

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОСЕВНЫХ СВОЙСТВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM L.*)

И.Ю. Потороко, potorokoi@susu.ru

Д.А. Ал-Джумайли, Dalafalgumaily9@gmail.com

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Существует множество последствий изменения климата для сельского хозяйства, многие из которых затрудняют обеспечение глобальной продовольственной безопасности. Повышение урожайности и сохранения зерновых культур является основной задачей сельского хозяйства. Одним из возможных методов регулирования посевных свойств могут стать нетепловые методы воздействия (холодная плазма). Холодная плазма (ХП) представляет собой ионизированный газ, содержащий активные формы кислорода, азота и других веществ, которые в совокупности проявляют обеззараживающий эффект. Целью данного исследования является изучение влияния нетепловых воздействий атмосферной холодной плазмы (от 30 с до 10 мин), используемой для обеспечения биобезопасности зерновой массы мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) на сохранение ее посевных свойств. Объектами исследования были партии зерна яровой мягкой пшеницы сортов Тризо и Ирень. Для выявления оптимальных режимов воздействия холодной плазмы у образцов зерна пшеницы оценивались такие показатели качества, как всхожесть, энергии прорастания и оценка биометрических параметров вегетативных органов растения. В ходе обработки экспериментальных данных показателей качества у мягкой яровой пшеницы сортов Тризо и Ирень был выявлен оптимальный режим воздействия ХП длительностью 10 мин. В процессе обработки зерна пшеницы при разных режимах ХП длина побегов и корневой системы изменялась. Вариативность длительности обработки ХП зерна пшеницы оказывает эффект по-разному. При глобальном изменении климата применение эффектов холодной плазмы позволит улучшить посевные свойства зерновых культур и обеспечить их биобезопасность.

Ключевые слова: зерно пшеницы, посевные свойства, холодная плазма, всхожесть, энергия прорастания, биометрические параметры

Благодарности. Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) в рамках проекта 24-16-20028.

Для цитирования: Потороко И.Ю., Ал-Джумайли Д.А. Возможности применения нетепловых методов воздействия для регулирования посевных свойств мягкой яровой пшеницы (*Triticum Aestivum L.*) // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 1. С. 44–52. DOI: 10.14529/food250106

Original article

DOI: 10.14529/food250106

THE POSSIBILITIES OF USING NON-THERMAL EXPOSURE METHODS TO REGULATE THE SOWING PROPERTIES OF SOFT SPRING WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM L.*)

*I.Yu. Potoroko, potorokoi@susu.ru**D.A. Al-Jumaily, Dalafalgumaily9@gmail.com**South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

Abstract. There are many impacts of climate change on agriculture, many of which make it difficult to ensure global food security. Increasing yields and preserving grain crops is the main task of agriculture. Non-thermal methods of exposure (cold plasma) may become one of the possible methods of regulating seeding properties. Cold plasma (CP) is an ionized gas containing reactive oxygen species, nitrogen and other substances, which together exhibit a disinfecting effect. The purpose of this study is to study the effect of non-thermal effects of atmospheric cold plasma (from 30 seconds to 10 minutes) used to ensure the biosafety of the grain mass of soft spring wheat (*Triticum aestivum L.*) on the preservation of its sowing properties. The objects of the study were batches of spring soft wheat grains of Trizo and Iren varieties. To identify optimal modes of exposure to cold plasma in wheat grain samples, quality indicators such as germination, germination energy, and assessment of biometric parameters of the plant's vegetative organs were evaluated. During the processing of experimental data on quality indicators in soft spring wheat varieties Trizo and Iren, the optimal mode of exposure to CP lasting 10 minutes was revealed. During the processing of wheat grains under different CP conditions, the length of the shoots and the root system varied. The variability of the duration of CP treatment of wheat grain has different effects. With global climate change, the use of cold plasma effects will improve the sowing properties of grain crops and ensure their biosafety.

