

УДК 53, 63  
EDN: QFXFBU

PACS: j, 52.80

**Обеззараживание семян подсолнечника при воздействии отрицательного коронного разряда**© В. Л. Бычков\*, А. А. Логунов, Д. Н. Ваулин, А. П. Шваров, А. М. Изотов,  
Б. А. Тарасенко, Д. П. Дударев

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, 119991 Россия

\* E-mail: bychvl@gmail.com

Статья поступила в редакцию 31.07.2025; после доработки 26.08.2025; принята к публикации 11.12.2025

Шифр научной специальности: 1.3.9; 1.3.21

**Проведены исследования воздействия отрицательного коронного разряда на зараженность семян подсолнечника масличного направления использования. Обработка семян этой культуры холодной плазмой коронного разряда способствует снижению их зараженности грибами, вызывающими заболевания растений. По мере увеличения продолжительности воздействия эффективность применения холодной плазмы повышается. При экспозиции в 180 и 240 минут отрицательная корона снизила зараженность ржавчиной средних по крупности семян подсолнечника на 100 %, а на крупных оказалась не эффективной.**

**Ключевые слова:** отрицательный коронный разряд; семена подсолнечника; зараженность; обеззараживание; грибные болезни.

DOI: 10.51368/1996-0948-2025-6-26-30

**Введение**

Для борьбы с грибными болезнями подсолнечника (такими как *ржавчина* – *Puccinia helianthi* Schwein., *фомонцис* – *Diaporthe helianthi* (*Phomopsis helianthi*) Muntañola-Cvetković, Mihaljcevic & Petrov. *белая гниль* (*склеротиниоз*) – *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Vary, *серая гниль* – *Botrytis cinerea* Pers. ex. Fr. и многими другими) обычно применяется протравливание семян химическими препаратами. Как известно [1], широкое применение пестицидов в сельском хозяйстве привело к экологическим проблемам – загрязнению окружающей среды и ухудшению здоровья людей. Растёт тенденция перехода к производству органической продукции, безопасной для здоровья. Это требует экологизации и биологизации агротехнологий. В [2, 3] показано, что плазма оказывает стерилизующее воздействие на грибы, бактерии, вирусы. Ее применение не наносит вреда природной

среде, человеку и животным, экономически выгоднее использования химических или натуральных фунгицидов и является перспективным направлением экологизации и биологизации сельскохозяйственного производства.

Обработка холодной плазмой была оценена в различных исследованиях как успешная технология для поверхностной контаминации и стимуляции прорастания семян [3, 4]. Нашими исследованиями было установлено, что низкотемпературная плазма обладает деконтаминирующей способностью, вследствие чего необходимо более глубоко исследовать это ее свойство с целью установления оптимальных параметров применения для экологизации подготовки семян полевых культур к посеву [5–8]. Вопросы воздействия коронных разрядов на поверхность семян озимой пшеницы и ячменя рассматривались нами в работах [6–8]. Было показано в ряде случаев при воздействии положительной и отрицательной корон происходит снижение зараженности

грибными болезнями, что указывало на перспективность использования коронных разрядов для обеззараживания зерна. Данная работа является продолжением этих работ [6–8]. В ней проведены исследования воздействия отрицательного коронного разряда на общую зараженность семян подсолнечника. Ранее такие исследования не проводились, хотя указание на необходимость поиска воздействия на грибы на семенах подсолнечника была указана в [1]. Выбор отрицательной короны связан с тем, что в экспериментах [6–8] было показано, что уничтожение грибов отрицательной короной происходит более интенсивно, чем положительной.

