

Научная статья

УДК 581:53

doi: 10.17223/24135542/28/6

Влияние барьерного разряда на энергию прорастания и всхожесть семян хлопчатника

**Тоир Абдулло Ходжазода¹, Ирина Александровна Курзина²,
Сергей Владимирович Кудряшов³, Андрей Юрьевич Рябов⁴,
Дарья Николаевна Лыткина⁵, Махина Имомалиевна Солихова⁶,
Абдулло Тоирович Ходжаев⁷**

¹ *Российско-таджикский славянский университет, Душанбе, Таджикистан*
^{2, 5, 6, 7} *Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

^{3, 4} *Институт химии нефти Сибирского отделения РАН, Томск, Россия*

¹ *toir.Khodzhaiev.62@gmail.com*

² *kurzina99@mail.ru*

³ *s.v.kudrjashov@gmail.com*

⁴ *andrey@ipc.tsc.ru*

⁵ *darya-lytkina@yandex.ru*

⁶ *solihovamahina@gmail.com*

⁷ *abdullo1997asa@gmail.com*

Аннотация. Представлена обработка семян хлопчатника барьерным разрядом в атмосферном воздухе при 25°C в течение 20 с. Облучение растений атмосферной плазмой влияет на стимуляцию роста, энергию прорастания, всхожесть и, как следствие, на увеличение объемов производства хлопка-сырца и качество семян.

Рассмотрены параметры влияния энергетических разрядов на энергию прорастания и всхожесть хлопчатника. Одним из важнейших параметров плазмы является время обработки живых тканей, которое следует тщательно выбирать для оптимизации эффективности. Результаты исследований показали, что обработка плазмой мало влияет на скорость прорастания, но приводит к улучшению всхожести семян. В процессе исследования выяснено, что под воздействием электрического разряда внутри клетки происходит обмен веществ посредством перехода ионов через мембрану клетки без затрат энергии. В момент воздействия электрическим полем внутри семени происходит перераспределение электрических зарядов, что, в свою очередь, несколько изменяет ход физико-химических процессов, влияющих на последующий рост и развитие растений. Белки являются участниками метаболических процессов; таким образом, обработка воздействовала на свойства белков. Полученные результаты показали, что барьерный разряд дает положительный эффект, который приводит к изменению функциональной N–H-группы. Методом инфракрасной спектроскопии определено, что облучение приводит к смещению полос поглощения за счет изменения массы ядер атомов. Доказано, что обработка семян хлопчатника с помощью барьерного разряда приводит к увеличению энергии прорастания и всхожести.

Ключевые слова: семена, хлопчатник, энергия прорастания, всхожесть, барьерный разряд

Для цитирования: Ходжазода Т.А., Курзина И.А., Кудряшов С.В., Рябов А.Ю., Лыткина Д.Н., Солихова М.И., Ходжаев А.Т. Влияние барьерного разряда на энергию прорастания и всхожесть семян хлопчатника // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2022. № 28. С. 65–75. doi: 10.17223/24135542/28/6

Original article

doi: 10.17223/24135542/28/6

Influence of a barrier discharge on the energy of germination and germination of cotton seeds

**Toir A. Khojazoda¹, Irina A. Kurzina², Sergey V Kudryashov³,
Andrey Yu. Ryabov⁴, Daria N. Lytkina⁵, Makhina I. Solikhova⁶,
Abdullo T. Khodzhaev⁷**

