germination rate and a higher growth height. As the concentration of Silicon nanoparticles in the soil increased, it was found that the length of the root of barley and wheat was shorter, but stronger and in an upright position compared to the cotrol sample. The study showed that the use of silicon nanoparticles on grain crops as soil can be used as a basis for countering the effects of external factors of plants.

Key words: *silicon nanoparticle, pulsed plasma, liquid, silicon, plant growth.*

Киришүү. Кремний нанобөлүкчөсү акыркы жылдарда медицина [1], айыл-чарба тармагында жер семирткич [2], өсүмдүк зыянкечтерине [3], жана литий ион батареясын өндүрүүдө [4], кеңири колдонулат. Кремний элементи жер кыртышынын 25,8% ээлейт жана таза түрүндө кездешпейт [5]. Акыркы учурда кремний кошулмаларынан химиялык жол менен кремний нанобөлүкчөсүн алуу жолу өнүгүп жаткан учуру [6]. Өсүмдүк кабыгы, күрүч сабагы химиялык жол менен кремний нанобөлүкчөсүн алууда кеңири

DOI:10.26104/IVK.2022.45.557

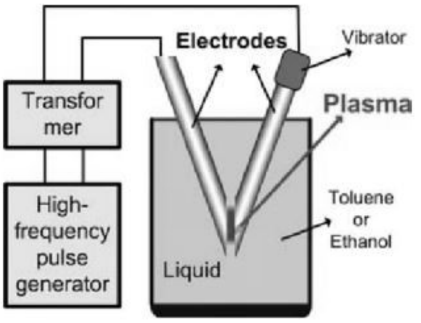
колдонулат [7]. Кремний нанобөлүкчөсү акыркы он жыл ичинде изилденип, өзгөчө физикалык касиети активдүү беттик катмары, айырмалоочу фотолюминценциясы жана биошайкештиги менен кызыгууну арттырууда [8]. Андан ары, энергетика жана электрондук инженерия жаатында аларды колдонуу кеңири өнүгүүдө. Химиялык жол менен кремнийди күрүч кабыгынан алуу эң ыңгайлуу жана көп чыгым талап кылбаган, кайрадан күрүчтүн колдонулбай ташталган кабыгынан алып жер семирткич, пестицид, топурак катары колдонуу багыты изилденип жатат [2, 3]. Кыргызстанда да күрүч жана буудай дандарын өстүрүү көлөмү башка дан азыктарына караганда жогору [9]. Кремний нанобөлүкчөсү өсүмдүктөргө колдонууда физиологиялык негизги өзгөчөлүгү жана өсүмдүктөрдүн метаболикалык активдүүлүгүнө таасир берет [10]. Кремний нанобөлүкчөлөрүнүн мезопорациялык мүнөзү аларды айыл чарбасында жардам бере турган ар кандай молекулалар үчүн ылайыктуу нано ташуучу катары жакшы талапкерлерге айландырат [2, 11].

Нанобөлүкчөлөрдү синтездөөнүн көптөгөн методдору бар. Алардын ичинен золь-гель [12], биологиялык синтез [13], төмөндөн-өйдө [14], суюктук ичиндеги импульстук плазма [15] ж.б. Импульстук плазма методунда ток булагынын интенсивдүүлүгүн жогорулатуу үчүн импульстук генератор колдонулат. Суюктуктагы импульстук плазма ыкмасы баасы арзан, экологиялык жактан таза жана жөнөкөй ыкмалардан. Бул ыкмада эки электрод электрикалык заряд аркылуу диэлектрикалык суюктук ичинде бириктирилет. Импульстук плазма ыкмасы тандоо башка ыкмалардай ар кандай шарттарды түзүүнүн талап кылбагандыгы менен айырмаланат. Нанобөлүкчөлөрдү химиялык жол менен алууда золь-гель ыкмасы колдонулат. Золь-гель ыкмасы менен нанобөлүкчө алуу бир канча баскыч менен ишке ашат. Гидролиздөө, конденсациялоо, кургатуу жана кальцинациялоо. Бир канча баскычта жана шарттарды камсыздоонун ордуна импульстук плазма ыкмасын колдонуу менен нанобөлүкчөнү алуу, оңой, чыгымдын аз талап кылган, экологиялык жактан таза. Кремний нанобөлүкчөсү акыркы учурда көп багытта колдонулган жана кээ бир багыттарда колдонуу жагы изилденип жаткан жаңы багыттардын бири. Изилдөөлөрдө кремний нанобөлүкчөсү синтезделип, аны каптоолорду колдонуу багыты каралып, айыл чарба багытында өсүмдүктөргө колдонуу багытындагы изилдөөлөр аз. Кремний нанобөлүкчөсүн топурак катары колдонуп өсүмдүктөрдүн өсүүсүнө, ар башка физикалык факторлорго каршы колдонсо болот.

