

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-111-116>
УДК: 632.4(089)

Н.С. Жемчужина^{1*}, М.И. Киселева¹,
С.А. Елизарова¹, Н.В. Меркурьев²

¹ ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (ФГБНУ ВНИИФ) 143050, Россия, Большие Вяземы, Одинцовского р-на Московской области,

² Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева 127434, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

*Автор для переписки: zhemch@mail.ru

Вклад авторов: Жемчужина Н.С.: научное руководство исследованием, концептуализация, методология, проведение исследования, верификация данных, ресурсы, создание рукописи. Киселева М.И.: создание и редактирование рукописи, проведение анализа полученных данных, оформление результатов. Елизарова С.А.: проведение исследования, ресурсы, формальный анализ результатов. Меркурьев Н.В.: формальный анализ и статистическая обработка результатов.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Благодарности. Статья опубликована по материалам III-ей Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым – научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны».

Для цитирования: Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Елизарова С.А., Меркурьев Н.В. Влияние долгосрочного хранения на жизнеспособность и свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ. *Овощи России*. 2024;(6):111-116.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-111-116>

Поступила в редакцию: 17.08.2024

Принята к печати: 11.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Natalya S. Zhemchuzhina^{1*}, Marina I. Kiseleva¹,
Svetlana A. Elizarova¹, Nikolai V. Merkuryev²

¹All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP) Bolshie Vyazhemy, Odintsovo district, Moscow region, 143050, Russia

²Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy 49, Timiryazevskaya str., Moscow, 127434, Russia

*Corresponding Author: zhemch@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgments. The article was published based on the materials of the III International scientific-practical conference "Near N.I. Vavilov – scientific schools of Russia on ensuring food and ecological security".

Authors' Contribution: Zhemchuzhina N.S.: scientific leadership of the study, conceptualization, methodology, conducting the study, data verification, resources, manuscript creation. Kiseleva M.I.: creation and editing of the manuscript, analysis of the data, design of the results. Elizarova S.A.: research, resources, formal analysis of the results. Merkuryev N.V.: formal analysis and statistical processing of results.

For citation: Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Elizarova S.A., Merkuryev N.V. The effect of long-term storage on the viability and properties of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains of the Phytopathogenic Microorganisms State Collection of ARRIP. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):111-116. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-111-116>

Received: 17.08.2024

Accepted for publication: 11.11.2024

Published: 29.11.2024

Влияние долгосрочного хранения на жизнеспособность и свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В условиях длительного хранения грибов на агаровой питательной среде происходит постепенная утрата их патогенных свойств. Сохранение коллекционного материала с неизменными патогенными свойствами необходимо для корректного проведения исследований, включающих разработку методов биологической защиты, мониторинг динамики развития патогенов, оценку их вирулентности и агрессивности, отбора селекционного материала.

Материал и методы. Изучена способность хранящихся в Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ штаммов *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker и *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. к возобновлению полноценных видовых характеристик на агаровой питательной среде после длительного хранения биоматериала в виде лиофилизата в условиях низких положительных +4°C и ультранизких температур -80°C. О выживаемости грибов судили по их способности образовывать спорообразующие колонии на питательной среде, о патогенности и фитотоксичности – по реакции проростков тест-культур на воздействие спорных суспензий и фильтратов культуральной жидкости.

Результаты. Длительное хранение штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* в лиофильно высушенном состоянии, как в условиях низких и ультранизких температур не оказывало негативного влияния на их жизнеспособность. На 14 сутки культивирования на питательной среде штаммы грибов формировали спорующие колонии, сравнимые с контрольными вариантами. Сравнение признаков патогенности у штаммов грибов до проведения эксперимента и после хранения не выявило между вариантами существенных различий. При изучении влияния фильтратов культуральной жидкости штаммов грибов на развитие тест-культуры было установлено дифференцирующее влияние режима хранения при +4°C, в то время как в условиях ультранизких температур результаты в вариантах практически не различались.

Заключение. Результаты исследования показали, что метод лиофилизации биоматериала, в том числе несовершенных видов грибов, для длительного хранения при низких положительных и ультранизких температурах является актуальным и востребованным во многих научно-производственных учреждениях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

штаммы грибов, длительное хранение, ультранизкая температура, лиофилизат, патогенность, фитотоксичность

The effect of long-term storage on the viability and properties of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains of the Phytopathogenic Microorganisms State Collection of ARRIP

ABSTRACT

Relevance. Under conditions of prolonged storage of fungi on a nutrient agar medium, their pathogenic properties are gradually lost. Preservation of collection material with unchanged pathogenic properties is necessary for correct research, including the development of biological protection methods, monitoring of pathogen development dynamics, assessment of their virulence and aggressiveness, choice of selection material.

