

Научная статья  
УДК 632.4:635.21  
EDN WPGJYU

**Инактивация суховоздушного мицелия возбудителя фитофтороза  
нетермальной плазменной струей**

**Дарья Игоревна Петрухина**<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

**Владимир Александрович Харламов**<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

**Сергей Андреевич Горбатов**<sup>3</sup>, научный сотрудник

**Ибрагим Меджидович Меджидов**<sup>4</sup>, научный сотрудник

**Николай Викторович Глущенко**<sup>5</sup>, научный сотрудник

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Калужская область, Обнинск, Россия

<sup>1</sup> [daria.petrukhina@outlook.com](mailto:daria.petrukhina@outlook.com), <sup>2</sup> [kharlamof@gmail.com](mailto:kharlamof@gmail.com),

<sup>3</sup> [gorbatovsa004@gmail.com](mailto:gorbatovsa004@gmail.com), <sup>4</sup> [immedzhidov@mail.ru](mailto:immedzhidov@mail.ru),

<sup>5</sup> [gluchshenko.nikolay@gmail.com](mailto:gluchshenko.nikolay@gmail.com)

**Аннотация.** Представлены данные лабораторного эксперимента по воздействию нетермальной плазменной струи на суховоздушный мицелий возбудителя фитофтороза. Анти-фитофторозную активность учитывали по изменению количества колониеобразующих единиц на плотной питательной среде. Результаты показали, что степень ингибирования числа колониеобразующих единиц от контроля превышала 90 %. Выраженность антифунгального эффекта зависела от длительности экспозиции на суховоздушный мицелий.

**Ключевые слова:** холодная плазма, аргонная СВЧ-плазма, фитопатогены, фитофтороз

**Для цитирования:** Петрухина Д. И., Харламов В. А., Горбатов С. А., Меджидов И. М., Глущенко Н. В. Инактивация суховоздушного мицелия возбудителя фитофтороза нетермальной плазменной струей // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии сельскохозяйственных животных : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 20 марта 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 176–180.

### Inactivation of dry-air mycelium of late blight pathogen by non-thermal plasma jet

**Daria I. Petrukhina**<sup>1</sup>, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher  
**Vladimir A. Kharlamov**<sup>2</sup>, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher  
**Sergey A. Gorbatov**<sup>3</sup>, Researcher  
**Ibragim M. Medzhidov**<sup>4</sup>, Researcher  
**Nikolay V. Glushchenko**<sup>5</sup>, Researcher

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agroecology  
of the National Research Center "Kurchatov Institute"  
Kaluga region, Obninsk, Russia

<sup>1</sup> [daria.petrukhina@outlook.com](mailto:daria.petrukhina@outlook.com), <sup>2</sup> [kharlamof@gmail.com](mailto:kharlamof@gmail.com),

<sup>3</sup> [gorbatovsa004@gmail.com](mailto:gorbatovsa004@gmail.com), <sup>4</sup> [immedzhidov@mail.ru](mailto:immedzhidov@mail.ru),

<sup>5</sup> [gluchshenko.nikolay@gmail.com](mailto:gluchshenko.nikolay@gmail.com)

**Abstract.** Laboratory experiments were performed to the non-thermal plasma jet effect on a dry-air *Phytophthora* spp. mycelium. Anti-Phytophthora activity of the argon plasma was taken into account by amount changing of Phytophthora colony forming units on a dense nutrient medium in Petri dishes. The inhibition degree of the CFU number from the control exceeded 90%. The antifungal effect severity of the plasma jet depended on a plasma exposure duration to dry-air mycelium.

**Keywords:** cold plasma, argon microwave plasma, phytopathogens, late blight

**For citation:** Petrukhina D. I., Kharlamov V. A., Gorbatov S. A., Medzhidov I. M., Glushchenko N. V. Inactivation of dry-air mycelium of late blight pathogen by non-thermal plasma jet. Proceedings from Problems of animal husbandry, veterinary medicine and biology of farm animals: *Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 176–180), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2024 (in Russ.).

**Введение.** Фитофтороз является одним из наиболее вредоносных грибковых заболеваний сельскохозяйственных культур, плодовых культур (древесных и кустарниковых), а также некоторых кормовых (например, бобовой культуры эспарцет) [1]. Согласно литературным источникам, действие нетермальной плазмы атмосферного давления на возбудителя фитофтороза нуждается в дополнительном исследовании. Опубликованных результатов экспериментов

по действию плазмы на его мицелий не представлено. При этом в нетермальной плазме образуется целый спектр радикалов и возбужденных частиц с высокой реакционной способностью.

