

2. Danilova, E. S. Monitoring hozyajstvenno cennyh priznakov kollekcii otechestvennyh i zarubezhnyh sortov hmelya obyknovennogo (*Humulus lupulus* L) / E. S. Danilova, YU. S., Danilova, Z. A. Nikonova // *Agrarnaya nauka Evro – Severa – Vostoka*. – 2011. – №6(25). – S.18-22.
3. Inzhenerno - tekhnologicheskie rezervy intensivizatsii proizvodstva hmelya v CHuvashskoy Respublike: monografiya / N. N. Pushkarenko, P. A. Smirnov, A. V. Korotkov [dr.]. – CHEboksary : CHGSKHA, 2018. – 356s.
4. Karataeva, O. G. Osobennosti i osnovnye napravlenii identifikatsii proizvodstva hmelya / O. G. Karataeva // *Agrarnaya nauka v usloviyah modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya APK Rossii* : sbornik materialov Vserossiyskoj nauchno metodicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 100-letiyu akademika D. K. Belyaeva. – Moskva, 2017. – S. 62-65.
5. Korotkov, A. V. Aktual'nye mery po uluchsheniyu selekcii hmelya obyknovennogo v Rossiyskoj Federatsii / A. V. Korotkov, Z. P. Korotkova, N. N. Pushkarenko // *Vestnik CHuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – № 2(21). – S.10-19.
6. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. – Moskva : Kolos, 1983. – Vypusk 3. – S. 79-82.
7. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya. – Moskva : Kolos, 1972. – Vypusk. 3 – S. 185-200.
8. Nikonova, Z. A. Sozdanie i sohranenie kollekcii hmelya obyknovennogo v kachestve genofonda dlya selekcii / Z. A. Nikonova, Z. P. Korotkova // *Niva Povolzh'ya*. – 2017. – №4(45). – S104 - 108.
9. Opredelenie soderzhaniya al'fa-kislot v syr'e hmelya obyknovennogo metodom konduktometrii / G. M. Latypova, G. V. Ayupova, V. A. Kataev [dr] // *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii*. – 2013. – № 1. – S. 004-008.
10. Hampton, R., Small, E., and Haunold, A. 2001. Sreda obitaniya i izmenchivost' *Humulus lupulus* var. *lupuloides* in upper Midwestern North America: a critical source of American hop germplasm. *Soc.* 128(1): 35 - 46. doi: 10.2307/3088658.
11. Henning, J. A., Steiner, J. J., and Hummer, K. E. 2004. Geneticheskoe raznoobrazie sredi mirovyh obrazcov hmelya, vyrashchennyh v SSHA. *Rastenievodstvo Sci.* 44: 411 – 417.
12. The effectiveness of the introduction of promising varieties and new technology in the cultivation of common hops / Korotkov A. V. [et al.] // *V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental science*. - Cheboksary, Chuvash State .Agricultural Academy. 2019. - P. 012019.

Information about authors

1. **Korotkov Anatoly Vasilyevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Competence Center "Chuvashia – the center of hop production", Chuvash State Agrarian University; 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: tolya.korotkov.62@mail.ru., tel. 89279976353;
2. **Korotkova Zoya Polikarpovna**, Junior Researcher of the Competence Center "Chuvashia – the center of hop production", Chuvash State Agrarian University; 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: zivil_ahm@mail.ru, tel. 89176790484;
3. **Pushkarenko Nikolay Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering, Chuvash State Agrarian University; 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: stl-mstu@mail.ru, tel. 8906 3854191.

УДК 633.853.52; 631.547.1

DOI:

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БИОФИЗИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НА ВСХОЖЕСТЬ И ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ

М. М. Нафиков¹⁾, Р. Р. Хузина¹⁾, Ман. Мак. Нафиков¹⁾, С. Г. Смирнов²⁾, Л. Г. Шашкаров³⁾

¹⁾Казанский (Приволжский) федеральный университет
420008, Казань, Российская Федерация

²⁾Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса
420059, Казань, Российская Федерация

³⁾Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время однозначно не все методы ведения сельскохозяйственного производства являются устойчивыми, в частности, борьба с вредоносными патогенами на семенах сельскохозяйственных культур. Применяемые в большинстве случаев химические инсектициды оказывают негативное влияние на окружающую среду и человека. Замена инсектицидного метода обработки на обработку семян холодной атмосферной плазмой должна стать экологически чистой альтернативой в растениеводстве. Несмотря на многочисленные успешные результаты обработки семян плазмой, о которых

