

Научная статья/Research Article

УДК 632.4, 632.4.01/.08; 579. 64

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-52-61

Кристина Владимировна Кукушкина

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

Красноярский НИИ сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

Kristina\_fenix92@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ КОНИДИЙ ГРИБАМИ Р. *FUSARIUM*

Цель исследования – изучение влияния различных питательных сред на продуцирование конидий возбудителями фузариоза пшеницы, актуальными для Красноярского края. Объекты исследования – различающиеся по своим культурально-морфологическим характеристикам, а также по способности к образованию конидий 11 штаммов *Fusarium spp.*, которые выделены автором из корней и зерна выращенной на базе УНПК «Борский» ( $56^{\circ}26'15''$  с. ш.  $92^{\circ}54'11''$  в. д.) лесостепной зоны Красноярского края пшеницы урожая 2021 г. Изучено влияние состава трех питательных сред на способность к образованию конидий грибами рода *Fusarium*. Из трех изученных сред образование конидий у всех протестированных штаммов обеспечила только среда Чапека-Докса, на втором месте по способности индуцировать образование конидий находится картофельно-сахарозный агар. В минимальной степени образованию конидий способствовала среда № 2 ГРМ (Сабуро). Число конидий на 1 см<sup>2</sup> культуры варьировало в широких пределах в зависимости от среды и штамма. На питательной среде Чапека-Докса число макроконидий варьировало от 66,4 тыс. до 1 061,9 тыс. на 1 см<sup>2</sup>, а число микроконидий – от 149,3 тыс. до 2 787,4 тыс. на 1 см<sup>2</sup>, на картофельно-сахарозном агаре эти значения находились в диапазоне от 199,1 тыс. до 1 460,1 тыс. на 1 см<sup>2</sup> для макроконидий и от 153,5 тыс. до 1791,9 тыс. на 1 см<sup>2</sup> для микроконидий. На среде № 2 «ГРМ» (Сабуро) для макро- и микроконидий эти пределы составили от 199,1 тыс. до 995,5 тыс. на 1 см<sup>2</sup> и от 331,8 тыс. до 1 791,9 тыс. на 1 см<sup>2</sup> соответственно. Для штаммов не выявлено как статистически значимых общих закономерностей по влиянию состава среды на количество образовавшихся конидий, так и значимых корреляций между числом конидий.

**Ключевые слова:** зерна пшеницы, грибы р. *Fusarium*, питательная среда, макроконидии, микроконидии, штаммы, среда № 2 ГРМ (Сабуро), картофельно-сахарозный агар, среда Чапека-Докса, состав питательной среды, способность индуцировать образование конидий, образование конидий

**Для цитирования:** Кукушкина К.В. Влияние состава питательной среды на образование конидий грибами р. *Fusarium* // Вестник КрасГАУ. 2025. № 3. С. 52–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-52-61.

Kristina Vladimirovna Kukushkina

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture is a separate division of the FRC of the Krasnoyarsk Scientific Center of the SB of the RAS, Krasnoyarsk, Russia

Kristina\_fenix92@mail.ru

## THE EFFECT OF THE NUTRIENT MEDIUM COMPOSITION ON THE FORMATION OF CONIDIA BY G. *FUSARIUM* FUNGI

The aim of the study is to investigate the effect of various nutrient media on the production of conidia by the causative agents of wheat fusarium head blight, relevant for the Krasnoyarsk Region. The objects of the study were 11 strains of *Fusarium spp.*, differing in their cultural and morphological characteristics, as well as

in the ability to form conidia, which were isolated by the author from the roots and grain of wheat grown at the Borsky Research and Production Complex (56°26'15" N; 92°54'11" E) in the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Region, harvested in 2021. The effect of the composition of three nutrient media on the ability of *Fusarium* fungi to form conidia was studied. Of the three studied media, only the Czapek-Dox medium ensured the formation of conidia in all tested strains, potato sucrose agar is in second place in terms of the ability to induce conidia formation. Medium № 2 GRM (Saburo) contributed minimally to the formation of conidia. The number of conidia per 1 cm<sup>2</sup> of culture varied widely depending on the medium and strain. On the Czapek-Dox nutrient medium, the number of macroconidia varied from 66.4 to 1061.9 thousand per 1 cm<sup>2</sup>, and the number of microconidia – from 149.3 thousand to 2787.4 thousand per 1 cm<sup>2</sup>, on potato sucrose agar these values were in the range from 199.1 thousand to 1460.1 thousand per 1 cm<sup>2</sup> for macroconidia and from 153.5 thousand to 1791.9 thousand per 1 cm<sup>2</sup> for microconidia. On medium № 2 GRM (Saburo) for macro- and microconidia, these limits were from 199.1 thousand to 995.5 thousand per 1 cm<sup>2</sup> and from 331.8 thousand to 1791.9 thousand per 1 cm<sup>2</sup>, respectively. For the strains, neither statistically significant general patterns in the influence of the medium composition on the number of formed conidia, nor significant correlations between the number of conidia were revealed.