¹ *Russian-Tajik Slavonic University, Dushanbe, Tajikistan*

^{2, 5, 6, 7} *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

^{3, 4} *Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia*

¹ *toir.Khodzhaev.62@gmail.com*

² *kurzina99@mail.ru*

³ *s.v.kudryashov@gmail.com*

⁴ *andrey@ipc.tsc.ru*

⁵ *darya-lytkina@yandex.ru*

⁶ *solihovamahina@gmail.com*

⁷ *abdullo1997asa@gmail.com*

Abstract. This study presents the treatment of cotton seeds with a barrier discharge in atmospheric air at 25°C for 20 seconds. Irradiation of plants with atmospheric plasma affects the stimulation of growth, germination energy, and as a result, an increase in the production of raw cotton and the quality of seeds. In this article, the parameters of the influence, in particular of energy discharges on the germination energy and the germination of cotton will be considered. One of the most important parameters of plasma is the processing time of living tissues, which must be carefully chosen to optimize efficiency. The results of the studies have shown that plasma treatment has little effect on the germination energy rate, but leads to an improvement in seed germination. During the study, it was found that under the influence of an electric discharge inside the cell, metabolism occurs by the passage of ions through the cell membrane without energy consumption. At present, exposure to an electric field inside the seed is a redistribution of electric charges, which, in turn, somewhat changes the course of physico-chemical processes that affect the further growth and development of plants. Proteins participate in metabolic processes, thus, the treatment affected the properties of proteins. The results obtained showed that the barrier discharge has a positive effect, which leads to a modification of the functional group N-H. It was determined by infrared spectrometry that the irradiation leads to a shift in the absorption bands due to a change in the mass of the atomic nuclei. It has been proven that the treatment of cotton seeds with a barrier discharge leads to an increase in germination energy and germination.

Keywords: seeds, cotton, germination, barrier discharge

For citation: Khojazoda, T.A., Kurzina, I.A., Ryabov, A.Y., Kudryashov, S.V., Lytkina, D.N., Solikhova, M.I., Khodzhaev, A.T. Influence of a barrier discharge on

the energy of germination and germination of cotton seeds // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Chimia – Tomsk State University Journal of Chemistry*, 2021, 28, 65–75. doi: 10.17223/24135542/28/6

Введение

Хлопководством занимаются более 70 стран мира, основными из которых являются США, Китай, Индия, Пакистан и страны СНГ, в том числе Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан [1]. Хлопчатник возделывают в тропической и субтропической зонах. Посевные площади его в мире составляют около 32 млн га [2]. Хлопок является одним из самых важных и старейших растений, используемых для производства технического волокна, масла, и одной из самых трудоемких сельскохозяйственных культур Таджикистана. Основным сельскохозяйственным сектором республики считается хлопководство. Цена на хлопок, один из стратегических товаров Таджикистана, постоянно растет. Из него делают не только ткани, но и бумагу для денег, порох, мыло, глицерин и стеарин, а в животноводстве жмых хлопка используется в качестве корма для скота [3]. Одна из основных целей нашего эксперимента – ускорение прорастания семян в полевых условиях, так как весной, во время посева хлопчатника, количество дождей увеличивается, что влияет на механический состав почвы. Почва становится более плотной и покрывается коркой, которая препятствует прорастанию.

Одной из тенденций последних десятилетий стало изучение возможности использования различных физических факторов на биологические объекты, в том числе сельскохозяйственные культуры, для стимуляции энергии прорастания и всхожести, а в открытом грунте – для роста и развития растений, повышения продуктивности.

Физические методы повышения энергии прорастания и всхожести основываются на использовании различных физических воздействий, таких как электрические токи, электрический разряд, магнитные и электромагнитные поля, оптическое и лазерное излучение, звуковое и ультразвуковое воздействие, холодная плазма, ионизирующая радиация. Чувствительность растений к физическим факторам связана с тем, что на протяжении всей истории существования и эволюции растений физические поля остаются естественными компонентами окружающей среды [4, 5]. В данной работе будут рассмотрены параметры влияния энергетических разрядов на энергию прорастания и всхожесть хлопчатника.