сообщается в литературе, существует большой пробел в нашем понимании того, как холодная атмосферная обработка плазмой влияет на семена, особенно из-за множества физических, химических и биологических переменных. Это исследование раскрывает сущность и действие плазмы на биологические объекты (семена). Результаты наших исследований показывают, что время обработки плазмой является параметром, который может активировать различные пути защиты растений. Обработка семян гороха напряжением 15 кВ в течение 30 секунд является оптимальным, при этом наблюдается наибольшая энергия прорастания – 87.1, всхожесть – 91.8 % и другие параметры. Обработка семян яровой пшеницы напряжением 5 кВ является оптимальным в течение 15 секунд, при этом наблюдается наибольшая энергия прорастания – 99.4, всхожесть – 97.8 % и т.д. На окончательном этапе мы получаем обеззараженное, с высокой энергией прорастания и всхожестью высококачественные семена. Похоже, что плазма также вызывает защитную реакцию семени к различным макро- и микротравмам. Это говорит о том, что плазменная обработка потенциально может быть применена в сельском хозяйстве для защиты растений от абиотических и биотических стрессов без выброса остатков в окружающую среду. Полученные данные позволяют сделать выводы о том, что холодная плазма стимулирует прорастания семян в лаборатории. Необходимо продолжить исследование с закладкой полевых опытов с целью выявления перспективности метода.

Ключевые слова: холодная плазма, защита растений, энергия прорастания, всхожесть, сохранность, растения.

Введение. В статье представлены результаты изучения влияния низкотемпературной атмосферной плазмы на физиологическое состояние семян зерновых и зернобобовых культур по разработанной авторами схеме и методике. Обработка семян низкотемпературной атмосферной плазмой является одним из наиболее эффективных способов влияния на их физиологические свойства [1, 2, 3, 4, 8].

Ряд исследователей в своих публикациях указывают, что основными действующими факторами при плазменной обработке являются излучение плазмы, бомбардировка поверхности семян активными частицами и образование на поверхности малых биоактивных молекул. Изученные нами материалы показывают, что, несмотря на имеющиеся положительные результаты по использованию плазменных технологий обработки растительного сырья, влияние различных плазменных взаимодействий на процессы, приводящие к улучшению посевных свойств семян, еще недостаточно изучено. Необходимо также отметить отсутствие данных по исследованию параметров плазмы вблизи зоны ее контакта с поверхностью семян культурных растений. Также недостаточно изучены механизмы фунгицидного и бактерицидного действия атмосферной плазменной обработки семян. Недостаточно данных, что плазма может, как стимулировать, так и подавлять жизнеспособность семян в состоянии покоя и при прорастании [6, 7, 9, 10, 11].

Целью исследований является детальный выбор режимов работы плазмотрона в зависимости от вида и физиологического состояния семян, влияние холодной атмосферной плазмы на жизнеспособность и ростовые процессы в семенах сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе Инженерного института ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» в лаборатории «Безопасность жизнедеятельности». В опытах изучались семена яровой пшеницы сорта «Прохоровка», гороха сорта «Ватан». Для проведения исследований использовали устройство для обработки семян холодной атмосферной плазмой собственной разработки [5].

Результаты исследований и их обсуждение. В настоящее время известны такие методы обеззараживания семян, как:

- УФ-облучение;
- магнитным полем;
- лазерное.

Эти методы обработки не могут обеспечить полное обеззараживание семян от патогенов и одновременно увеличить энергию прорастания и всхожесть семян при их использовании по назначению.

Разработанное нами устройство для обработки семян холодной атмосферной воздушной плазмой содержит камеру, ионизатор воздуха, вентилятор, соединительный патрубок, загрузочный бункер, ленточный транспортер с возможностью изменения скорости движения, при этом ионизатор воздуха состоит из плазматрона постоянного тока и генератора с регулятором напряжения на электроде до 20 кВ, при этом вентилятор соединен с ионизатором воздуха соединительным патрубком, а ионизатор воздуха соединен с камерой. Способ работы устройства заключается в том, что семена из загрузочного бункера подаются на ленточный транспортер, при этом регулируют скорость движения ленточного транспортера для регулирования времени обработки семян; далее семена подаются в камеру; одновременно в камеру из ионизатора воздуха с помощью вентилятора подают холодную атмосферную воздушную плазму, при этом регулируют напряжение на электроде генератора ионизатора воздуха до 20 кВ; при этом происходит процесс обработки семян холодной атмосферной воздушной плазмой.