**Keywords:** wheat grains, fungi of the genus *Fusarium*, nutrient medium, macroconidia, microconidia, strains, medium № 2 GRM (Saburo), potato sucrose agar, Czapek-Dox medium, nutrient medium composition, ability to induce conidia formation, conidia formation

**For citation:** Kukushkina KV. The effect of the nutrient medium composition on the formation of conidia by g. *Fusarium* fungi. *Bulletin of KSAU*. 2025;(3):52-61. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-52-61.

**Введение.** Фитопатогенные мицелиальные грибы р. *Fusarium* (отдел Ascomycota, класс Sordariomycetes, порядок Hypocreales, семейство Nectriaceae) являются одними из наиболее распространенных и вредоносных возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. Вызываемые этими грибами заболевания с общим названием «фузариозы» проявляются в виде корневых и стеблевых гнилей, листовых пятнистостей и поражения плодов и семян. На сегодняшний момент среди представителей данного рода известно не менее 150 разновидностей (formae speciales), вызывающих заболевания разных видов однодольных и двудольных растений, включая зерновые, зернобобовые, овощные, масличные и плодово-ягодные культуры. Основным способом распространения возбудителей фузариоза в агроценозах являются споры бесполого размножения (одно- и двуклеточные микроконидии и многоклеточные макроконидии), в несколько меньшей степени – хламидоспоры и мицелий в растительных остатках и посевном материале [1]. Проблема фузариозов обостряется тем, что ряд видов р. *Fusarium* производят опасные для человека и сельскохозяйственных животных микотоксины, что приводит к снижению качества урожая вплоть до его полной непригодности к использованию для пищевых или кормовых целей [2].

Для борьбы с фитопатогенными представителями р. *Fusarium* применяют целый спектр агротехнических, химических и биологических методов защиты растений, однако проблема

фузариозов остается актуальной для всех сельскохозяйственных регионов планеты, включая территорию Российской Федерации [3–5]. В этой связи во всем мире продолжаются исследования, направленные на совершенствование способов защиты растений от фузариозов. В этих исследованиях широко используются получаемые *in vitro* конидии грибов р. *Fusarium* – как для идентификации таксономической принадлежности возбудителей, так и для составления искусственных инфекционных фонов при селекции растений на устойчивость к фузариозу и при разработке методов защиты от заболевания, а также для тестирования чувствительности данных грибов к химическим и биологическим фунгицидам [6–13].

Однако способность представителей р. *Fusarium* к производству конидий в лабораторных условиях в значительной степени зависит от состава питательной среды [14–17].

В этой связи подбор питательных сред для массового получения конидий грибов р. *Fusarium* в лабораторных условиях является актуальной задачей.

**Цель исследования** – изучение влияния различных питательных сред на производство конидий возбудителями фузариоза пшеницы, актуальными для Красноярского края.

**Объекты и методы.** Объектами исследования служили 11 штаммов *Fusarium* spp., выделенные автором из корней и зерна пшеницы урожая 2021 г., выращенной на базе УНПК «Борский» (56°26'15" с. ш. 92°54'11" в. д.) в ле-

состепной зоне Красноярского края, различающиеся по своим культурально-морфологическим характеристикам, а также по способности к образованию конидий.

В качестве питательных сред использовали среду № 2 ГРМ (далее среда Сабуро) производства ФБУН ГНЦ ПМБ (панкреатический гидролизат рыбной муки – 10,0 г/л; панкреатический гидролизат казеина – 10,0; дрожжевой экстракт – 2,0; натрия фосфат однозамещенный – 2,0; глюкоза – 40,0; agar – 20 г/л), среду Чапека-Докса (сахароза – 20,0 г/л; нитрат натрия – 2,0; фосфат калия двузамещенный – 1,0; сульфат магния – 0,5; хлорид калия – 0,5; сульфат железа – 0,01; agar – 20 г/л) и картофельно-сахарозный agar (далее среда КСА) (agar – 20,0 г/л, картофель очищенный – 200 г, сахароза – 30 г/л). Изучаемые штаммы высевали на питательные среды в чашки Петри газоном и инкубировали при температуре 24–26 °C в течение 7 сут. По окончании инкубирования проводили смыв с поверхности выросших культур заданным объемом воды и подсчитывали число конидий в полученных суспензиях в камере Горяева с последующим пересчетом числа конидий на 1 см<sup>2</sup> культуры [18–20]. Макро- и микроконидии учитывали отдельно.

Статистическую обработку результатов провели с помощью Statistica 10.0.

**Результаты и их обсуждение.** В наибольшей степени образованию конидий способствовала среда Чапека-Докса. Все 11 штаммов образовали на этой среде конидии, в том числе 10 штаммов сформировали и макро-, и микроконидии, а 1 штамм – только микроконидии. На втором месте по способности индуцировать образование конидий находится среда КСА. На этой среде конидии сформировали 8 штаммов из 11. При этом 6 штаммов образовали как макро-, так и микроконидии, 1 штамм образовал только макроконидии, 1 штамм – только микроконидии. В минимальной степени образованию конидий способствовала среда Сабуро. На этой среде сформировали конидии лишь 5 штаммов из 11, из них 4 штамма образовали и макро-, и микроконидии, а 1 штамм – только микроконидии.