Нами исследовано состояние семян хлопчатника после обработки барьерным разрядом в атмосферном воздухе в течение 20 с. Барьерный разряд – это газовый разряд, который происходит в зазоре между электродами, как минимум один из которых имеет диэлектрическое покрытие. Такие разряды традиционно применяются для различных целей, причем, как правило, их разрядные системы имеют плоскопараллельную электродную конфигурацию. При достаточно узком межэлектродном зазоре (миллиметры) распределение электрического поля в области разряда можно считать однородным,

так что данный вид барьерного разряда является симметричным, он хорошо изучен [6]. Барьерные разряды (БР), протекание тока в которых ограничено по крайней мере одним слоем диэлектрика, а характерные размеры электродов существенно превышают величину межэлектродного промежутка, обеспечивают получение неравновесной плазмы в газах при атмосферном давлении и могут быть использованы в сельском хозяйстве для облучения растений с целью стимуляции роста, энергии прорастания и всхожести [7].

Один из важнейших параметров плазмы – время обработки живых тканей, которое следует тщательно выбирать для оптимизации эффективности результата. Влияние обработки плазмой на показатели роста сильно различается в разных исследованиях [Там же]. Результаты показали, что обработка плазмой мало влияет на скорость прорастания, но способствует улучшению всхожести [8]. В процессе исследования было выяснено, что под влиянием электрического тока внутри клетки происходит обмен веществ посредством перехода ионов через мембрану клетки без затрат энергии [3]. В момент воздействия электрическим полем внутри семени происходит перераспределение электрических зарядов, что, в свою очередь, несколько изменяет ход физико-химических процессов, влияющих на последующий рост и развитие растений [9].

Плазма, генерируемая диэлектрическим барьерным разрядом, является возможным экологически дружелюбным методом для предпосевной обработки с целью улучшения качества семян и повышения интенсивности морфогенеза, продуктивности растений [10, 11]. Показано, что предпосевная обработка семян при применении метода электрического разряда влияла на некоторые виды семян сельскохозяйственных растений, в том числе семена хлопчатника. Химические, биологические и физическое способы предпосевной обработки семян хлопчатника стимулируют его рост, развитие, сокращают сроки созревания, повышают урожайность и устойчивость к болезням. Предпосевная обработка семян также положительно влияет на влажность хлопка-сырца [12].

Методы

В качестве объекта исследования были использованы семена хлопчатника сорта «Флора». Эксперименты проводились в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 21820.4–76. Для эксперимента семена обработаны с помощью барьерного разряда в атмосфере воздуха в течение 20 с в Институте химии нефти СО РАН (Томск, Россия). Обработка семян хлопчатника с помощью барьерного разряда осуществлялось на экспериментальной высоковольтной установке, включающей в себя плазмохимический реактор с газовой системой подачи воздуха и высоковольтным генератором с блоком снятия вольт-кулоновских характеристик разряда (рис. 1).

Плазмохимический реактор представляет собой планарную конструкцию с одним диэлектрическим барьером (стеклотекстолит толщиной 1 мм). Зазор в разрядной зоне составляет около 3 мм, площадь разрядной зоны

равна 48 см^2 . Амплитуда высоковольтных импульсов напряжения не превышала 14 кВ , частота их повторения – $2\,000 \text{ Гц}$. Активная мощность разряда составляла $\sim 5,7 \text{ Вт}$, объемный расход воздуха через реактор – $60 \text{ см}^3/\text{мин}$, время воздействия плазмы разряда на семена не превышало 20 с .