Основной особенностью генерации такой плазмы является то, что электрическая энергия используется в основном для производства энергетичных электронов без существенного нагрева газовой среды. В последнее время неравновесные плазменные процессы все больше исследуются в СВЧ-разрядах и плазменных струях на их основе, обладающих гораздо более высокой плотностью зарядов и, как следствие, большей реакционной способностью по сравнению с ВЧ-разрядами при одной и той же мощности. При этом температуру газового потока в струе возможно снизить практически до комнатной, что позволяет проводить плазменную обработку поверхности термочувствительных материалов (в том числе, биологических объектов) [2].

**Целью работы** явилась оценка действия нетермальной аргонной плазмы на суховоздушный мицелий возбудителя фитофтороза.

**Материалы и методы исследования.** Источник нетермальной плазмы разработан во Всероссийском научно-исследовательском институте радиологии и агроэкологии, Обнинск [3]. Температура плазмообразующего газа аргона на выходе составляла 25–30 °С. Использовали изолят *Phytophthora* spp. с картофеля, который был выделен и предоставлен Всероссийским научно-исследовательским институтом картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха.

Воздействие плазмой проводили на суховоздушные образцы мицелия, высушенные при комнатной температуре. Срок хранения мицелия составлял от 2 месяцев до 2 лет. Оценивали зависимость антифитофторозной активности нетермальной плазмы от длительности экспозиции. Из обработанных плазмой и контрольных образцов готовили смывы по общепринятой методике и высевали на картофельно-сахарозный агар. Посевы на чашках Петри инкубировали 15 суток при температуре 20–22 °С. Основным показателем действия плазмы явилось изменение количества КОЕ на плотной среде в процентах от контроля.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты опытов продемонстрировали значительное влияние аргоновой плазмы на суховоздушный мицелий *Phytophthora* spp. Чашки на десятые сутки инкубации представлены на рисунке 1.



слева на право: контроль; 5 минут; 10 минут; 15 минут  
**Рисунок 1 – Зависимость колониеобразующих единиц  
*Phytophthora* spp. от длительности экспозиции плазмой**

Эксперименты показали значимый эффект от экспозиции аргоновой плазмой на суховоздушный мицелий, хранящийся как 2 года, так и 2 месяца. Степень ингибирования числа КОЕ *Phytophthora* spp. увеличивалась с возрастанием длительности экспозиции плазмой и превышала 90 % уже после 10 минут экспозиции. После 5 минут экспозиции значимого эффекта на мицелий, хранящийся 2 месяца, не наблюдалось.

На сухой поверхности споры микроорганизмов лишены возможности прорасти и развиваться. Но капельная вода способствует внедрению спор в ткани клубней через устья, но сильнее всего через повреждения кожуры. Начинается развитие микробиологической порчи. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что обработка аргоновой плазмой может быть целесообразна на сухой мицелий с целью снижения количества выживших спор. В дальнейшем, для возможности применения плазменной обработки с целью сохранения урожая необходимы дополнительные эксперименты, в частности по воздействию плазмы на тару и упаковку с целью борьбы с остатками суховоз-

душного мицелия. Этот мицелий в процессе хранения может дать начало развитию болезни.

**Заключение.** *Обработка с помощью плазменной струи на основе СВЧ источника может быть целесообразна на сухой мицелий с целью снижения количества выживших спор. Степень ингибирования превышала 90 % после 10 минут экспозиции.*

### Список источников

1. Банадысев С. А. Менеджмент болезней в процессе хранения картофеля // Защита картофеля. 2020. № 1. С. 3–4.
2. Антипов С. Н., Чепелев В. М., Гаджиев М. Х., Абрамов А. Г., Угрюмов А. В. Некоторые методы диагностики холодных плазменных струй на основе СВЧ-разряда атмосферного давления // Физика плазмы. 2023. Т. 49. № 5. С. 407–411.
3. Тихонов В. Н., Иванов И. А., Крюков А. Е., Тихонов А. В. Бюджетные генераторы для микроволновых плазматронов // Прикладная физика. 2015. № 5. С. 102–106.

### References

1. Banadysev S. A. Disease management during potato storage. *Zashchita kartofelya*, 2020;1:3–4 (in Russ.).
2. Antipov S. N., Chepelev V. M., Gadzhiev M. Kh., Abramov A. G., Ugryumov A. V. Some methods for diagnosing cold plasma jets based on atmospheric pressure microwave discharge. *Fizika plazmy*, 2023;49;5:407–411 (in Russ.).
3. Tikhonov V. N., Ivanov I. A., Kryukov A. E., Tikhonov A. V. Low-cost generators for microwave plasmotrons. *Prikladnaya fizika*, 2015;5:102–106 (in Russ.).

© Петрухина Д. И., Харламов В. А., Горбатов С. А., Меджидов И. М., Глущенко Н. В., 2024

Статья поступила в редакцию 06.03.2024; одобрена после рецензирования 18.03.2024; принята к публикации 17.05.2024.

The article was submitted 06.03.2024; approved after reviewing 18.03.2024; accepted for publication 17.05.2024.