В зависимости от пораженности семян патогенами, рекомендуется использовать различные меры воздействия плазмой с соблюдением временного интервала. На выходе из устройства получают обеззараженные, готовые к посеву семена зерновых культур с высокой энергией прорастания и всхожестью.

Газоразрядная низкотемпературная плазма содержит различные заряженные (ионы и электроны), нейтральные (молекулы и атомы) частицы и продукты активации плазмохимических реакций, рентгеновское и ультрафиолетовое излучение. Плазма может окислять различные микроорганизмы и разрушать не только их оболочки, но и ДНК вирусов и бактерий. Оставаясь при этом холодной, такая плазма не разрушает теплочувствительные материалы, что дает возможность ее широкого использования в качестве сильного стерилизатора. В отличие от ставших традиционными способов стерилизации, газоразрядный метод обладает целым рядом отличительных преимуществ.

Так, изначально холодные температуры дают возможность стерилизовать теплочувствительные материалы. Кроме того, большой спектр агентов, которые включает в себя плазма с газовым разрядом (это заряженные частицы, нейтралы, разнообразные продукты активации плазмохимических реакций, рентгеновское и ультрафиолетовое излучение, электромагнитные поля), дает возможность значительно сократить время, нужное для обработки семян, что приводит к экономии энергоресурсов.

На рисунке 1 нами представлена конструкция устройства для обработки семян холодной атмосферной плазмой.

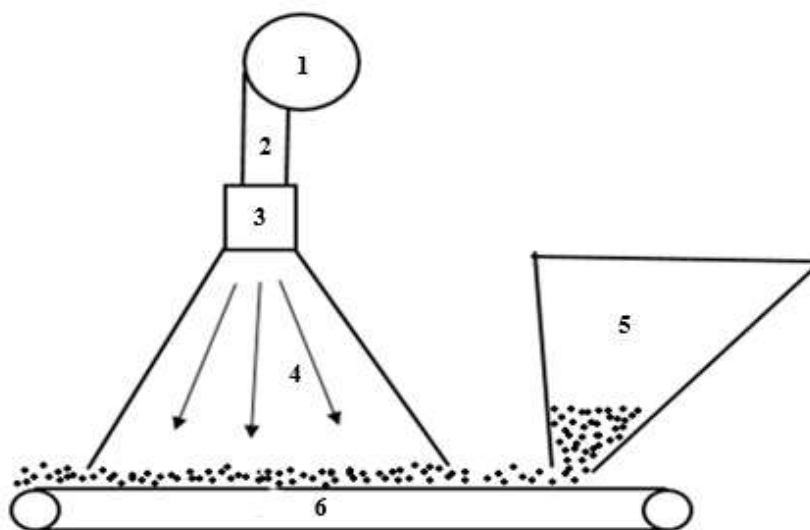


Рис. 1. Устройство для обработки семян холодной атмосферной воздушной плазмой и способ его работы: 1 – вентилятор, 2 – патрубок, 3 – ионизатор воздуха, 4 – камера, 5 – загрузочный бункер, 6 – ленточный транспортер

Результаты обработки семян гороха посевного сорта Ватан представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты обработки семян гороха холодной атмосферной воздушной плазмой в течении 30 сек.

Напряжение кВ	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Общая длина, мм	Длина корня, мм	Длина стебля, мм	Вес общий, гр	Вес корня, гр	Вес стебля, гр
10	82,4	86,0	14,2	8,3	5,9	1,2	0,6	0,6
15	87,1	91,8	15,4	9,1	6,3	1,5	0,8	0,7
20	83,2	87,2	14,5	8,4	6,1	1,4	0,7	0,7
Контроль (без обработки)	79,6	83,1	13,4	8	5,4	1,3	0,7	0,6

Анализ результатов, приведенных в Таблице 1, показывает, что по сравнению с контрольным вариантом опыта характеристики роста резко меняются:

- от 79,6 до 87,1 % энергия прорастания семян;

- от 83,1 до 91,8 % всхожесть семян. Также в положительную сторону меняются все показатели, длина корня и стеблей, вес стебля и корня и общий вес растений гороха.