Keywords: wheat grain, sowing properties, cold plasma, germination, germination energy, biometric parameters

Acknowledgments. The research was carried out with the financial support of a grant from the Russian Science Foundation (RSF) within the framework of project 24-16-20028.

For citation: Potoroko I.Yu., Al-Jumaily D.A. The possibilities of using non-thermal exposure methods to regulate the sowing properties of soft spring wheat (*Triticum Aestivum L.*). *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 1, pp. 44–52. (In Russ.) DOI: 10.14529/food250106

Введение

Природно-климатические условия являются значимым фактором для производства зерновых культур, определяющего Продовольственную безопасность и независимость стран. Однако глобальное изменение климата, согласно мнению экспертов, может оказать негативное влияние на урожайность в мире. Так, к 2050 году прогнозируется снижение для пшеницы на уровне 15–20 % [5]. Для решения возникающих проблем важно развивать устойчивую форму сельского хозяйства на основе интеграции научных решений, направленных на адаптацию биологического сырья к экстремальным погодным условиям в практику ведения агротехнических мероприятий.

В последние годы наряду с другими регионами нашей страны экстремальные глобальные изменения климата негативно проявились в уральском регионе [4]. Метеорологические условия оказывают влияние на формирование растений, их потенциальную и реальную продуктивность, накопление и сохранение пластических веществ в эндосперме, которые впоследствии выражаются в технологических качествах [11].

Зерновые культуры развиваются при постоянном и достаточном количестве влаги в почве, а ее избыток ограничивает продуктивность растений, что, собственно, наблюдалось на территориях возделывания уральского региона в период уборочной 2023–2024 гг. Мяг-

кая яровая пшеница (*Triticum aestivum L.*) довольно влаголюбивая культура в течение всего жизненного цикла, быстрое набухание и прорастание зерна проходит при влажности почвы выше 40 % от полной влагоемкости [1]. Внедрение эффективных агротехнических мероприятий на разных стадиях жизненного цикла зернового сырья с целью минимизации рисков снижения продуктивности необходимо осуществлять уже в период предпосевной подготовки зерна. В совокупности предлагаемых решений высокую эффективность для обеспечения биобезопасности при сохранении физиологических свойств показывают методы «зеленых» технологий на основе нетепловых воздействий атмосферной холодной плазмы. В настоящее время данные технологии применяются в отношении снижения рисков накопления вторичных метаболитов токсигенных микромицетов родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium spp* [2, 8, 12].

В области физики плазма считается четвертым состоянием вещества наряду с твердым телом, жидкостью и газом и в последние несколько лет привлекает к себе внимание для более широкого применения.

Исследование посвящено изучению влияния нетепловых воздействий атмосферной холодной плазмы, используемой для обеспечения биобезопасности зерновой массы мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) на сохранение ее посевных свойств.

Объекты и методы

Объектами исследования были партии зерна яровой мягкой пшеницы сортов Тризо и Ирень урожая 2024 года, из которых были сформированы пробы для исследований возможности применения нетепловых методов воздействия с целью регуляции посевных свойств. Согласно Госреестру сорт мягкой яровой пшеницы Тризо (*Triticum aestivum L.*) является среднепоздним, среднерослым. Сорт интенсивного типа, не боится заморозков, с высокими хлебопекарными качествами. В то время как сорт мягкой яровой пшеницы Ирень (*Triticum aestivum L.*) является раннеспелым, среднерослым. У данного сорта отсутствует осыпаемость зерна и ломкость колоса, отмечается высокая устойчивость к прорастанию на корню.

Для достижения поставленной цели образцы зерновой массы подвергали воздействию атмосферной холодной плазмы (АХП). Поток холодной плазмы генерируется за счет

отрицательного коронного разряда между анодом и катодом при импульсном напряжении с параметрами: разность потенциалов 10 кВ, частота 50 Гц, плазмообразующее вещество – воздух. При этом влажность зерна, в частности сорта Тризо находилась на уровне 12,8 % а зерна сорта Ирень – в диапазоне 13,2 %. Что не превышает допустимую норму по ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия – не более 14 %. Зерновую массу размещают толщиной слоя 5 мм на поверхности, являющейся анодом, и обрабатывают в режимах: длительность 30 секунд и далее 3; 5; 10 минут [3].