Число конидий на 1 см<sup>2</sup> культуры варьировало в широких пределах в зависимости от среды и штамма. В тех случаях, когда макроконидии формировались, их число на среде Чапека-Докса варьировало от 66,4 тыс. до 1061,9 тыс. на 1 см<sup>2</sup> в зависимости от штамма, при среднем значении 497,7 тыс. на 1 см<sup>2</sup>. Для среды КСА

размах варьирования составил от 199,1 тыс. до 1460,1 тыс. при среднем значении 692,1 тыс. на 1 см<sup>2</sup>. На среде Сабуро численность макроконидий на 1 см<sup>2</sup> культуры варьировала от 199,1 тыс. до 995,5 тыс. при среднем значении 464,6 тыс. (рис. 1).

В случае формирования микроконидий их число на 1 см<sup>2</sup> в зависимости от штамма на среде Чапека-Докса составляло от 149,3 тыс. до 2787,4 тыс. при среднем значении 1093,5 тыс. Для среды КСА размах варьирования числа микроконидий составил от 153,5 тыс. до 1791,9 тыс. при среднем значении 875,2 тыс. на 1 см<sup>2</sup>. На среде Сабуро численность макроконидий на 1 см<sup>2</sup> варьировала от 331,8 тыс. до 1791,9 тыс. при среднем значении 982,2 тыс. (рис. 2).

Суммарное число микро- и макроконидий конидий на среде Чапека-Докса в зависимости от штамма составило от 149,3 тыс. до 2920,1 тыс. при среднем значении 1546,0 тыс., на среде КСА – от 153,5 тыс. до 2322,8 тыс. при среднем значении 1371,4 тыс., и на среде Сабуро – от 398,2 тыс. до 2588,3 тыс. при среднем значении 1353,9 тыс. на 1 см<sup>2</sup> культуры (рис. 3).

В тех случаях, когда штаммы образовывали конидии на двух сравниваемых средах, парные двухвыборочные тесты (парный двухвыборочный t-тест для средних, критерий Уилкоксона для связных выборок и критерий знаков) не выявили статистически значимых различий по суммарному числу микро- и макроконидий, образуемых на разных средах. Не выявлено корреляций между способностью штамма образовывать конидии на среде Чапека-Докса и на КСА, на среде Чапека-Докса и на среде Сабуро, на КСА и среде Сабуро (рис. 4).

Аналогичные результаты получены при анализе способности к образованию штаммом макроконидий на разных средах. Единственное исключение – статистически значимая ( $p < 0,05$ ) отрицательная ( $r = -0,998$ ) корреляция между численностью макроконидий на среде КСА и на Сабуро, полученная для трех штаммов, образующих макроконидии на обеих этих средах (рис. 5).

Также не выявлено статистически значимых различий по числу микроконидий, образуемых на разных средах, а также корреляций между способностью штамма образовывать конидии на среде Чапека-Докса и на КСА, на среде Чапека-Докса и на среде Сабуро, на КСА и среде Сабуро (рис. 6).

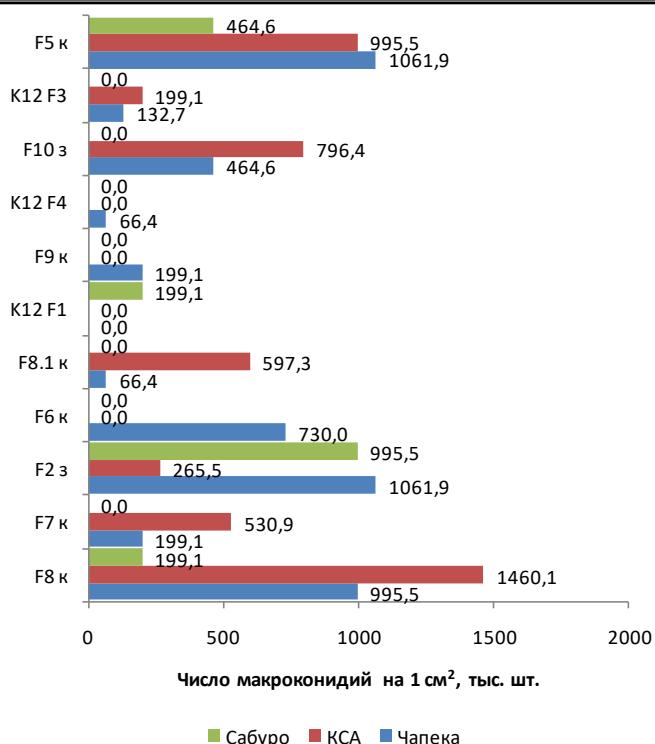


Рис. 1. Число макроконидий, формируемых изучаемыми штаммами на разных средах, тыс. шт/см<sup>2</sup> (здесь и далее: Сабуро – среда № 2 ГРМ (Сабуро); КСА – картофельно-сахарозный агар; Чапека – среда Чапека-Докса)

The number of macroconidia formed by the studied strains on different media, thousand pcs/cm<sup>2</sup> (hereinafter: Saburo – medium No. 2 of the GRM (Saburo); KSA – potato-sucrose agar; Chapeka – Chapeka-Doxa medium)