Материалдар жана изилдөө методдору. *Реагенттер:* кремний кристаллы (тазалыгы 99,999%), этанол (96%), дистирленген суу, калий перманганаты, топурак.

Жабдыктар: импульстук плазма аппараты, стакан, рентген дифракциялык анализ жабдыгы, сканирлөөчү электрондук микроскоп.

Импульстук генератор 50 Герц жыштыктагы токтун циклдык узундугун 10 μс ка кичирейтип, энергиясын (амплитудасын) 100 Амперге чейин чоңойтуп берет жана пайда болгон плазма чөйрөсүндө температура 10 миң Кельвинге чейин жетет. Бирок бул импульсун узундугу өтө кыска болгондуктан, аны курчап турган чөйрөгө чоң таасир тийгизбейт, ошонун натыйжасында чөйрөнүн температурасы бөлмө температурасынан айырмасы дээрлик болбойт. Кириш ток булагынын чыңалуусу 220 В, ток күчү 3 А параметрде болот. Синтезде суюк чөйрө катары суу же спирт тандалат. Анодго да катодго да электрод катары кремнийдин куймасы туташтырылат [15]. Бир нече саат импульс плазмасы иштегенден кийин алынган тоз түрүндөгү бөлүкчөлөрдү суюктуктан бөлүп алынат жана анализдөө үчүн кургатылат. Нанобөлүкчөнүн фазалык абалы рентген нурунун дифракциялык анализи аркылуу аныкталат. Рентген спектри (High flux rotating anode x-ray) аркылуу CuKa нурларын колдонуу менен алынды. Hitachi-s-4700-SEM маркасындагы сканирлөөчү электрондук микроскоп аркылуу нанобөлүкчөнүн чоңойтулган масштабдуу сүрөтү тартылды. Ар башка чөйрөнүн жана концентрациянын нанобөлүкчөгө болгон таасири каралды.



1-сүрөт. Суюктуктагы импульстук плазма ыкмасынын схемалык көрүнүшү.

Кремний кристаллдары (катод жана анод) электродко карматылды. 100 мл стаканга ар кандай концентрациядагы спирт эеритмесин жана ар башка температураны камсыздоо менен суютук ичинде синтезделди. Нанобөлүкчөнүн синтези керектүү болгон нанобөлүкчөнүн массасына жараша бир саттан үч-төрт саатка чейин кармалды.