Вывод. Оптимальным параметром для предпосевной обработки семян гороха холодной воздушной плазмой является напряжение 15 кВ.

Получены обеззараженные, готовые к посеву семена, с высокой энергией прорастания и всхожестью.

Результаты обработки семян яровой пшеницы сорта Прохоровка представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты обработки семян яровой пшеницы холодной атмосферной воздушной плазмой в течении 10 сек.

Напряжение кВ	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Общая длина, мм	Длина корня, мм	Длина стебля, мм	Вес общий, гр	Вес корня, гр	Вес стебля, гр
2	85,5	90,2	28,7	13,6	15,1	0,13	0,06	0,07
5	90,1	92,1	28,8	13,7	15,1	0,13	0,06	0,07
15	87,2	91,0	28,0	13,0	15,0	0,14	0,07	0,07
Контроль (без обработки)	83,1	88,4	26,4	12,1	14,3	0,1	0,04	0,06

Анализ результатов, приведенных в Таблице 2, показывает, что по сравнению с контролем характеристики роста яровой пшеницы сорта Прохоровка менялись в следующих пределах:

- от 83,1 до 90,1 % энергия прорастания семян;

- от 88,4 до 92,1 % всхожесть семян. Все показатели сорта яровой пшеницы Прохоровка так же, как и показатели по гороху менялись в положительную сторону.

Вывод. Оптимальным параметром для предпосевной обработки семян яровой пшеницы сорта Прохоровка холодной воздушной плазмой является напряжение 5 кВ.

Для подтверждения эффективности обработки семян гороха холодной атмосферной плазмой приводим измерения характеристик семян гороха.

Результаты обработки семян гороха сорта Ватан представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты обработки семян гороха при напряжении 15 кВ

Время обработки, сек	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Общая длина, мм	Длина корня, мм	Длина стебля, мм	Вес общий, гр	Вес корня, гр	Вес стебля, гр
30 сек.	87,1	91,8	18,4	12,3	6,1	1,6	0,9	0,7
50 сек.	93,6	98,2	18,9	12,5	6,4	1,8	1	0,8
80сек.	89,2	94,2	18,6	12,4	6,2	1,6	0,9	0,7
Контроль (без обработки)	80,6	87,1	14,5	9,1	5,4	1,3	0,8	0,5

В таблице 3 нами приведен анализ результатов исследований.

Вывод. Оптимальным параметром для предпосевной обработки семян гороха холодной воздушной плазмой является напряжение 15 кВ и время обработки 50 секунд.

Приводим контрольный пример обработки семян яровой пшеницы холодной атмосферной воздушной плазмой.

Результаты обработки семян яровой пшеницы представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты обработки семян яровой пшеницы при напряжении 5 кВ

Время обработки, сек	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Общая длина, мм	Длина корня, мм	Длина стебля, мм	Вес общий, гр	Вес корня, гр	Вес стебля, гр
10 сек.	90,3	93,1	27,8	12,7	15,1	0,13	0,07	0,06
15 сек.	99,4	97,8	29,1	13,8	15,3	0,15	0,09	0,06
20 сек.	93,8	94,0	28,0	12,9	15,1	0,14	0,08	0,06
Контроль (без обработки)	84,1	90,6	23,0	10,7	12,3	0,1	0,04	0,06

Анализ результатов, указанных в Таблице 4, показывает, что в зависимости от времени обработки семенного материала в секундах в сторону увеличения характеристики роста посевных качеств семян менялись в лучшую сторону.

Вывод. Оптимальным параметром для предпосевной обработки семян яровой пшеницы сорта Прохоровка холодной воздушной атмосферной плазмой является напряжение 5 кВ и время обработки 15 секунд.

Вывод: На разработанном плазмотроне при обработке семян яровой пшеницы и гороха посевного, соблюдая необходимое напряжение, время обработки, можно получить готовые к посеву семена с высокой всхожестью и энергией прорастания.