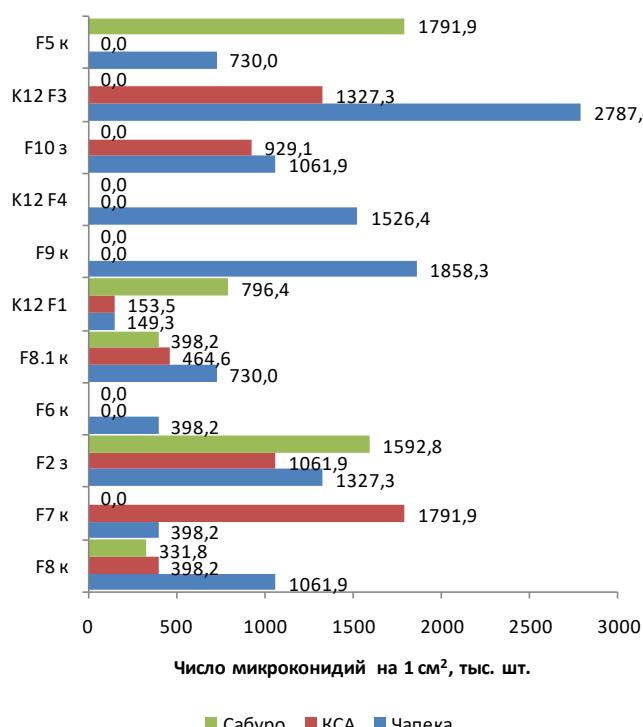


Рис. 2. Число микроконидий, формируемых изучаемыми штаммами на разных средах, тыс. шт/см<sup>2</sup>

The number of microconidia formed by the studied strains on different media, thousand pcs/cm<sup>2</sup>

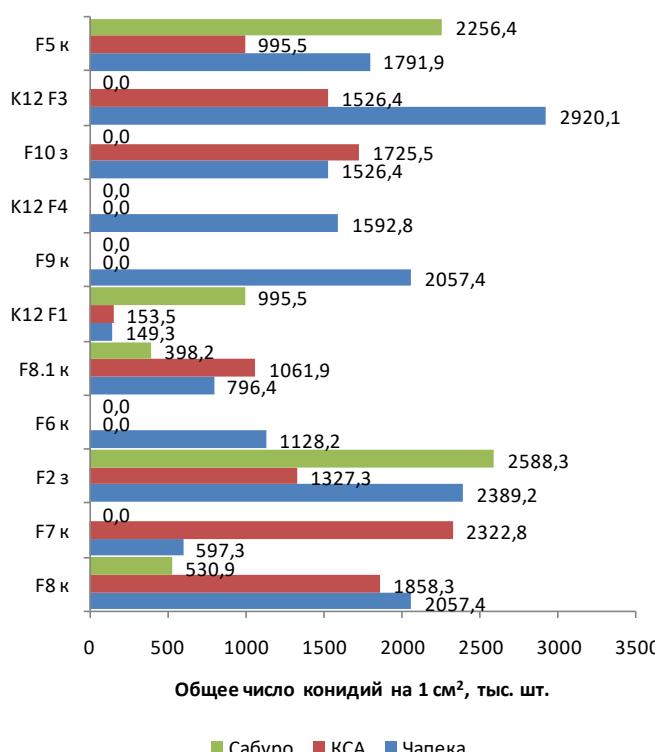


Рис. 3. Общее число конидий, формируемых изучаемыми штаммами на разных средах, тыс. шт/см<sup>2</sup>

The total number of conidia formed by the studied strains on different media, thousand pcs/cm<sup>2</sup>

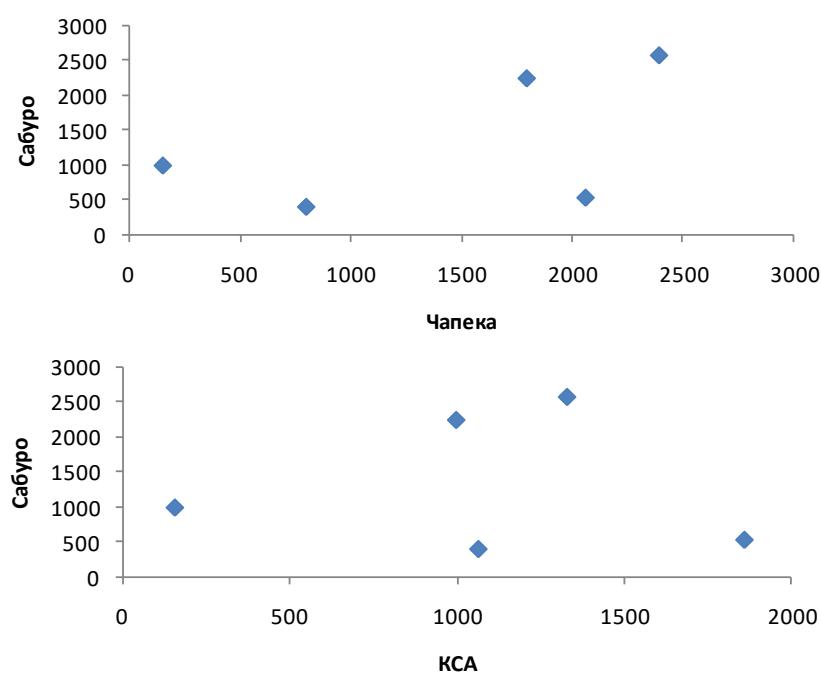


Рис. 4. Суммарная численность конидий, тыс./см<sup>2</sup>, образуемых штаммами *Fusarium spp.* на разных средах; каждая точка соответствует отдельному штамму (представлены только штаммы, образующие конидии на обеих сравниваемых средах)