### Экспериментальная установка

В данной работе использовалась та же установка, что и в [7, 8], где представлена принципиальная схема и фотографии установки, для исследования воздействия коронного разряда на грибные заболевания. Она состоит из кюветы, заполненной изучаемым веществом, и электрической цепи. Верхний набор электродов из 19 игл (с радиусом кончика 0,4 мм) располагался на высоте 8 мм над поверхностью зерна. Расстояние между электродами в многоэлектродной композиции составляло 11 мм. Электроды находились под отрицательным напряжением. Кювета была диэлектрической с металлическим электродом на её дне, цилиндрической, диаметр кюветы составлял 90 мм, обрабатываемая площадь составляла 6400 мм<sup>2</sup>, высота кюветы – 18 мм. Для более равномерной обработки вещества в кювете использовался электрический двигатель, приводящий к вертикальному перемешиванию зерна. Масса зерна в кювете во всех случаях 70 г. Зерна в кювете составляли около 12 слоев. В слое находилось 98–100 зерен, вес слоя был около 6 г. Использовался источник постоянного тока, напряжение в эксперименте изменялось в пределах  $U = 8–10$  кВ, ток изменялся в пределах  $I = 20–100$  мкА.

### Результаты измерений

В таблице представлены данные по зависимости средних параметров разряда отри-

цательной короны от времени. Из таблицы видно, что параметры разряда менялись во время измерений, что было связано с непостоянством силы тока и величины напряжения на разряде. При этом величина вложенной в зерно энергии при временах обработки 3 и 4 часа менялись в среднем на 30 %.

Таблица

*Зависимость средних параметров отрицательной короны от времени*

Время	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч
Напряжение, кВ	8	8,7	8,7	8,6
Ток, мкА	6,5	8,3	9,1	5

Контроль зараженности семян подсолнечника проводился в соответствии с методиками, разработанными Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский центр карантина растений» ФГБУ «ВНИИКР» и изложенными в их методических рекомендациях 67-2021, с использованием Определителя болезней растений [9]. Семена помещались в простерилизованные в автоклаве чашки Петри с двумя слоями простерилизованной фильтровальной бумаги, смоченной прокипяченной в течение 30 минут в закрытой колбе водой (или простерилизованной). Проращивание семян проводилось в термостате при температуре 22–23 °С. Через 10 и 14 суток с применением микроскопа определялась зараженность семян подсолнечника. Тесты делали на все основные грибные болезни подсолнечника. Было установлено, что семена заражены только ржавчиной.

При экспозиции в 180 и 240 минут отрицательная корона способствовала полному обеззараживанию средней крупности семян (масса 1000 семян 55,8 г) масличного подсолнечника от ржавчины и не оказала воздействия на это заболевание у крупных семян (масса 1000 семян 79,7 г). Доказуемого эффекта деконтаминационного воздействия холодной плазмы на крупные семена подсолнечника нами в проведенном эксперименте не выявлено. Наиболее вероятно это связано с толщиной оболочки и степенью выполненности семян. (Выполненность зерна — это степень его созревания и налива, законченность процессов синтеза веществ, входящих в

состав созревшей зерновки.) В случае мелких и средних по крупности семян подсолнечника их оболочка тонкая и гладкая, а в случае крупных семян оболочка более плотная и ребристая.

Результаты показывают, что за время обработки ионы и активные частицы плазмы, появляющиеся в коронном разряде, не успевают проникнуть внутрь утолщенной оболочки семян подсолнечника. Поэтому при использовании плазмы коронного разряда становятся важными время обработки или, соответственно, мощность установки. В случае обработки мелких и средних семян подсолнечника можно увеличить напряжение на разряде до 20–25 кВ, при этом время обработки зерна уменьшится вдвое.

Вторым важным обстоятельством является толщина оболочки. Использование плазмы коронного разряда эффективно только в случае тонких оболочек. Следует отметить, что наш опыт работы с зерном пшеницы и ячменя показывает, что в случае использования отрицательной короны результаты воздействия оказываются лучше, чем при использовании положительной короны. Это в первую очередь связано с различным молекулярным составом плазмы, ибо в плазме отрицательной короны производится больше отрицательных атомарных ионов кислорода  $O^-$  и атомов кислорода  $O$  в процессах диссоциативного прилипания электронов  $e$  к молекулам кислорода  $O_2$  ( $e + O_2 \rightarrow O + O^-$ ) [10]. Эти частицы преобразуются в молекулы озона  $O_3$  в реакциях  $O^- + O_2 \rightarrow e + O_3$  и  $O + O_2 + N_2 \rightarrow O_3 + N_2$  [10] которые усиливают стерилизирующее действие поверхности зерна.