Литература

1. Влияние плазменной обработки семян сои на их качество и развитие проростков / В. Т. Синеговская, Л. А. Каманина, М. М. Васильев, О. Ф. Петров // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 6. – С. 18–20.
2. Гордеев, Ю. А. Методологические и агробиологические основы предпосевной биоактивации семян сельскохозяйственных культур потоком низкотемпературной плазмы: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Гордеев Ю. А. – Смоленск : Агрофизический научно-исследовательский институт, 2012.
3. Гордеев, Ю. А. Плазменные технологии в сельском хозяйстве – основа рационального природопользования / Ю. А. Гордеев, Р. З. Юлдашев // Вестник Таджикского технического университета. – 2011. – № 3. – С. 57–62.
4. Острошенко, В. В. Влияние предпосевной обработки семян стимуляторами роста на их посевные качества / В. В. Острошенко, Л. Ю. Острошенко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 5. – С. 12–15.
5. Патент. RU2781971C1 Устройство для обеззараживания семян холодной атмосферной воздушной плазмой и способ его работы / Н. Ф. Кашапов, М. М. Нафиков, С. Г. Смирнов, Ман. Мак Нафиков.
6. Предпосевная обработка семян низкотемпературной атмосферной воздушной плазмой / Р. Н. Кашапов, Мак. М. Нафиков, Р. Р. Хузина, [и др.] // Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий : сборник статей XIII Международной научно-технической конференции (Казань, 2–4 ноября 2021 г.). – Казань : Издательство Казанского университета, 2022. – С. 111–114.
7. Смирнов, С. Г. Урожайность семян сои в лесостепи Поволжья при разных приемах возделывания / С. Г. Смирнов, М. М. Нафиков, В. Н. Фомин // Кормопроизводство. – 2014. – № 1. – С. 17–19.
8. Юлдашев, Р. З. Влияние УФ - излучений в борьбе с семенной инфекцией хлопчатника / Р. З. Юлдашев, М. Х. Султанова // Kishovar. – 2011. – № 1. – С. 14а. –16.
9. Maxime Bafoil. Effects of dielectric barrier ambient air plasma on two brassicaceae seeds: Arabidopsis thaliana and Camelina sativa /Mohammed Yousfi, Christophe Dunand, Nofel Merbahi // Int. J. Mol. Sci. 2021, 22, 9923.
10. Filatova I. I. Effect of rf plasma treatment on the germination and phytosanitary state of seeds / V. V. Azharonok, S. V. Goncharik, V. A. Lushkevich, A. G. Zhukovsky, G. I. Gadzhieva // Journal of Applied Spectroscopy, Vol. 81, No. 2, May, 2014.
11. Waskow A. RNA sequencing of Arabidopsis thaliana seedlings after non-thermal plasma-seed treatment reveals upregulation in plant stress and defense pathways / Guihur, A., Howling, A., Furno, I // Int. J. Mol. Sci. 2022, 23, 3070.

Сведения об авторах

1. **Нафиков Макарим Махасимович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии и управления инновациями Инженерного института, Казанский (Приволжский) федеральный университет; 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; e-mail: nafikov_makarim@mail.ru, тел. 89274305979;

2. **Шашкаров Леонид Геннадьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: 89379581220@yandex.ru, тел. 89379581220;

3. **Смирнов Сергей Геннадьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой предпринимательства и управления бизнесом, Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса; 420059, Республика Татарстан, г. Казань, Оренбургский тракт, 8б; e-mail: ssg75@mail.ru, тел. 89179203809;

4. **Хузина Роза Рифатовна**, аспирант кафедры биомедицинской инженерии и управления инновациями Инженерного института, Казанский (Приволжский) федеральный университет; 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; e-mail: khuzinaroza@yandex.ru, тел. 89172792806;

5. **Нафиков Мансур Макаримович**, магистрант кафедры биомедицинской инженерии и управления инновациями Инженерного института, Казанский (Приволжский) федеральный университет; 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; e-mail: mansur.nafikov777@mail.ru, тел. 89534923448.

INFLUENCE OF SEED TREATMENT BY BIOPHYSICAL METHOD ON GERMINATION AND PHYTOSANITARY STATEMENT

M. M. Nafikov¹⁾, R. R. Khuzina¹⁾, Man. Mak. Nafikov¹⁾, S. G. Smirnov²⁾, L. G. Shashkarov³⁾

¹⁾Kazan (Volga Region) Federal University
420008, Kazan, Russian Federation,

²⁾Tatar Institute for the Retraining of Agribusiness Personnel
420059, Kazan, Russian Federation,