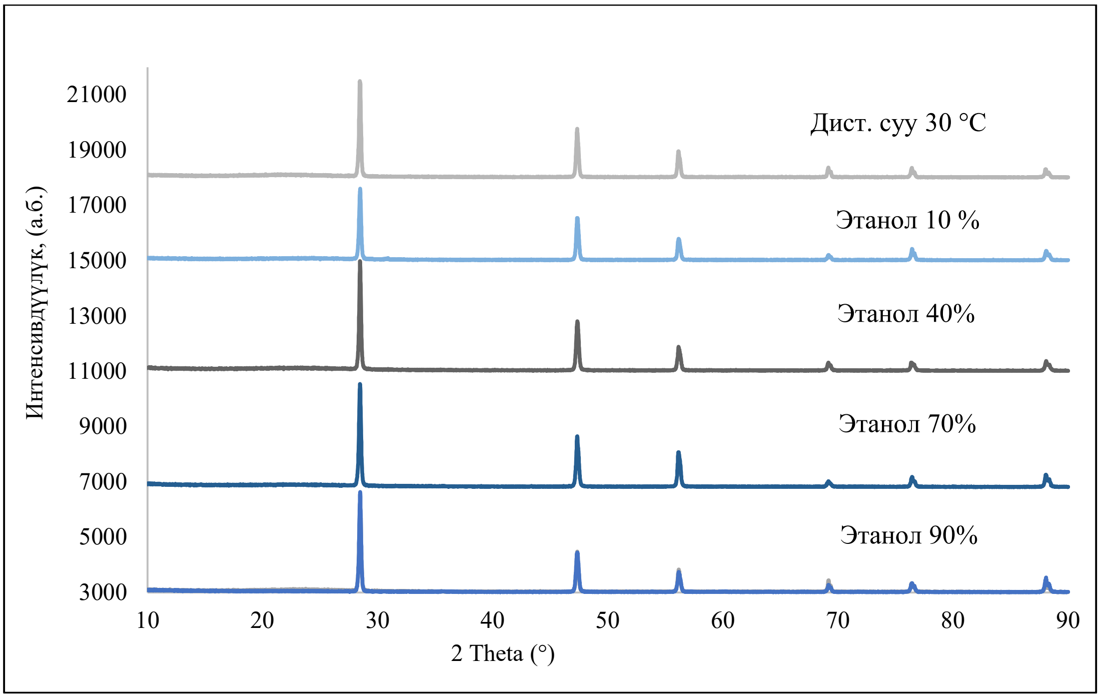
Кремний нанобөлүкчөлөрүнүн өсүмдүктөргө таасири: импульстук плазма жолу менен алынган нанобөлүкчөнү арпа жана буудайга топурак катары колдонуп өсүү бийиктигине, тамыр узундугуна, өнүү пайызына болгон таасири каралды [16,17]. Буудай

DOI:10.26104/IVK.2022.45.557

(Краснодарская 99), арпа (Гетман) түрү тандалып алынып, дандагы патогендик заттарды жок кылуу үчүн 1% калий перманганат ээритмесинде 20 мүнөт кармалды [18]. Топуракка кремний нанобөлүкчөсү ар башка массада аралаштырылып буудай жана арпа өстүрүлдү. Арпа жана буудайды өстүрүүдө топурак Ала-Арчадан алынды. Топуракты ар кандай чоң таштары эленип алынып, нано кремний топуракка аралаштырылып ар башка концентрацияда өстүрүлдү.

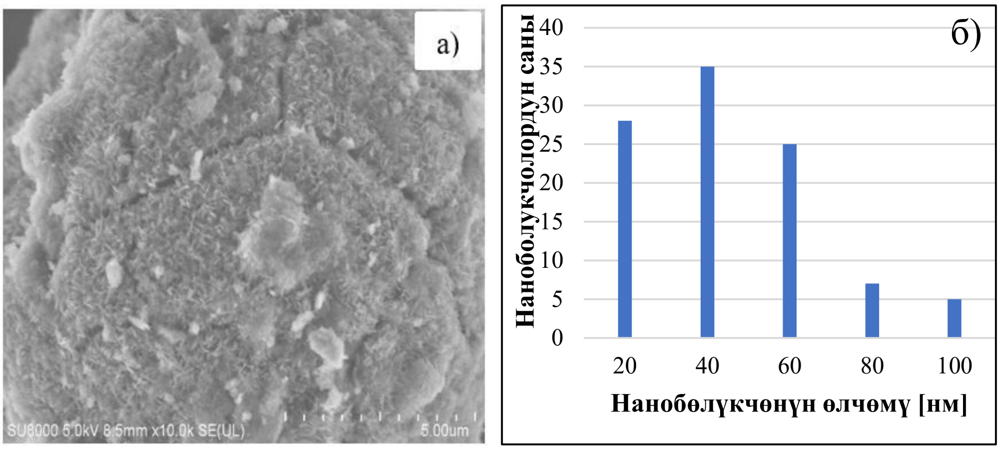
Жыйынтык жана талкуулоо. 2-сүрөттө ар кандай концентрацияда алынган кремний үлгүлөрүнүн рентген диффрактограммасы берилген. Графикте көрсөтүлгөндөй дистирленген сууда, 40% спирт эритмесинде бөлүкчөлөрдүн интенсивдүүлүгү жогору болду. Жогорку интенсивдүүлүк бөлүкчөлөрдүн кристалдашуу даражасын көрсөтөт. Төмөнкү концентрациядагы спирт эритмесинде жогорку кристталдашуу даражасы байкалган жок. Синтезделген кремний нанобөлүкчөсү JCPDS 27-1402 номерлүү таза кремнийдин кристалдык маалыматы менен дал келди. 3-сүрөт а) да сканирлөөчү электрондук микроскоп менен тартылган кремний нанобөлүкчөсүнүн масштабдуу көрүнүшү жана нанобөлүкчө таякча формасында экенин байкоого болот. 3-сүрөт б) да нанобөлүкчөнүн кармалышынын саны ‘ImageJ contact angle plungin’ программасы менен көрсөтүлдү [19]. Графикте көрсөтүлгөндөй эң көп 40 нм өлчөмүндөгү кремний нанобөлүчөсү кармалган. 20, 80 нм өлчөмүндөгү нанобөлүкчөлөр да жогору экендиги аныкталды.