Для выявления оптимальных режимов воздействия холодной плазмы у образцов зерна пшеницы оценивались такие показатели качества, как всхожесть (по ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести»), энергии прорастания (по ГОСТ 10968-88 «Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания»), а также была проведена сравнительная оценка биометрических параметров вегетативных органов растения (длина стебля и корня). В ходе исследований определяли жизнеспособность семян, массу надземной части и объем корней, осуществлялся учет всходов и динамика развития проростков. Массив полученных данных математически обрабатывался (Statistica for Windows).

На первом этапе исследования для изучения влияния нетепловых воздействий атмосферной холодной плазмы, используемой для обеспечения биобезопасности зерновой массы мягкой яровой пшеницы сортов Тризо и Ирень (*Triticum aestivum L.*) на сохранение ее посевных свойств, проводилась оценка таких показателей качества, как всхожесть и энергия прорастания. Всхожесть – способность семенного материала прорасти и давать здоровые ростки показатель, который указывает на процент семян, способных успешно прорасти. В то время как энергия прорастания – это показатель посевных качеств семян культуры, показывающий процент нормально проросших семян за определенный срок.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования изучалось влияние длительности воздействия холодной плазмы (ХП) на зерно пшеницы и определялся максимальный эффект активации в них внутренних процессов. Данные процессы могут повышать всхожесть, скорость прорастания, по-

глошение воды, увеличивают длину побега, массу сухого побега, длину корня и массу сухого корня. Стоит отметить, что во время обработки плазма воздействует на поверхность зерна, создавая электромагнитное поле, которое запускает цепочку реакций. Результаты исследования прорастания зерна пшеницы мягкой яровой разных сортов при разной длительности воздействия ХП (от 30 с до 10 мин) представлены в табл. 1.

Исходя из представленных результатов исследования, наилучший эффект ХП наблюдается при 10 мин для мягкой яровой пшеницы сорта Тризо, всхожесть которого составила 99,1 % при энергии прорастания 97,3 %. В то время как для мягкой яровой пшеницы сорта Ирень всхожесть составила 98,2 % при энергии прорастания 96,9 %. Воздействие холодной плазмы визуалью не изменяет поверхностные свойства зернового сырья, однако фиксируется улучшение водопоглощения и прорастания. В параллели исследований наблюдается эффект обеззараживания за счет того, что высокорективные компоненты холодной плазмы дезактивируют и фактически уменьшают количество микроорганизмов на поверхности зерна [7, 8].

На следующем этапе исследования проводилась оценка биометрических параметров вегетативных органов зерна яровой мягкой пшеницы (длина стебля и корня) при разных режимах воздействия холодной плазмы (30 с;

3 мин; 5 мин; 10 мин). Результаты динамики процесса представлены на рисунке, а визуализация биометрических параметров вегетативных органов зерна пшеницы после воздействия ХП – в табл. 2.