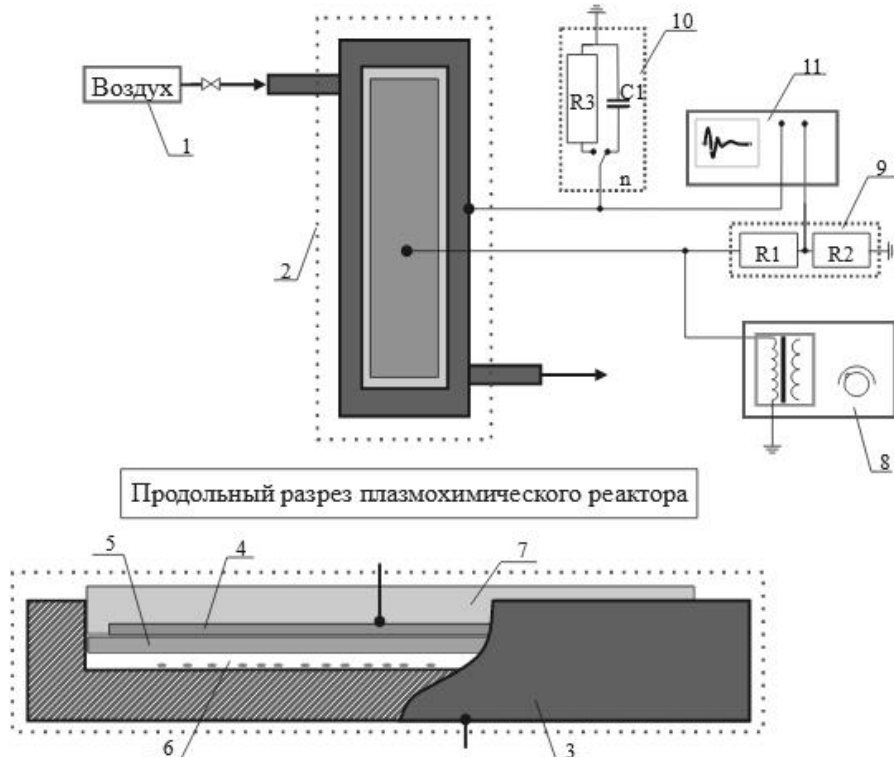


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки и продольного сечения реактора:

1 – поток воздуха, 2 – плазмохимический реактор (вид сверху), 3 – основание реактора – заземленный электрод, 4 – высоковольтный электрод, 5 – диэлектрический барьер, 6 – разрядный промежуток, 7 – уплотнитель, 8 – высоковольтный генератор, 9 – делитель напряжения ($R1 = 1 \text{ МОм}$, $R2 = 1 \text{ кОм}$), 10 – емкостной ($C = 300 \text{ нФ}$) и токовый ($R3 = 1 \text{ Ом}$) шунты, 11 – цифровой осциллограф

Эксперименты проводились на трех параллельных образцах, которые состояли из 100 семян. Посев каждого образца проводился в отдельную пластиковую чашку с увлажненным обеззараженным песком; согласно ГОСТ 21820.4–76 песок просеивали через сито $d = 1,0\text{--}0,5 \text{ мм}$, промывали до прозрачности промывных вод, высушивали и прокаливали в течение 50 мин при температуре 250°C . На слой песка 20 мм помещали семена и покрывали сверху 10 мм песка. Для дезинфекции термостат обрабатывали 95% -ным раствором этилового спирта, закрывали на 2 ч и далее проветривали 4 ч . для удаления паров этанола [13]. После посадки пластиковые

чашки поместили в термостат при температуре 25°C с ежедневным увлажнением песка. До и после обработки барьерным разрядом были зарегистрированы инфракрасные спектры семян при помощи ИК-спектрофотометра IRTracer-100 (Shimadzu) с приставкой НПВО; образцы измельчали при помощи фарфоровой ступки, и порошки исследовали на приставках для получения спектра «Флора».

Результаты

В данном исследовании изучалась возможность применения ИК-спектроскопии для идентификации семян хлопчатника. Методом ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) проведена идентификация изучаемого сорта [14]. Для ИК-спектров семян хлопчатника было характерно наличие специфических полос поглощения в некоторых областях спектра: 1 200–900 см⁻¹ и 3 400–3 200 см⁻¹. Из литературных источников известно, что для поддержания жизненных процессов в любой клетке семян необходимо непрерывное поступление в нее солей, воды, сахара и других низкомолекулярных соединений, в том числе азотной, карбоксильной, карбонильной и гидроксильной групп. Согласно выдвинутой научной гипотезе, с помощью ИК-Фурье НПВО можно получить индивидуальные спектры и определить степени интенсивности полос поглощения для образца [15].