### Заключение

Обработка семян масличного подсолнечника холодной плазмой коронного разряда способствует существенному снижению их

зараженности ржавчиной (*Puccinia helianthi* Schwein.) По мере увеличения продолжительности воздействия эффективность применения холодной плазмы повышается. При экспозиции в 180 и 240 минут отрицательная корона привела к полному (100 %) обеззараживанию средних по крупности семян подсолнечника от возбудителя ржавчины и не оказала деконтаминационного воздействия на крупные семена подсолнечника. Для использования коронного разряда для воздействия на семена подсолнечника надо выбирать сорта с тонкой кожурой. Если рассматривать воздействие холодной плазмы на семена картофеля, то нет отличия от обработки зерна подсолнечника и картофеля.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балаян В. М.* Аптека для растений. – М.: Просвещение, 1985.
2. 1st International Workshop on Plasma Agriculture [Электронный ресурс]: [www.iwopa.org](http://www.iwopa.org)
3. 2nd International Workshop on Plasma Agriculture [Электронный ресурс]: [www.iwopa2.org](http://www.iwopa2.org)
4. *Los A., Ziuzina D., Bourke P.* / J. Food Sci. 2018. Vol. 83. P. 1–10. doi: 10.1111/1750-3841.14181
5. *Гордеев Ю. А.* Стимулирование биологических процессов в семенах растений излучениями низкотемпературной плазмы. – Смоленск: Смоленская ГСХА, 2008.
6. *Bychkov V. L., Chernikov V. A., Deshko K. I., Izotov A. M., Tarasenko B. A., Dudarev D. P.* / IEEE Trans. Plasma Sci. 2021. Vol. 49. № 3. P. 1034–1040.
7. *Bychkov V. L., Goriachkin P. A., Chernikov V. A. et al.* / Proc. Intern Conf. "Atmosphere, Ionosphere, Safety". – Kaliningrad. 2023 / Eds. Borchevskina O. P., Golubkov M. G., Karpov I. V. P. 307–310.
8. *Бычков В. Л., Горячкин П. А., Черников В. А., Шваров А. П., Изотов А. М., Тарасенко Б. А., Дударев Д. П.* / Прикладная физика. 2023. № 2. С. 15–21.
9. *Хохряков К. М., Доброзракова Т. Л., Степанов К. М., Летова М. Ф.* Определитель болезней растений / под ред. Хохряков М. К. – Санкт-Петербург-Москва-Краснодар: Лань, 2003.
10. *Лунин В. В., Самойлович В. Г., Ткаченко С. Н., Ткаченко И. С.* Теория и практика получения и применения озона. – М.: Изд-во Московского университета, 2023.

## Effect of negative corona discharge on the contamination of sunflower seeds

V. L. Bychkov\*, A. A. Logunov, D. N. Vaulin, A. P. Shvarov, A. M. Izotov,  
B. A. Tarasenko and D. P. Dudarev

*M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

\* *E-mail: bychvl@gmail.com*

*Received 31.07.2025; revised 26.08.2025; accepted 11.12.2025*

***Studies of the influence of negative corona discharge on the contamination of sunflower oilseeds have been conducted. Treatment of seeds of this crop with cold plasma corona discharge helps to reduce their infection with fungi that cause plant diseases. As the duration of exposure increases, the effectiveness of cold plasma increases. With an exposure of 180 and 240 minutes, the negative corona reduced the rust contamination of medium-sized sunflower seeds by 100 %, but was ineffective on large ones.***