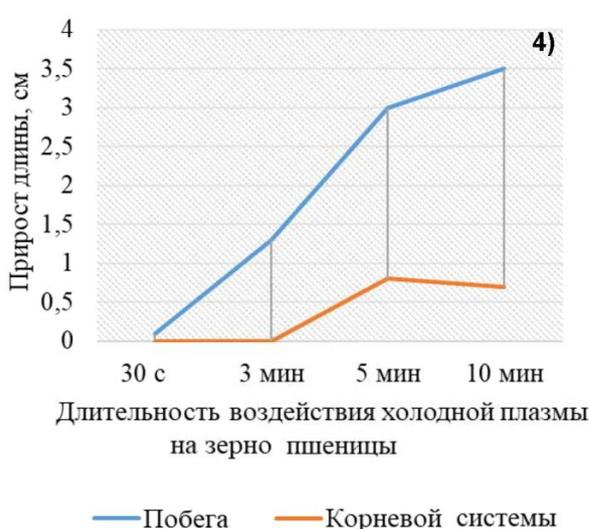
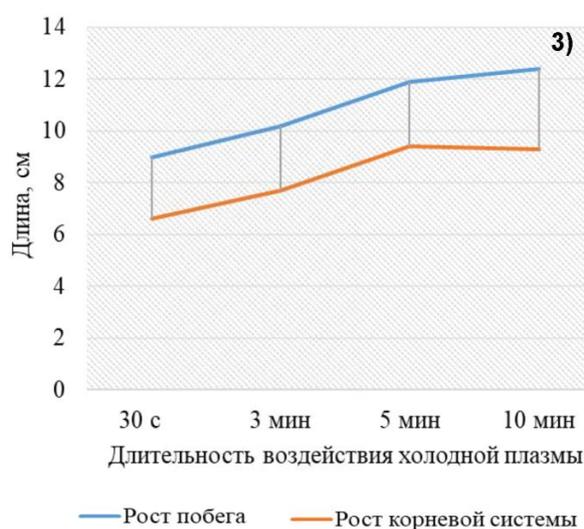
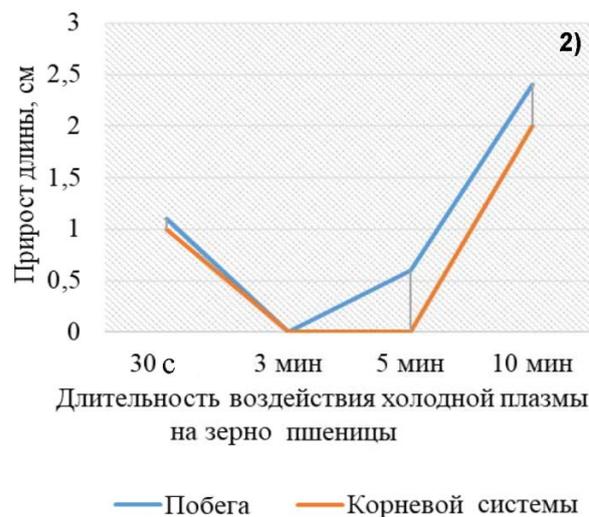
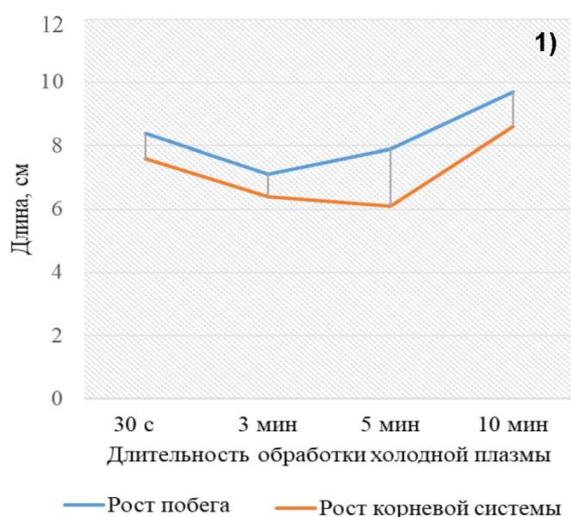
Результаты исследования показали, что у сортов мягкой яровой пшеницы Тризо и Ирень в процессе обработки при разных режимах ХП длина побегов и корневой системы изменялась. Вариативность длительности обработки ХП зерна пшеницы оказывает эффект по-разному. У мягкой яровой пшеницы сорта Тризо был выявлен наилучший эффект при обработке ХП в течение 10 мин. Длина побегов составляла в диапазоне $(9,7 \pm 0,5)$ см, в то время как прирост побегов составил $(2,4 \pm 0,2)$ см. Рост корневой системы находился в диапазоне $(8,6 \pm 0,3)$ см, в то время как прирост длины корня составил $(2,0 \pm 0,4)$ см.