Установлена принципиальная возможность использования обработки сельскохозяйственных культур, в частности хлопчатника сорта «Флора», электрическим разрядом с целью стимулирования энергии прорастания, всхожести и выживаемости хлопчатника. При облучении сухих семян возникают долго живущие радикалы белка, не исчезающие некоторое время и играющие важную роль в процессах жизнедеятельности семени. Целью исследования являлось выяснение влияния электрического разряда на развитие сельскохозяйственных культур [5]. Эксперименты проводились в научной лаборатории фотоники и нелинейной спектроскопии Российско-таджикского славянского университета, для эксперимента были использованы семена хлопчатника сорта «Флора».

Первые проростки в контрольных и обработанных образцах появились на вторые сутки после закладки. Несмотря на то, что всходов в контрольных образцах первоначально были больше по сравнению с обработанными, но в последующие дни наблюдалось увеличение количества всходов в обработанных образцах по сравнению с контрольными, а общая всхожесть по сравнению с контрольными увеличилась на 37,2%. Как видно из таблицы, начиная с третьих суток наблюдается увеличение количества всходов у обработанных по сравнению с контрольными образцами. Так, на вторые сутки энергия прорастания обработанных семян по сравнению с контрольными уменьшалось, на третьи сутки наблюдалось увеличение энергии прорастания на 2,7%, на четвертые сутки – на 59,6%, а на пятые сутки – на 122,2%. Таким образом, экспериментальные результаты показали, что под воздей-

ствием барьерного электрического разряда наблюдается увеличение количества первых всходов и общей всхожести [13, 16].

Результаты эксперимента до и после обработки

Вариант	Повторность	Появление всходов, сутки				Всхожесть, шт.	Не проросшие семена, шт.	Загнившие семена, шт.
		2	3	4	5			
Вариант Контроль	1	7	28	22	7	64	31	5
	2	0	26	25	10	61	33	6
	3	5	22	20	10	57	35	8
	Среднее значение	4	25,3	22,3	9	60,7	33	6,3
Вариант Обработанный	1	1	31	41	13	86	10	4
	2	0	28	34	23	87	9	4
	3	2	19	32	24	77	13	10
	Среднее значение	1	26	35,6	20	83,3	10,7	6
Соотношение к контрольным образцам, %		–75	2,7	59,6	122,2	37,2	–	–

Анализ спектров обнаружил небольшое смещение в нескольких областях (рис. 2).

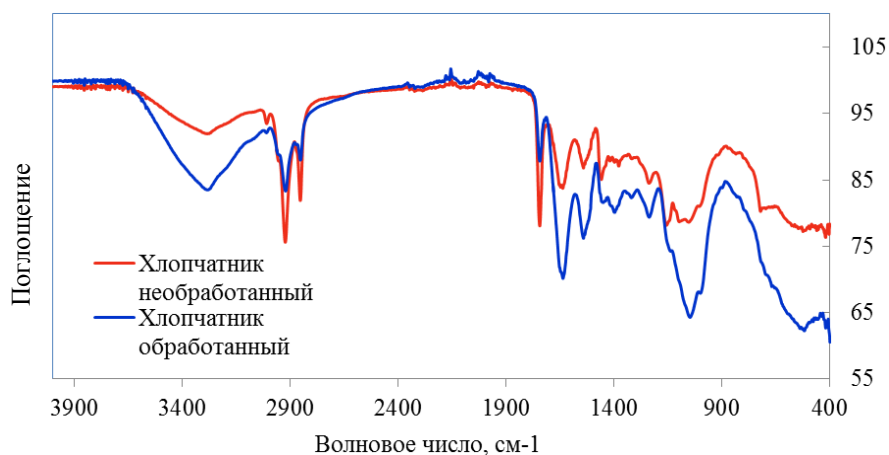


Рис. 2. ИК спектры поглощения N–H-группы

Для исследуемых семян в ИК-спектре имеются сходные области полос поглощения по положению, но различающиеся своей интенсивностью. Происходило небольшое смещение для связи N–H. Максимальные пики поглощения выявлены в диапазоне частот 3 400–3 200см⁻¹. Данные пики могут быть обусловлены валентными колебаниями, связанными с группой N–H [15]. Также выявлены полосы поглощения, отвечающие деформационным колебаниям, в области частот 1 200–900 см⁻¹.