The total number of conidia, thousand/cm<sup>2</sup>, formed by *Fusarium spp* strains. on different media; each point corresponds to a separate strain (only strains forming conidia on both media being compared are presented)

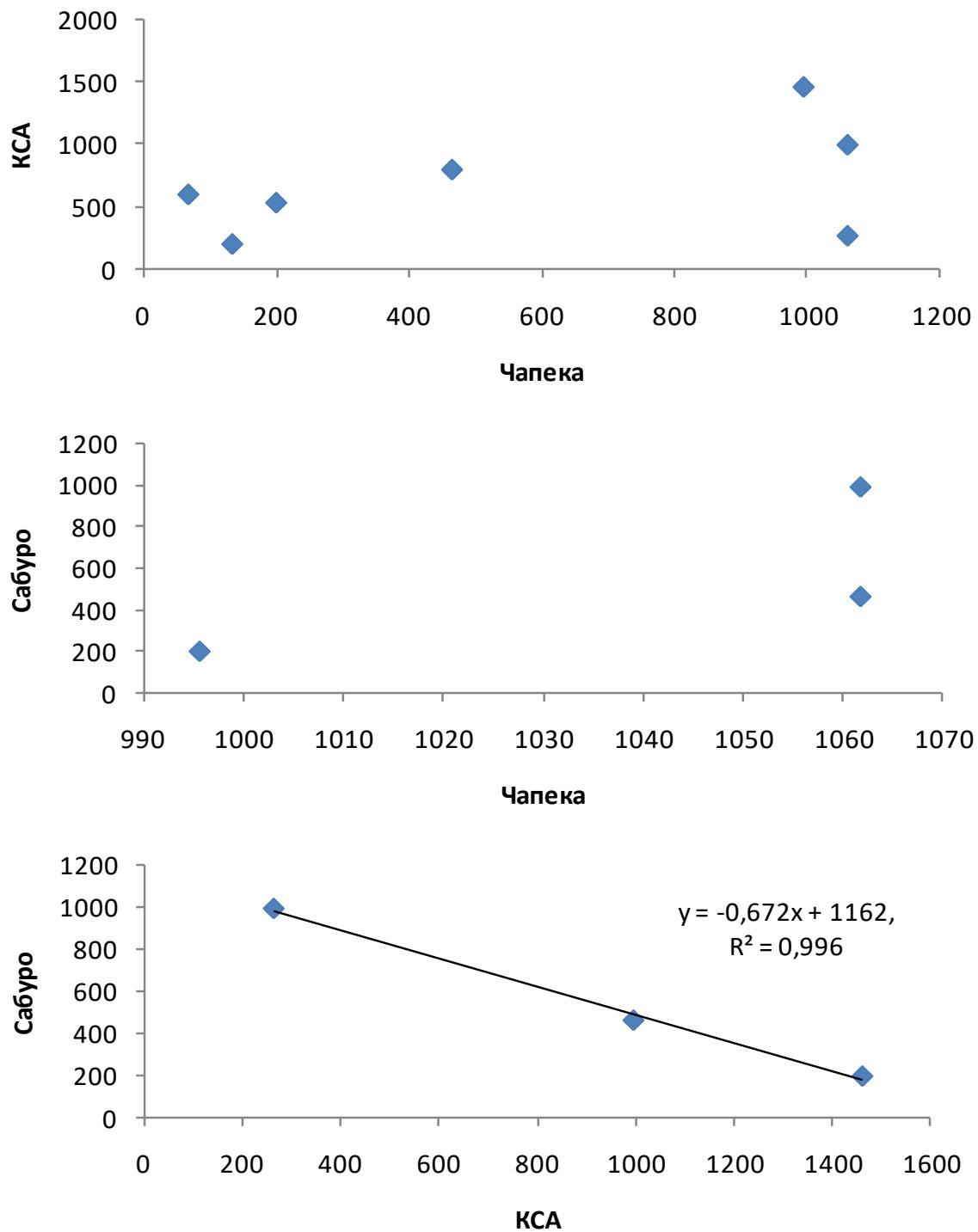


Рис. 5. Численность макроконидий, тыс./см<sup>2</sup>, образуемых штаммами *Fusarium spp.* на разных средах; каждая точка соответствует отдельному штамму (представлены только штаммы, образующие конидии на обеих сравниваемых средах)

The number of macroconidia, thousand/cm<sup>2</sup>, formed by *Fusarium spp* strains. on different media; each point corresponds to a separate strain (only strains forming conidia on both media being compared are presented)