Таблица 1де арпа жана буудай өнүп чыккан күндөн тарта 14 күн ичинде өсүү бийиктиги тик абалдан жыгылганча өлчөндү. Контролдук буудайда, 0,005гр, 0,01гр концентрациясында өсүү бийиктиги дээрлик бирдей, 0,02 гр коцентрацияда буудайдын өсүүсү жогору болду. Контролдук жана 0,005гр коцентрациядагы арпа отургузулгандан кийин 6, 8 күн ичинде чыкты. 0,01 гр, 0,02 гр концентрациясындагы арпа 4 күндө бирдей чыкты. Контролдук арпа жана башка концентрациядагы үлгүлөргө салыштырмалуу нанобөлүкчө 0,01 гр өлчөмүндө өсүү жогору болду. Тик абалы жана бекемдиги боюнча нанобөлүкчө колдонулган үлгүлөр эң жакшы көрсөткүч берди. 4-сүрөттө арпа жана буудайдын тамырынын өсүүсү берилди. Арпада нанобөлүкчө тамырга жогорку деңгээлде таасир берген жок. Буудайда концентрация жогорулаган сайын тамыр кыска болгондугу байкалды.



2-сүрөт. Кремний нанобөлүкчөсүнүн рентген дифрациялык спектри.

DOI:10.26104/IVK.2022.45.557

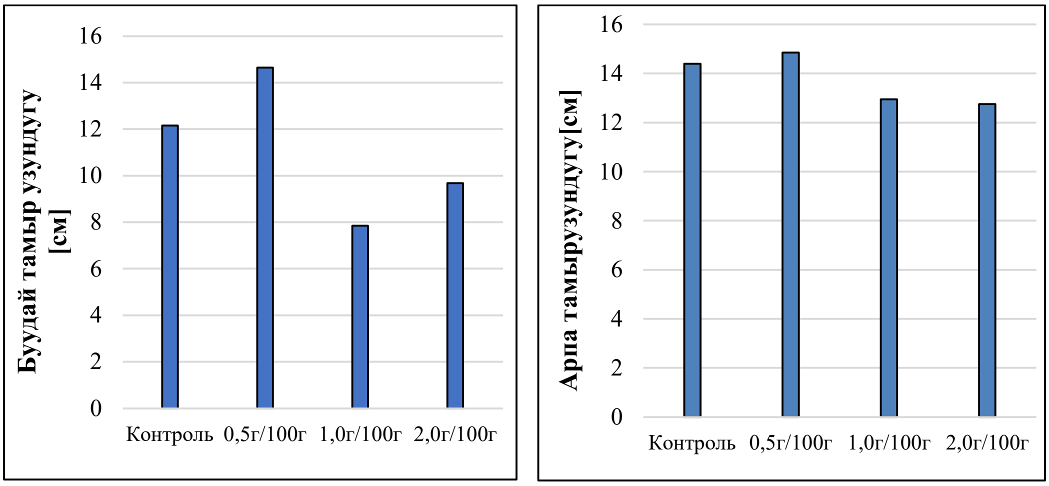


3-сүрөт. а) кремний нанобөлүкчөсүнүн сканирлөөчү электрондук микроскоптогу көрүнүшү; б) нанобөлүкчөнүн өлчөмүнүн проценттик үлүшү.