Заключение

Определено влияние обработки семян хлопчатника сорта «Флора» барьерным разрядом на изменение скорости и энергии прорастания и всхожести при посеве в открытый грунт. Полученные результаты показали, что электрический разряд дает положительный эффект, приводит к увеличению энергии прорастания и всхожести в лабораторных условиях на 37,2%. Влияния на скорость прорастания семян не обнаружено.

Список источников

1. Ажиметова Г.Н. Мировой опыт и обзор развития хлопководство в Казахстане // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 1. С. 53–58.
2. Кайсанова Г.Б. Эффективность органического гуминового удобрения при возделывании хлопчатника на орошаемых сероземно-луговых почвах // Вопросы современной науки / под ред. Н.Р. Красовской. М. : Интернаука, 2021, Т. 64. С. 6–7.
3. Мубинова Э.С., Котова И.В. Воздействие электрического тока на растительные клетки // Юный ученый. 2020. № 2 (32). С. 57–59.
4. Стацюк Н.В. Повышение ресурсного потенциала картофеля путем обработки семенного материала импульсным низкочастотным электрическим полем : дис. ... канд. биол. наук. Владикавказ, 2016. 135 с.
5. Воробьев В.А., Иванов Ю.Г. Влияние электрического тока на развитие растений // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2017. № 4 (80). С. 23–27.
6. Коренюгин Д.Г., Марциновский А.М. Асимметричный барьерный разряд в пульсирующем режиме // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2018. № 11. С. 73–83.
7. Автаева С.В. Барьерный разряд. Исследование и применение. Бишкек : Изд-во КРСУ, 2009. 152 с.
8. Heping L., Jing L., Xiting Z., Liyan W., Chuan F., Nan S., Chong Z., Yan X., Meng L., Mingjun L., Xinhui X. Applications of cold atmospheric plasmas (CAPs) in agriculture: a brief review and the novel development of a radio-frequency CAP jet generator for plant mutation // Plasma Science and Technology. 2022. Vol. 24 (9). doi: 10.1088/2058-6272/ac67be
9. Электрофизические способы предпосевной обработки семян зерновых культур // Светич : информационное агентство. 2019. 16 сент. URL: <http://svetich.info/publikacii/mechanizator/yelektrofizicheskie-sposoby-predposevnoi.html> (дата обращения: 01.11.2022).
10. Яркова Н.Н., Федорова В.М. Семеноведение сельскохозяйственных растений. Пермь : Прокрост, 2016. 116 с.
11. Расулова К.М., Аязаманова С.Ш., Алимова М.Т., Набиева И.А. Влияние предпосевной обработки семян хлопчатника на качественные показатели хлопкового волокна // Вестник науки. 2022. Т. 4, № 6 (51). С. 227–242.
12. Пирахунова Ф.Н., Абзалов А.А. Закономерности взаимосвязи содержания микроэлементов с плодообразованием и опадением плодоорганов хлопчатника // Научное обозрение. Биологические науки. 2017. № 3. С. 93–98.
13. Ходжазода Т.А., Муллоев Н.У. Механизм влияния тепловых нейтронов на свойства семян хлопчатника по данным ИК-спектроскопии. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/249447/1/97.pdf> (дата обращения: 01.11.2022).