Обработка в течение 10 минут также показала наилучший эффект для мягкой яровой пшеницы сорта Ирень. Длина побегов составляла в диапазоне $(12,4 \pm 0,4)$ см, в то время как прирост побегов составил $(3,5 \pm 0,2)$ см. Рост корневой системы находился в диапазоне $(9,3 \pm 0,2)$ см, в то время как прирост длины корня составил $(0,7 \pm 0,3)$ см.

Холодная плазма представляет собой ионизированный газ, содержащий активные формы кислорода, азота и других веществ, которые в совокупности проявляют обеззараживающий эффект. Стоит отметить, что боль-

Таблица 1
Результаты влияние холодной плазмы на прорастание зерна пшеницы мягкой яровой разных сортов

Наименование образца	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
Пшеница мягкая яровая Тризо, контроль	98,2	97,2
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 30 с	98,1	96,8
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 3 мин	98,5	96,9
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 5 мин	98,5	97,1
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 10 мин	99,1	97,3
Пшеница мягкая яровая Ирень, контроль	97,0	96,5
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 30 с	97,0	96,5
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 3 мин	97,1	96,8
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 5 мин	97,3	96,9
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 10 мин	98,2	96,9



Результаты оценки биометрических параметров вегетативных органов зерна яровой мягкой пшеницы при разных режимах воздействия холодной плазмы: 1–2 – сорт Тризо, 3–4 – сорт Ирень

шинство растений не может самостоятельно фиксировать азот, который превращается в аммиак и становится удобрением для посевов. За фиксацию отвечают специальные бактерии, которые встречаются достаточно редко. Обработка плазмой делает азот биологически доступным для растений [6, 9, 10].

Выводы по результатам работы

Результаты исследования доказывают эффективность применения нетепловых воздействий атмосферной холодной плазмы, используемой для обеспечения биобезопасности зерновой массы мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на сохранение ее посевных свойств. В ходе исследования всхожести и энергии прорастания, а также биометрических параметров вегетативных органов у мягкой яровой пшеницы сортов Тризо и Ирень

был выявлен наилучший эффект при обработке ХП в течение 10 мин.

В процессе обработки зерна пшеницы при разных режимах ХП длина побегов и корневой системы изменялась. Вариативность длительности обработки ХП зерна пшеницы оказывает эффект по-разному. При глобальном изменении климата применение эффектов холодной плазмы позволит улучшить посевные свойства зерновых культур и обеспечить их биобезопасность. Таким образом, применение нетепловых методов воздействия на основе атмосферной холодной плазмы возможно использовать в качестве активатора для стимулирования ростовых процессов, причем для каждого сорта зерна пшеницы с учетом исходных данных его качества необходимо определять оптимальные режимы.

Таблица 2
Визуализация биометрических параметров вегетативных органов зерна яровой мягкой пшеницы при разных режимах воздействия холодной плазмы

Наименование образца	Размеры вегетативных органов (побег и корень)	Внешний вид объема проросших зерен
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 30 с		
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 3 мин		
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 5 мин		
Пшеница мягкая яровая Тризо, ХП 10 мин		
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 30 с		

Наименование образца	Размеры вегетативных органов (побег и корень)	Внешний вид объема проросших зерен
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 3 мин		
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 5 мин		
Пшеница мягкая яровая Ирень, ХП 10 мин		