***Keywords:*** corona discharge; sunflower seeds; infestation; germination; disinfection; fungal diseases.

### REFERENCES

1. Balayan V. M. Pharmacy for plants. Moscow, Prosveshenie, 1985 [in Russian].
2. 1st International Workshop on Plasma Agriculture [Electronic resource]: [www.iwopa.org](http://www.iwopa.org)
3. 2nd International Workshop on Plasma Agriculture [Electronic resource]: [www.iwopa2.org](http://www.iwopa2.org)
4. Los A., Ziuzina D. and Bourke P., *Food Sci.* **83**, 1–10 (2018). doi: 10.1111/1750-3841.14181
5. Gordeev Yu. A. Stimulation of biological processes in plant seeds by low-temperature plasma radiation. Smolensk, Smolensk State Agricultural Academy, 2008 [in Russian].
6. Bychkov V. L., Chernikov V. A., Deshko K. I., Izotov A. M., Tarasenko B. A. and Dudarev D. P., *IEEE Trans. Plasma Sci.* **49** (3), 1034–1040 (2021).
7. Bychkov V. L., Goriachkin P. A., Chernikov V. A. et al. *Proc. Intern Conf. Atmosphere, Ionosphere, Safety.* / Eds. Borchevkina O. P., Golubkov M. G., Karpov I. V., Kaliningrad, 2023, pp. 307–310.
8. Bychkov V. L., Goriachkin P. A., Chernikov V. A., Shvarov A. P., Izotov A. M. et al., *Applied Physics*, № 2, 15–21 (2023) [in Russian].
9. Khokhryakov K. M., Dobrozrakova T. L., Stepanov K. M. and Letova M. F., *Disease determinant plants* / Ed. Khokhryakov M. K., St. Petersburg-Moscow-Krasnodar, Lan, 2003 [in Russian].
10. Lunin V. V., Samoilovich V. G., Tkachenko S. N. and Tkachenko I. S. *Theory and practice of obtaining and applying ozone.* Moscow, Publishing House of Moscow University, 2023 [in Russian].

### Об авторах

**Бычков Владимир Львович**, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2). E-mail: [bychvl@gmail.com](mailto:bychvl@gmail.com); ORCID 0000-0002-5470-1297; Scopus Author ID 7102540048; WoS Researcher ID V-7141-2018. SPIN-код: 2936-116; AuthorID: 18266

**Логунов Александр Александрович**, к.ф.-м.н., младший научный сотрудник, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2). E-mail: [logunov\\_aa@physics.msu.ru](mailto:logunov_aa@physics.msu.ru); Scopus ID: 57214977963

**Шваров Александр Петрович**, к.б.н., доцент, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2). SPIN-код: 5431-8919, AuthorID: 91766; Scopus ID 6505890527

---

**Ваулин Дмитрий Николаевич**, к.ф.-м.н., ведущий инженер, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2). E-mail: vaud@yandex.ru; Scopus ID: 36107282900

**Изотов Анатолий Михайлович**, д.б.н., главный научный сотрудник, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2). E-mail: a.m.izotov@mail.ru; WoS ResearcherID ABA-6764-2021; Scopus AuthorID 57212196289; ORCID 0000-0003-0286-9757; SPIN-код: 5193-9448; AuthorID: 799465

**Тарасенко Борис Алексеевич**, к.с.-х.н., доцент, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2). E-mail: boris.tarasenko.58@mail.ru; Scopus AuthorID 57220263009; ORCID 0000-0003-2024-833X; SPIN-код: 9033-9958; AuthorID: 800486

**Дударев Дмитрий Петрович**, к.с.-х.н., доцент, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2). E-mail: kdime\_80@mail.ru; WoS ResearcherID ABA-6307-2021; Scopus Author ID 57214127008; ORCID 0000-0002-9800-2682; SPIN-код: 8779-8810; AuthorID: 795113