14. Тринеева О.В., Рудая М.А., Сафонова Е.Ф., Сливкин А.И. Изучение возможности применения ИК-спектроскопии для идентификации сорта (*hippocrepis emerus* L.) // Химия растительного сырья. 2019. № 1. С. 301–308.
15. Тринеева О.В., Рудая М.А., Гудкова А.А., Сливкин А.И. Применение ИК-спектроскопии в анализе лекарственного растительного сырья // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2018. № 4. С. 187–194.

References

1. Azhmetova G.N. Mirovoj opyt i obzor razvitiya hlopkovodstvo v Kazahstane [World experience and review of cotton growing development in Kazakhstan] // Contemporary Problems of Science and Education. 2011. No. 1. pp. 53–58. In Russian.
2. Kaisanova G.B. Effektivnost organicheskogo guminovogo udobreniya pri vozdeystvii hlopkachnika na oroshaemykh serozemno-lugovykh pochvah [Efficiency of organic humic fertilizer when cultivating cotton plant on irrigated sierozemic meadow soils] // Issues of Contemporary Science / ed. by N.R. Krasovskaya. M.: Internauka, 2021, Vol. 64. pp. 6–7. In Russian.
3. Mubanova E.S., Kotova I.V. Vozdeystvie elektricheskogo toka na rastitelnye kletki [Influence of electric current on plant cells] // Young Scientist. 2020. No. 2 (32). pp. 57–59. In Russian.
4. Statsyuk N.V. Povyshenie resursnogo potentsiala kartofelya putem obrabotki semennogo materiala impulsnym nizkочастотным электрическим полем [Increasing resource potential of potatoes by treating seeds with pulsed low-frequency electric field]: thes. of Cand. Sc. Biology. Vladikavkaz, 2016. p. 135. In Russian.
5. Vorobiov V.A., Ivanov Yu.G. Vliyanie elektricheskogo toka na razvitiya rastenij [Influence of electric current on plant development] // Bulletin of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “V.P. Goryachkin Moscow State Agri-Engineering University”. 2017. No. 4 (80). pp. 23–27.
6. Korenyugin D.G., Martynovskiy A.M. Asimmetrichnyj barjernyj razryad v pulsiruyushchem rezhime [Asymmetric barrier discharge in pulsating mode] // Scientific and Technical Reports of SPbSPU. Physical and Mathematical Sciences. 2018. No. 11. pp. 73–83. In Russian.
7. Avtaeva S.V. Barjernyj razryad. Issledovanie i primeneniye [Barrier discharge. Research and application]. Bishkek: KRSU Publishing House, 2009. p. 152. In Russian.
8. Heping L., Jing L., Xiting Z., Liyan W., Chuan F., Nan S., Chong Z., Yan X., Meng L., Mingjun L., Xinhui X. Applications of cold atmospheric plasmas (CAPs) in agriculture: a brief review and the novel development of a radio-frequency CAP jet generator for plant mutation // Plasma Science and Technology. 2022. Vol. 24 (9). doi: 10.1088/2058-6272/ac67be
9. Elektrofizicheskie sposoby predposevnoj obrabotki semyan zernovykh kultur [Electrophysical techniques of pre-sowing seed treatment of grain crops] // Svetich: News Agency. 2019. September 16. URL: http://svetich.info/publikacii/mechanizator/yelektrofizicheskie_sposoby_predposevnoi.html (date of request 01.11.2022). In Russian.
10. Yarkova N.N., Fedorova V.M. Seed studies of crop plants. Perm: Prokrost, 2016. p. 116.
11. Rasulova K.M., Azamzhonova S.Sh., Alimova M.T., Nabieva I.A. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan hlopkachnika na kachestvennye pokazateli hlopkovogo volokna [Influence of pre-sowing treatment of cotton seeds on the quality indicators of cotton fibers] // Bulletin of Science. 2022. Vol. 4, No. 6 (51). pp. 227–242. In Russian.
12. Pirakhunova F.N., Abzalov A.A. Zakonomernosti vzaimosvyazi sodержaniya mikroelementov s plodoobrazovaniem i opadeniem plodoorganov hlopkachnika [Regularities of interrelation between content of microelements, fruit formation and drop of cotton fruit organs] // Scientific Review. Biological Sciences. 2017. No. 3. pp. 93–98. In Russian.