³⁾Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. Currently, it is clear that not all agricultural practices are sustainable, in particular, the control of harmful pathogens on crop seeds. Used in most cases, chemical insecticides have a negative impact on the environment and humans. The replacement of the insecticidal method of treatment with the treatment of seeds with cold atmospheric plasma should become an environmentally friendly alternative in crop production. Despite the many successful results of seed treatment with plasma reported in the literature, there is a large gap in our understanding of how cold atmospheric plasma treatment affects seeds, especially due to the many physical, chemical and biological variables. This study reveals the essence and effect of plasma on biological objects (seeds). The results of our studies show that plasma treatment time is a parameter that can activate various plant defense pathways. Treatment of pea seeds with a voltage of 15 kV for 30 seconds is optimal, while the highest germination energy is observed – 87.1, germination – 91.8% and other parameters. Treatment of spring wheat seeds with a voltage of 5 kV is optimal for 15 seconds, while the highest germination energy is observed – 99.4, germination – 97.8%, etc. At the final stage, we get disinfected, high-quality seeds with high germination energy and germination. It seems that the plasma also causes a protective reaction of the seed to various macro- and microtraumas. This suggests that plasma treatment could potentially be applied in agriculture to protect plants from abiotic and biotic stresses without releasing residues into the environment. The data obtained allow us to conclude that cold plasma stimulates seed germination in the laboratory. It is necessary to continue the study with the laying of field experiments in order to identify the prospects of the method.

Key words: cold plasma, plant protection, germination energy, germination, safety, plants.

References

1. Vliyanie plazmennoj obrabotki semyan soi na ih kachestvo i razvitie prorostkov / V. T. Sinegovskaya, L. A. Kamanina, M. M. Vasil'ev, O. F. Petrov // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2018. – № 6. – S. 18–20.
2. Gordeev, YU. A. Metodologicheskie i agrobiologicheskie osnovy predposevnoj bioaktivacii semyan sel'skohozyajstvennyh kul'tur potokom nizkotemperaturnoj plazmy: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora biologicheskikh nauk / Gordeev YU. A. – Smolensk : Agrofizicheskij nauchno-issledovatel'skij institut, 2012.
3. Gordeev, YU. A. Plazmennye tekhnologii v sel'skom hozyajstve – osnova racional'nogo prirodopol'zovaniya / YU. A. Gordeev, R. Z. YUldashev // Vestnik Tadzhijskogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – № 3. – S. 57–62.
4. Ostroshenko, V. V. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan stimulyatorami rosta naih posevnye kachestva / V. V. Ostroshenko, L. YU. Ostroshenko // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 5. – S. 12–15.
5. Patent. RU2781971C1 Ustrojstvo dlya obezrazhivaniya semyan holodnoj atmosfernoj vozduшной plazmoy i sposob ego raboty / N. F. Kashapov, M. M. Nafikov, S. G. Smirnov, Man. Mak Nafikov.
6. Predposevnaya obrabotka semyan nizkotemperaturnoj atmosfernoj vozduшной plazmoy / R. N. Kashapov, Mak. M. Nafikov, R. R. Huzina, [i dr.] // Nizkotemperaturnaya plazma v processah naneseniya funkcional'nyh pokrytij : sbornik statej XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii (Kazan', 2–4 noyabrya 2021 g.). – Kazan' : Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, 2022. – S. 111–114.
7. Smirnov, S. G. Urozhajnost' semyan soi v lesostepi Povolzh'ya pri raznyh priyomah vozdeystviya / S. G. Smirnov, M. M. Nafikov, V. N. Fomin // Kormoproizvodstvo. – 2014. – № 1. – S. 17–19.
8. YUldashev, R. Z. Vliyanie UF - izluchenij v bor'be s semennoj infekciej hlochatnika / R. Z. YUldashev, M. H. Sultanova // Kishovarz. – 2011. – № 1. – S. 14a. – 16.
9. Maxime Bafoil. Effects of dielectric barrier ambient air plasma on two brassicaceae seeds: Arabidopsis thaliana and Camelina sativa /Mohammed Yousfi, Christophe Dunand, Nofel Merbahi // Int. J. Mol. Sci. 2021, 22, 9923.