Список литературы

1. Демиденко Г.А., Жирнова Д.Ф. Рост и развитие яровой пшеницы при различном режиме увлажнения почвы в вегетационном опыте // Вестник КрасГАУ. 2013. № 11. С. 106–112.
2. Потороко И.Ю. Стратегические ориентиры обеспечения биобезопасности зерновых в экстремальных условиях изменения климата/ И.Ю. Потороко, А.В. Малинин, А.М.Я. Кади и др.// Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 10. С. 1334–1344. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1334-1344>.
3. Патент № 2707944 Российская Федерация, А21D 8/02(2006.01). Способ обеззараживания зерна/ И.Ю. Потороко, Н.В. Наumenко, А.Я. Лейви, И.В. Калинина. № 2019124649; заявл. 31.07.2019; опубл. 02.12.2019. 10 с.
4. Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М. Эффективность производства зерна в условиях изменения климата в Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 07. С. 944–956. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956>.
5. Collins C. Okolie, Gideon Danso-Abbeam, Okechukwu Groupson-Paul, Abiodun A. Ogundeji. Climate-Smart Agriculture Amidst Climate Change to Enhance Agricultural Production: A Bibliometric Analysis / Collins C. Okolie, Gideon Danso-Abbeam, Okechukwu Groupson-Paul, Abiodun A. Ogundeji// Land, MDPI. 2022. Vol. 12(1). P. 1–23. <https://doi.org/10.3390/land12010050>
6. Guragain R.P., Kierzkowska-Pawlak H., Fronczak M., Kędzierska-Sar A., Subedi D.P., Tyczkowski J. Germination improvement of fenugreek seeds with cold plasma: exploring long-lasting effects of surface modification / R.P. Guragain, H. Kierzkowska-Pawlak, M. Fronczak et al. // Sci Hort. 2024. Vol. 324. Article number: 112619. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112619>

7. Goudarzi S., Ghafoorifard H., Ghasemi S., Mazandarani A. The effect of atmospheric cold plasma on the rates of germination and root length and shoot length of sesame seed / S. Goudarzi, H. Ghafoorifard, S. Ghasemi, A. Mazandarani // In 27th Iranian nuclear conference. 2021. P. 1–7.
8. Ling L., Jiafeng J., Jiangang L., Minchong S., Xin H., Hanliang S., Yuanhua D. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean / L. Ling, J. Jiafeng, L. Jiangang et al. // Sci Rep. 2014. Vol. 4(1). Article number: 5859. <https://doi.org/10.1038/srep05859>
9. Pizá M.C.P., Prevosto L, Zilli C, Cejas E, Kelly H, Balestrasse K. Effects of non-thermal plasmas on seed-borne Diaporthe/Phomopsis complex and germination parameters of soybean seeds / M.C.P. Pizá, L. Prevosto, C. Zilli et al. // Innovative food Sci Emerg Technol. 2018. Vol. 49. P. 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.07.009>
10. Rasooli Z., Barzin G., Mahabadi T.D., Entezari M. Stimulating effects of cold plasma seed priming on germination and seedling growth of cumin plant / Z. Rasooli, G. Barzin, T.D. Mahabadi, M. Entezari // South Afr J Bot. 2021. Vol. 142. P. 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.06.025>
11. Voloshchuk O., Voloshchuk I., Hlyva V., and Kovalchuk O. Enzymic mycosis exhaustion of grain as one of the reasons for decreasing the seed quality of the triticale of winter in the zone of the western forest-steppe of Ukraine / O. Voloshchuk, I. Voloshchuk, V. Hlyva and O. Kovalchuk // Balanced Nature Using. 2018. Vol. 7, No. 1. P. 55–61. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2018.276474>
12. Ucar Y., Ceylan Z., Durmus M., Tomar O., Cetinkaya T. Application of cold plasma technology in the food industry and its combination with other emerging technologies / Y. Ucar, Z. Ceylan, M. Durmus et al. // Trends Food Sci Technol. 2021. Vol. 114. P. 355–371. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.004>