13. Khodzazoda T.A., Mulloev N.U. Mehanizm vliyaniya teplovyh nejtronov na svoystva semyan hlochatnika po dannym IK-spektroskopii [Mechanism of influence of thermal neutrons on properties of cotton seeds according to IR-spectroscopy data. Barrier discharge influence on germinating energy and germination capacity]. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/249447/1/97.pdf> (date of request 01.11.2022). In Russian.
14. Trineeva O.V., Rudaya M.A., Safonova E.F., Slivkin A.I. Izucheniya vozmozhnosti primeneniya IK-spektroskopii dlya identifikatsii sorta [Study of IR-spectroscopy applicability for identification of (hippophaes rhamnoides L.) variety] // Chemistry of Plant Raw Materials. 2019. No. 1. pp. 301-308. In Russian.
15. Trineeva O.V., Rudaya M.A., Gudkova A.A., Slivkin A.I. Primenenie IK-spektroskopii v analize lekarstvennogo rastitelnogo syrya [Application of IR-spectroscopy in analysis of medicinal plant raw materials] // Bulletin of Voronezh State University. Chemistry Ser. Biology. Pharmacy. 2018. No. 4. pp. 187-194. In Russian.

Сведения об авторах:

Ходжазода Тоир Абдулло – д-р физ.-мат. наук, ректор Российско-таджикского славянского университета, Душанбе, Таджикистан. E-mail: toir.Khodzhaiev.62@gmail.com

Курзина Ирина Александровна – д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии Национального исследовательского Томского государственного университета, Томск, Россия. E-mail: kurzina99@mail.ru

Кудряшов Сергей Владимирович – д-р хим. наук, главный научный сотрудник Института химии нефти Сибирского отделения РАН, Томск, Россия. E-mail: s.v.kudrjashov@gmail.com

Рябов Андрей Юрьевич – канд. хим. наук, старший научный сотрудник Института химии нефти Сибирского отделения РАН, Томск, Россия. E-mail: andrey@ipc.tsc.ru

Лыткина Дарья Николаевна – канд. техн. наук, младший научный сотрудник лаборатории исследования и применения сверхкритических флюидных технологий в агропищевых биотехнологиях Национального исследовательского Томского государственного университета, Томск, Россия. E-mail: darya-lytkina@yandex.ru

Солихова Махина Имомалиевна – аспирант биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета, Томск, Россия. E-mail: solihovamahina@gmail.com

Ходжаев Абдулло Тоирович – аспирант биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета, Томск, Россия. E-mail: abdullo1997asa@gmail.com

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Khojazoda Toir A. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Rector of the Russian-Tajik Slavonic University, Dushanbe, Tajikistan. E-mail: toir.Khodzhaiev.62@gmail.com

Kurzina Irina A. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, natural compounds, pharmaceutical and medicinal chemistry, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: kurzina99@mail.ru

Kudryashov Sergey V. – Doctor of Chemical Sciences, Ch. scientific et al, Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. E-mail: s.v.kudrjashov@gmail.com

Ryabov Andrey Yu. – researcher et al., Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. E-mail: andrey@ipc.tsc.ru

Lytkina Daria N. – Ph.D. tech. Sciences. Junior Research Fellow natural compounds, pharmaceutical and medicinal chemistry. National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: darya-lytkina@yandex.ru

Solikhova Makhina I. – graduate student of the Biological Institute, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: solihovamahina@gmail.com

Khodzhaev Abdullo T. – graduate student of the Biological Institute, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: abdullo1997asa@gmail.com

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.11.2022; принята к публикации 09.11.2022

The article was submitted 01.11.2022; accepted for publication 09.11.2022