1-таблица

Буудай жана арпанын ар башка концентрацияда өсүүсү.

Күндөр	**Буудай**				**Арпа**			
	Контроль см	**0,005гр см**	**0,01гр см**	**0,02гр см**	**Контроль см**	**0,005гр см**	**0,01гр см**	**0,02гр см**
1	0,8	1.26	1.33	0.875	-	-	1.0	0.75
2	1.65	2.53	4.17	3.4	-	-	3.2	1.775
3	1.65	5.14	5.675	6.38	0.8	-	5.95	3.7
4	4.0	7.56	7.75	8.65	3.5	-	7.25	5.0
5	6.34	9.74	10.9	11.3	6.52	0.86	9.5	7.7
6	8.78	13.3	13.66	14.2	10.0	3.6	12.85	11.2
7	9.78	13.46	15.45	16.23	12.42	6.92	15.43	13.4
8	10.9	13.9	16.4	18.4	13.5	9.48	15.9	14.4
9	14,8	16,8	17,3	19,03	13,7	12,5	17,3	16,3
10	18,22	18,16	17,6	19,7	16,5	13,5	17,6	18,0
11	19,6	18,9	18,77	21,3	18,08	15	20,0	19,85
12	20,0	20,3	19,6	23,1	18,6	16,5	24,55	22,0
13	21,3	20,6	20,85	24,5	22,6	18,8	26,0	23,6
14	21,9	22,08	21,95	25,5	23,6	21,7	27,5	24,2



4-сүрөт. Контролдук жана ар башка концентрациядагы арпа жана буудайдын тамыр узундугу.

DOI:10.26104/IVK.2022.45.557

Корутунду. Кремний нанобөлүкчөсү кремний кристаллынан суюктук ичиндеги импульстук плазма аркылуу этанолдун ар башка концентрациясында синтезделди. Синтезделген нанобөлүкчөнүн рентген фазалык, сканирлөөчү электрондук микроскоп менен анализи жасалды. Жогорку интенсивдүүлүктү спирттин жогорку коцентрациясында байкалды. Дистирленген суу жана төмөнкү концентрациядагы чөйрөдө алынган нанобөлүкчөлөр интенсивдүүлүгү төмөнүрөөк болду. Импульстук плазма жолу алынган порошокту топурак менен аралаштырып үч түрдүү концентрациясы даярдалып отуругузулду, нанобөлүкчөнүн таасирин байкоо үчүн контролдук буудай, арпа өстүрүлдү. Буудай жана арпа отургузулгандан кийин төрт күн ичинде өнүп чыкты. Буудайдын өсүүсү нано кремний кошулган топурактарда контролдук үлгүгө салыштырмалуу жогору, тик жана бекем, тамыр узундугу коцентрация жогорулаган сайын кыскарганы байкалды. Арпанын контролдук үлгү жана 0,005гр концентрациядагы үлгү 6, 8 күндө өнүп чыкты ал эми жогорку концентрациядагы үлгүлөр арпа буудай 4 күндө өндү. Арпа тамыры концентрацияга жогорулаган сайын кыскарды, бирок бекемдиги өсүү бийиктиги 0,01гр башка үлгүлөргө салыштырмалу жогору болду. Алынган кремний нанобөлүкчөсү айыл чарба тармагында дан өсүмдүктөрүнө колдонсо болот.