References

1. Demidenko G.A., Zhirnova D.F. Growth and development of spring wheat under different soil moisture conditions in the vegetation experiment. *Bulletin of KrasGAU*, 2013, no. 11, pp. 106–112. (In Russ.)
2. Potoroko I.Yu., Malinin A.V., Kadi A.M.Y., Anjum V., Neverova O.P. Strategic guidelines for ensuring biosafety of grain in extreme conditions of climate change. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2024, vol. 24, no. 10, pp. 1334–1344. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1334-1344>
3. Patent No. 2707944 Russian Federation, A21D 8/02(2006.01). Method of disinfection of grain / Potoroko I.Yu., Naumenko N.V., Leivi A.Ya., Kalinina I.V. No. 2019124649; application 07/31/2019; published 12/22/2019. 10 p.
4. Stepanykh N.V., Nesterova E.V., Zargaryan A.M. Grain production efficiency in the conditions of climate change in the Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2024, vol. 24, no. 07, pp. 944–956. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956>
5. Collins C. Okolie, Gideon Danso-Abbeam, Okechukwu Groupson-Paul, Abiodun A. Ogundeji. Climate-Smart Agriculture Amidst Climate Change to Enhance Agricultural Production: A Bibliometric Analysis / Collins C. Okolie, Gideon Danso-Abbeam, Okechukwu Groupson-Paul, Abiodun A. Ogundeji // Land, MDPI. 2022. Vol. 12(1). P. 1–23. <https://doi.org/10.3390/land12010050>
6. Guragain R.P., Kierzkowska-Pawlak H., Fronczak M., Kędzierska-Sar A., Subedi D.P., Tyczkowski J. Germination improvement of fenugreek seeds with cold plasma: exploring long-lasting effects of surface modification / R.P. Guragain, H. Kierzkowska-Pawlak, M. Fronczak et al. // Sci Hort. 2024. Vol. 324. Article number: 112619. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112619>
7. Goudarzi S., Ghafoorifard H., Ghasemi S., Mazandarani A. The effect of atmospheric cold plasma on the rates of germination and root length and shoot length of sesame seed / S. Goudarzi, H. Ghafoorifard, S. Ghasemi, A. Mazandarani // In 27th Iranian nuclear conference. 2021. P. 1–7.
8. Ling L., Jiafeng J., Jiangang L., Minchong S., Xin H., Hanliang S., Yuanhua D. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean / L. Ling, J. Jiafeng, L. Jiangang et al. // Sci Rep. 2014. Vol. 4(1). Article number: 5859. <https://doi.org/10.1038/srep05859>
9. Pizá M.C.P., Prevosto L, Zilli C, Cejas E, Kelly H, Balestrasse K. Effects of non-thermal plasmas on seed-borne Diaporthe/Phomopsis complex and germination parameters of soybean seeds / M.C.P. Pizá, L. Prevosto, C. Zilli et al. // Innovative food Sci Emerg Technol. 2018. Vol. 49. P. 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.07.009>

10. Rasooli Z., Barzin G., Mahabadi T.D., Entezari M. Stimulating effects of cold plasma seed priming on germination and seedling growth of cumin plant / Z. Rasooli, G. Barzin, T.D. Mahabadi, M. Entezari // South Afr J Bot. 2021. Vol. 142. P. 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.06.025>

11. Voloshchuk O., Voloshchuk I., Hlyva V., and Kovalchuk O. Enzymic mycosis exhaustion of grain as one of the reasons for decreasing the seed quality of the triticale of winter in the zone of the western forest-steppe of Ukraine / O. Voloshchuk, I. Voloshchuk, V. Hlyva and O. Kovalchuk // Balanced Nature Using. 2018. Vol. 7, No. 1. P. 55–61. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2018.276474>

12. Ucar Y., Ceylan Z., Durmus M., Tomar O., Cetinkaya T. Application of cold plasma technology in the food industry and its combination with other emerging technologies / Y. Ucar, Z. Ceylan, M. Durmus et al. // Trends Food Sci Technol. 2021. Vol. 114. P. 355–371. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.004>

Информация об авторах

Потороко Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; potorokoi@susu.ru

Ал-Джумайли Далаф Абдуллах, аспирант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; Dalafalgumaily9@gmail.com

Information about the authors

Irina Yu. Potoroko, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Food and Biotechnologies, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; potorokoi@susu.ru

Dalaf Abdullah Al-Jumaily, Post-graduate student at the Department of Food and Biotechnologies, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; Dalafalgumaily9@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.01.2025

The article was submitted 10.01.2025