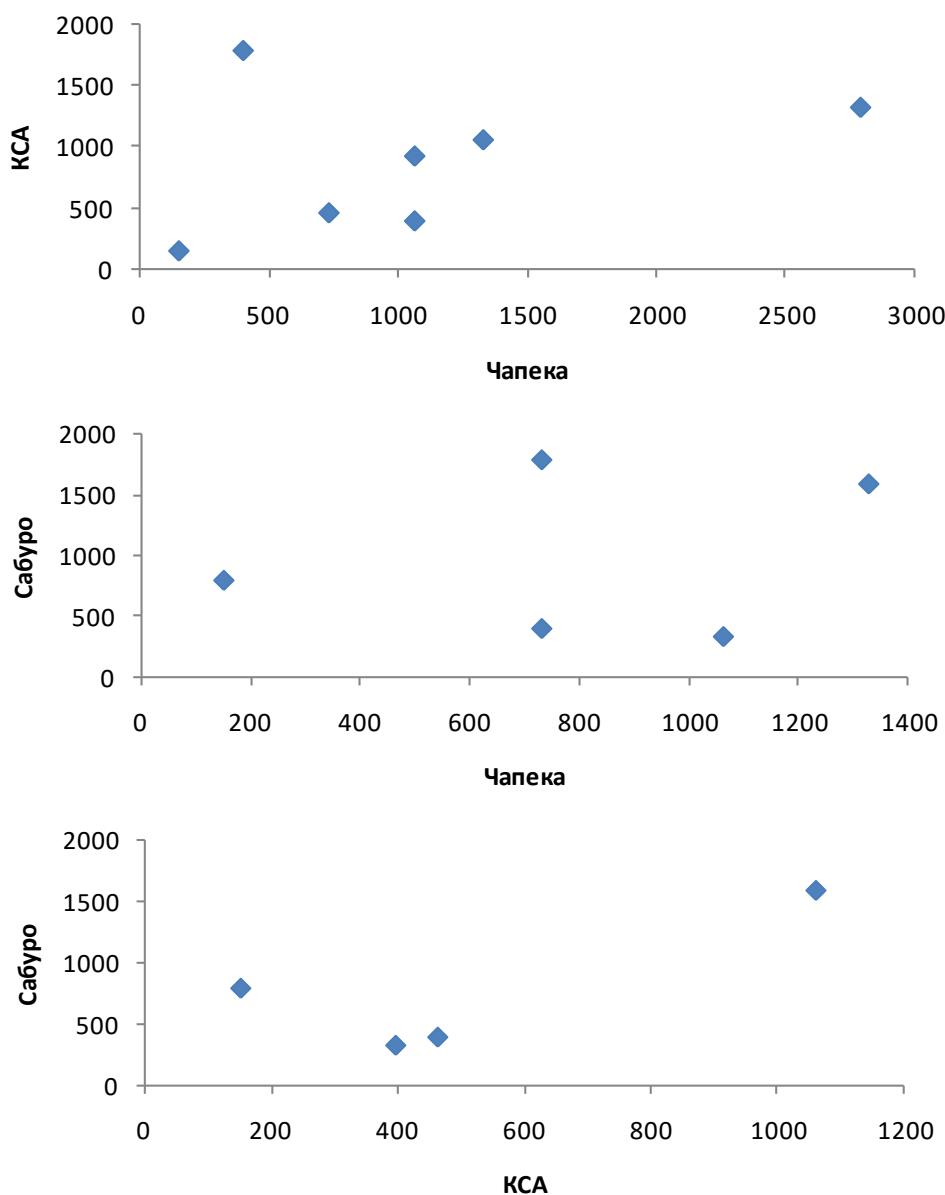


Рис. 6. Численность микроконидий, тыс./см<sup>2</sup>, образуемых штаммами *Fusarium* spp. на разных средах; каждая точка соответствует отдельному штамму (представлены только штаммы, образующие конидии на обеих сравниваемых средах)

The number of microconidia, thousand/cm<sup>2</sup>, formed by *Fusarium* spp. strains. on different media; each point corresponds to a separate strain (only strains forming conidia on both media being compared are presented)

### Заключение

1. Из трех изученных сред образование конидий у всех протестированных штаммов обеспечила только среда Чапека-Докса. На этой среде 10 штаммов из 11 сформировали как макро-, так и микроконидии, 1 штамм сформировал только микроконидии. На втором месте по способности индуцировать образование конидий находится среда КСА, на которой 8 штаммов из 11 сформировали макро- и/или микроконидии. Минималь-

ную способность индуцировать образование конидий продемонстрировала среда Сабуро, на которой лишь 5 штаммов из 11 сформировали макро- и/или микроконидии.

2. В случае, если конидии формируются, их число на 1 см<sup>2</sup> культуры варьирует в широких пределах в зависимости от среды и штамма. Для макроконидий размах варьирования составляет от 66,4 тыс. до 1061,9 тыс. на среде Чапека-Докса, от 199,1 тыс. до 1460,1 тыс. на среде КСА, и от 199,1 тыс. до 995,5 тыс. на среде Сабуро в

зависимости от штамма. Для микроконидий размах варьирования на среде Чапека-Докса составляет от 149,3 тыс. до 2787,4 тыс., для среды КСА – от 153,5 тыс. до 1791,9 тыс., на среде Сабуро – от 331,8 тыс. до 1791,9 тыс.

3. Для штаммов, способных к формированию конидий на разных средах, не выявлено

каких-либо статистически значимых общих закономерностей по влиянию состава среды на количество образовавшихся конидий. Не выявлено также статистически значимых корреляций между числом конидий, образуемых штаммами на разных средах.