10. Filatova I. I. Effect of rf plasma treatment on the germination and phytosanitary state of seeds / V. V. Azharonok, S. V. Goncharik, V. A. Lushkevich, A. G. Zhukovsky, G. I. Gadzhieva // Journal of Applied Spectroscopy, Vol. 81, No. 2, May, 2014.
11. Waskow A. RNA sequencing of Arabidopsis thaliana seedlings after non-thermal plasma-seed treatment reveals upregulation in plant stress and defense pathways / Guihur, A., Howling, A., Furno, I // Int. J. Mol. Sci. 2022, 23, 3070.

Information about authors

1. **Nafikov Makarim Mahasimovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering and Innovation Management, Engineering Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Republic of Tatarstan, Kazan, st. Kremlin, 18; e-mail: nafikov_makarim@mail.ru, tel. 89274305979;

2. **Shashkarov Leonid Gennadievich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Plant Growing, Selection and Seed Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: 89379581220@yandex.ru, tel. 89379581220;

3. **Smirnov Sergey Gennadievich**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Entrepreneurship and Business Management, Tatarstan Institute for the Retraining of Agribusiness Personnel, 420059, Republic of Tatarstan, Kazan, Orenburg Trakt, 8b; e-mail: ssg75@mail.ru, tel. 89179203809;

4. **Khuzina Roza Rifatovna**, post-graduate student of the Department of Biomedical Engineering and Innovation Management, Engineering Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Republic of Tatarstan, Kazan, st. Kremlin, 18; e-mail: khuzinaroza@yandex.ru, tel. 89172792806;

5. **Nafikov Mansur Makarimovich**, Master student of the Department of Biomedical Engineering and Innovation Management, Engineering Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Republic of Tatarstan, Kazan, st. Kremlin, 18; e-mail: mansur.nafikov777@mail.ru, tel. 89534923448.

УДК 633.1

DOI:

УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ СОРТА САВВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВЫСЕВА

А. Н. Немова, Г. А. Мефодьев, М. И. Яковлева
 Чувашский государственный аграрный университет
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В работе представлены результаты исследования влияния нормы высева семян на структурные элементы урожая и урожайность яровой тритикале сорта Савва в условиях серых лесных почв юго-востока Волго-Вятского региона. Исследования проводились в вегетационный период 2022 года на территории Вурнарского госсортоучастка Чувашской Республики. Схема опыта включала в себя 4 варианта: 4, 5, 6 и 7 млн. всх. семян/га. Площадь опытной делянки составляла 25 м², повторность опыта – четырехкратная. Анализ полученных результатов исследования показал, что норма высева оказывает влияние не только на урожайность в целом, но и на структуру стеблестоя и биометрические показатели растений. Так, наибольшая выживаемость растений отмечена в варианте с нормой высева 6 млн. всх. семян/га – 82,2 %. В этом варианте, также как и в варианте с нормой 4 млн. всх. семян/га, растения отличились и более высокой продуктивной кустистостью – 1,3. С увеличением нормы высева высота растений снижалась. Самые высокие и самые низкорослые растения были при нормах 4 и 7 млн. всх. семян/га соответственно. При наименьшей изучаемой норме высева (4 млн. всх. семян/га) формировался наиболее продуктивный колос со средним значением количества зерен в одном колосе – 18,9 шт. В целом, по совокупности влияния различных факторов, наибольшая урожайность яровой тритикале сорта Савва в 2022 году была получена при норме высева 4 млн. всх. семян/га – 58,6 ц/га, что несущественно выше урожайности в варианте с нормой высева 6 млн. всх. семян/га – 57,9 ц/га. В контрольном варианте (7 млн. всх. семян/га) урожайность составила лишь 43,5 ц/га.

Ключевые слова: яровая тритикале, тритикале, сорт, урожайность, качество зерна.

Введение. В последнее время при производстве растениеводческой продукции отмечается существенный рост значимости пшенично-ржаного гибрида, полученного в 19 веке, именуемого тритикале [4]. Эта новая культура уже зарекомендовала себя не только как кормовая, но и как продовольственная. Тритикале может использоваться в хлебопекарной и кондитерской промышленности [5, 6]. Уникальный гибрид характеризуется высокой урожайностью, которая превышает урожайность пшеницы или ржи, а также устойчивостью к неблагоприятным климатическим условиям и болезням [7, 10]. Выявлено, что в зерне тритикале содержится большое количество белка – на 1-3% выше, чем у пшеницы и ржи [8, 9]. Для повышения урожайности и качества зерна тритикале применяются различные агротехнологические приемы, такие как выбор сорта [1],