Адабияттар:

1. Полковникова Ю.А. Использование пористого кремния в качестве перспективного носителя лекарственных веществ. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский гос. унив.», 2017.
2. Siddiqui H.; Ahmed K.B.M.; Sami F.; Hayat S. Silicon nanoparticles and plants: Current knowledge and future perspectives. In Sustainable Agriculture Reviews 41: Nanotechnology for Plant Growth and Development; Hayat, S., Pichtel, J., Faizan, M., Fariduddin, Q., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2020. - PP. 129-142.
3. Goswami, A., Roy, I., Sengupta, S. & Debnath, N. Novel applications of solid and liquid formulations of nanoparticles against insect pests and pathogens. *Thin Solid Films* 519. (2010).
4. Mamun S.M., Herstedt M., Oikawa K., Gustafsson T., Otomo T., Furusaka M., Kamiyama T., Sakaebe H., Edström K. Neutron-scattering studies on carbon anode materials used in lithium-ion batteries. *Appl. Phys. A: Mater. Sci. Process.* 2002 (1). - S.1028. - S.1030.
5. James O'Donoghue, Visualizing the Scale and Composition of the Earth's Crust.
6. Das D.; Yang Y.; O'Brien J.S.; Breznan D.; Nimesh S.; Bernatchez S.; Hill M.; Sayari A.; Vincent, R.; Kumarathasan, P. Synthesis and Physicochemical Characterization of Mesoporous Nanoparticles. J. Nanomater. 2014, 2014, 62. [CrossRef].
7. Ma X.; Zhou B.; Gao, W.; Qu Y.; Wang L.; Wang Z.; Zhu Y. A recyclable method for production of pure silica from rice hull ash. Powder Technol. 2012, 217, 497-501.
8. Sanjay S. Latthea, et al., Self – cleaning superhydrophobic coatings: Potential industrial applications, Progress in Organic Coatings 1.
9. http://stat.kg/kg/statistics/selskoe-hozyajstvo/
10. Verma K.K.; Song X.-P.; Li D.-M.; Singh M.; Rajput V.D.; Malviya M.K.; Minkina T.; Singh R.K.; Singh P.; Li Y.-R. Interactive Role of Silicon and Plant–Rhizobacteria Mitigating Abiotic Stresses: A New Approach for Sustainable Agriculture and Climate Change. Plants 2020, 9, 1055.
11. Verma K.K.; Song X.-P.; Li D.-M.; Singh M.; Rajput V.D.; Malviya M.K.; Minkina T.; Singh R.K.; Singh P.; Li Y.-R. Interactive Role of Silicon and Plant-Rhizobacteria Mitigating Abiotic Stresses: A New Approach for Sustainable Agriculture and Climate Change. Plants 2020, 9, 1055.
12. Copper (Cu) Nanoparticles - Properties, Applications. https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3271
13. Synthesis of Nanoparticles by Green Synthesis Method Hayrunnisa NADAROĞLU1,2*, Azize ALAYLI GÜNGÖR 2,3, Selvi İNCE4.
14. Wang Y., Xia Y. Bottom-up and top-down approaches to the synthesis of monodispersed spherical colloids of low melting-point metals. Nano Letters. 2004: 2047-2050
15. Omurzak E., Jasnakunov J. et al., Synthesis Method of Nanomaterials by Pulsed Plasma in Liquid, Journal of Nanoscience and Nanotechnology Vol. 7, 2007. P. 3157-3159.
16. Siddiqui M.H.; Al-Whaibi M.H. Role of nano-SiO2 in germination of tomato (Lycopersicum esculentum seeds Mill.). Saudi J. Biol. Sci. 2014. - 21. 13-17.
17. Sahebi M.; Hanafi M.M.; Siti Nor Akmar, A.; Rafii M.Y.; Azizi, P.; Tengoua, F.F.; Nurul Mayzaitul Azwa, J.; Shabanimofrad, M. Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants. Biomed. Res. Int. 2015, 2015, 396010.
18. Хадеев Т.Г., Прищепенко Е.А. Выращивание экологически чистой продукции растениеводства // Вестник НЦБЖД. 2013. - № 4. - С. 117-121.
19. Piyapong Buahom., Measuring the Contact Angle using ImageJ with Contact Angle plug-in, University of Toronto, 2018.