### Список источников

1. Mirmajlessi S.M., editor. *Fusarium: An Overview of the Genus*. 2022.
2. Bakker M.G., Brown D.W., Kelly A.C., et al. *Fusarium mycotoxins: A trans-disciplinary overview* // Canadian Journal of Plant Pathology. 2018. Vol. 40, № 2. P. 161–171. DOI: 10.1080/07060661.2018.1433720. EDN: YIFPAT.
3. Ekwomadu T.I., Mwanza M. *Fusarium Fungi Pathogens, Identification, Adverse Effects, Disease Management, and Global Food Security: A Review of the Latest Research* // Agriculture. 2023. Vol. 13, Is. 9. P. 1810. DOI: 10.3390/agriculture13091810. DOI: 10.3390/agriculture13091810. EDN: DYTNTA.
4. Карпенко В.Н., Голубева Е.В., Карпенко С.В. Новый способ борьбы с фузариозом // Сельскохозяйственные вести. 2023. № 1. С. 44.
5. Келер В.В., Овсянкина С.В., Хижняк С.В., и др. Предварительные результаты полевых испытаний препарата на основе *Bacillus atrophaeus* для биологической защиты пшеницы от фузариозной корневой гнили // Проблемы современной аграрной науки. 2021. С. 68–70.
6. Mouraa R.D., Monteiro de Castroa L.A., Culikb M.P., et al. Culture medium for improved production of conidia for identification and systematic studies of *Fusarium* pathogens // Journal of microbiological methods. 2020. Vol. 173. P. 105915. DOI: 10.1016/j.mimet.2020.105915. EDN: PBXJUF.
7. Mesterházy Á., Lemmens M., Reid L.M. Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize (a review) // Plant breeding. 2012. Vol. 131, № 1. P. 1–19. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2011.01936.x.
8. Li J., Xu X., Ma Y., et al. An improved inoculation method to detect wheat and barley genotypes for resistance to *Fusarium* crown rot // Plant Disease. 2022. Vol. 106, № 4. P. 1122–1127. DOI: 10.1094/pdis-09-21-1871-re. EDN: SUTWYQ.
9. Sharma S., Cramer C.S. Selection Progress for Resistance to *Fusarium* Basal Rot in Short-Day Onions Using Artificial Inoculation Mature Bulb Screening // Horticulturae. 2023. Vol. 9, № 1. P. 99. DOI: 10.3390/horticulturae9010099. EDN: GQGCWC.
10. Хижняк С.В. Чувствительность фитопатогенных грибов рр. *Bipolaris* и *Fusarium* к фунгицидам разного химического состава // Вестник КрасГАУ. 2015. № 12 (111). С. 3–10. EDN: VCGVEZ.
11. Кукушкина К.В., Овсянкина С.В., Хижняк С.В. Чувствительность возбудителей гельминтоспорозной и фузариозной гнили зерновых культур в Канско-Красноярской лесостепи к проправителям семян различного химического состава // АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал. 2022. № 2. Доступно по: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_232.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_232.pdf). Ссылка активна на 23.04.2024. DOI: 10.51419/202122232. EDN: VNQLWD.
12. Хижняк С.В., Петрушкина С.А., Чернов В.Е., и др. Автохтонное микробное сообщество как потенциальный источник штаммов-антагонистов для биологической борьбы с фузариозом пшеницы в биолого-технических системах жизнеобеспечения // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2020. Т. 54, № 3. С. 84–91. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-3-84-9. EDN: LPOYKO.
13. Астачук И.Л., Якуба Г.В., Марченко Н.А., и др. Оценка влияния различных питательных сред на рост грибов *Fusarium Link* // Плодоводство и виноградство Юга России. 2020. № 65 (5). С. 306–325.
14. Sharma G., Pandey R.R. Influence of culture media on growth, colony character and sporulation of fungi isolated from decaying vegetable wastes // Journal of yeast and fungal research. 2010. Vol. 1, № 8. P. 157–164.

15. Choudhary S., Bagri R.K., Yadav R., et al. Effects of different culture media on the growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing tomato Wilt. 2022.
16. Астапчук И.Л., Марченко Н.А., Якуба Г.В., и др. Подбор оптимальной среды для культивирования *Fusarium sporotrichioides* Sherb. В сб.: Паштецкий В.С., ред. Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы V международной научно-практической конференции. Симферополь: Ариал, 2020. С. 17.
17. Султанова М.Х. Влияние источников питания на рост, развитие и патогенность гриба *Fusarium oxysporum* f. *vasinfectum* // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2011. Т. 54, № 10. С. 851–855. EDN: OPCPCB.
18. Нетрусов А.И., ред. Практикум по микробиологии: учебное пособие. М.: Академия, 2005. 608 с.
19. Leslie J.F., Summerell B.A. The Fusarium Laboratory Manual. Australia: Blackwell Publishing, 2006. Р. 388. DOI: 10.1002/9780470278376. EDN: SRFUQN.
20. Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А., и др.; Билай В.И., ред. Методы экспериментальной микологии: справочник. Киев: Наук. думка, 1982. 550 с.

### References

1. Mirmajlessi SM, editor. Fusarium: An Overview of the Genus. Intechopen, 2022. 112 p.
2. Bakker MG, Brown DW, Kelly AC, et al. Fusarium mycotoxins: A trans-disciplinary overview. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2018;40(2):161-171. DOI: 10.1080/07060661.2018.1433720. EDN: YIFPAT.
3. Ekwomadu TI, Mwanza M. Fusarium fungi pathogens, identification, adverse effects, disease management, and global food security: a review of the latest research. *Agriculture*. 2023;13(9):1810. DOI: 10.3390/agriculture13091810. EDN: DYTNTA.
4. Karpenko VN, Golubeva EV, Karpenko SV. Novyj sposob bor'by s fuzariozom. Sel'skohozyajstvennye vesti. 2023;(1):44.
5. Keler VV, Ovsyankina SV, Khizhnyak SV, et al. Preliminary results of field tests of a preparation based on bacillus atrophaeus for biological control of fusarium root rot of wheat. In: Bopp VL, Shmeleva ZhN, editors. *Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: sbornik trudov konferencii*. Krasnoyarsk, 2021. P. 68–70.
6. Moura RD, Monteiro de Castro LA, Culik MP, et al. Culture medium for improved production of conidia for identification and systematic studies of Fusarium pathogens. *Journal of microbiological methods*. 2020;173:105915. DOI: 10.1016/j.mimet.2020.105915. EDN: PBXJUF.
7. Mesterházy Á, Lemmens M, Reid LM. Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize (a review). *Plant breeding*. 2012;131(1):1-19. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2011.01936.x.
8. Li J, Xu X, Ma Y, et al. An improved inoculation method to detect wheat and barley geno-types for resistance to Fusarium crown rot. *Plant Disease*. 2022;106(4):1122-1127. DOI: 10.1094/pdis-09-21-1871-re. EDN: SUTWYQ.
9. Sharma S, Cramer CS. Selection Progress for Resistance to Fusarium Basal Rot in Short-Day Onions Using Artificial Inoculation Mature Bulb Screening. *Horticulturae*. 2023;9(1):99. DOI: 10.3390/horticulturae9010099. EDN: GQGCWC.
10. Khizhnyak SV. The sensitivity of phytopathogenic fungi of genera *bipolaris* and *fusarium* to fungicides of different chemical composition. *Bulletin of KSAU*. 2015;12:3-10. (In Russ.). EDN: VCGVEZ.
11. Kukushkina KV, Ovsyankina SV, Hizhnyak SV. Chuvstvitel'nost' vozbuditelej gel'mintosporioznoj i fuzarioznoj gnili zernovyh kul'tur v Kansko-Krasnoyarskoj lesostepi k protraviteleyam semyan razlichnogo himicheskogo sostava. *AgroEkoInfo: elektronnyj nauchno-proizvodstvennyj zhurnal*. 2022. № 2. Available at: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_232.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_232.pdf). Accessed: 23.04.2024. (In Russ.). DOI: 10.51419/202122232. EDN: VNQLWD.
12. Khizhnyak SV, Petrushkina SA, Chernov VE. Autochthonous microbial cenosis as a potential source of antagonistic strains for biological struggle against wheat fusarium in biotechnical life support systems. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina*. 2020;54(3):84-91. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-3-84-9. EDN: LPOYKO.

13. Astapchuk IL, Yakuba GV, Marchenko NA, et al. Evaluation of the influence of various nutrient media on the growth of the genus *Fusarium* link fungi. *Plodovodstvo i vinogradstvo Yuga Rossii.* 2020;65(5):306-325.
14. Sharma G, Pandey RR. Influence of culture media on growth, colony character and sporulation of fungi isolated from decaying vegetable wastes. *Journal of yeast and fungal research.* 2010;1(8):157-164.
15. Choudhary S, Bagri RK, Yadav R, et al. Effects of different culture media on the growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing tomato Wilt. *The Pharma Innovation Journal.* 2022; 11(4):46-50.
16. Astapchuk IL, Marchenko NA, Yakuba GV, et al. Podbor optimal'noj sredy dlya kul'tivirovaniya *Fusarium sporotrichioides* Sherb. In: Pashtejkij VS, red. *Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoj nauki: materialy V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii.* Simferopol': Arial, 2020. P. 17.
17. Sultanova MKh. Power supply effect on growth, development and pathogenic fungi *Fusarium oxysporum* f. *vasinfectum.* *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadzhikistan.* 2011;54(10):851-855. EDN: OPCPCB.
18. Netrusov AI, red. *Praktikum po mikrobiologii: uchebnoe posobie.* Moscow: Akademiya, 2005. 608 p.
19. Leslie JF, Summerell BA. *The Fusarium Laboratory Manual.* Australia: Black-well Publishing, 2006. P. 388. DOI: 10.1002/9780470278376. EDN: SRFUQN.
20. Dudka IA, Vasser SP, Ellanskaya IA, et al.; Bilaj VI, red. *Metody eksperimental'noj mikologii: spravochnik.* Kiev: Nauk. dumka, 1982. 550 p.

Статья принята к публикации 14.11.2024 / The article accepted for publication 14.11.2024.

Информация об авторах:

**Кристина Владимировна Кукушкина**, аспирант, младший научный сотрудник кафедры экологии и природопользования

Information about the authors:

**Kristina Vladimirovna Kukushkina**, Postgraduate student, Junior Researcher, Department of Ecology and Nature Management