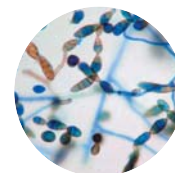
Materials and Methods. The ability to the resumption of full-fledged species characteristics on the culture nutrient agar medium after long-term storage of the biomaterial in the form of a lyophilizate under conditions of low positive +4°C and ultra-low temperatures of -80°C of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker and *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. strains stored in the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP) was studied. The viability of fungi was judged by their ability to form spore-forming colonies on a nutrient medium, pathogenicity and phytotoxicity by the reaction of test culture seedlings to the effects of spore suspensions and culture fluid filtrates.

Results. Long-term storage of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains in a freeze-dried state, both at low and ultra-low temperatures, did not adversely affect their viability. On the 14th day of culture on a nutrient medium, fungal strains formed sporulating colonies comparable to the control variants. Comparison of pathogenicity signs in fungal strains before the experiment and after storage did not reveal significant differences between the variants. When studying the effect of the culture liquid filtrates of fungal strains on the development of the test culture, a differentiating effect of the storage regime at +4°C was established, while under ultra-low temperatures the results in the variants practically did not differ.

Conclusion. The results of the study were showed that the lyophilization of biomaterial, including imperfect species of fungi for long-term storage at low positive and ultra-low temperatures is relevant and in demand in many scientific and industrial institutions.

KEYWORDS:

fungal strains, *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium solani*, long-term storage, ultra-low temperature, lyophilizate, pathogenicity, phytotoxicity



Введение
Коллекция ФГБНУ ВНИИФ служит для хранения фитопатогенных микроорганизмов и поддержания их в жизнеспособном состоянии [1,2]. В ней проводятся исследования по поиску новых способов хранения микромицетов, при которых они даже после длительного содержания в неблагоприятных условиях могут в полном объеме возобновляться без потери вирулентности и агрессивности [3,4].

В последние годы возбудители грибных болезней растений, принадлежащие к родам *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria*, встречаются практически во всех ареалах возделывания культурных растений, причиняя им значительный вред [5]. Эти грибы поражают разные виды сельскохозяйственных растений, вызывая гибель всходов, отставание в росте, увядание, щуплость семян, загнивание корней и клубней. Потери урожая от этих патогенов ежегодно составляют 10-15%, а в годы эпифитотий до 45%. Зараженные семена имеют очень низкую энергию прорастания и часто теряют всхожесть. При использовании зерна пшеницы с «черным зародышем» меняется цвет муки, ухудшается товарная ценность и хлебопекарные свойства. В сельскохозяйственной продукции, зараженной этими грибами, накапливаются микотоксины [6-8].

Основными причинами высокой вредоносности грибов из родов *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria* в России являются несоблюдение агротехники, отсутствие устойчивых сортов, неэффективность химического метода защиты и высокая способность к адаптации патогенов к условиям окружающей среды. При этом наиболее экономически выгодным и экологически безопасным способом борьбы является возделывание толерантных сортов [9].

Известно, что в условиях длительного хранения грибов на агаровой питательной среде происходит постепенная утрата их патогенных свойств. Необходимость сохранения коллекционного материала с неизменными

патогенными свойствами диктуется возможностью корректного проведения исследований, включающих разработку методов биологической защиты, мониторинг динамики развития патогенов, оценку их вирулентности и агрессивности, отбора селекционного материала, толерантного к болезням и т.п. [10, 11].

В последние годы болезни, вызываемые несовершенными грибами, принадлежащими к родам *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria*, значительно расширили свои ареалы и причиняют значительный вред сельскому хозяйству.

Целью наших исследований являлась оценка жизнеспособности, патогенности и фитотоксичности штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после длительного хранения в лиофильном состоянии на полосках фильтровальной бумаги в условиях низких положительных и ультранизких температур.

Материал и методы исследования

Материалом для исследований служили штаммы *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani*, выделенные из пораженных образцов пшеницы, ячменя и картофеля. Образцы пораженных растений собраны в Северо-Кавказском, Волго-Вятском и Центральном экономических районах России (табл. 1).

Способность грибов к возобновлению полноценных видовых характеристик на питательной среде изучали после длительного хранения биоматериала, высушенного с помощью метода лиофилизации на фильтровальной бумаге. Метод заключался в следующем: полоски фильтровальной бумаги (3-4 мм x 45-50 мм) помещали на поверхность картофельно-глюкозного агара (КГА) в чашках Петри и засеивали спорами гриба. После того, как полоски зарастали мицелием, их в асептических условиях снимали пинцетом и лиофильно высушивали. Подготовленные таким образом полоски (по 2-5 шт. одного штамма гриба) переносили в сте-

Таблица 1. Происхождение использованных в исследовании штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani*
Table 1. Origin of the *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains used in the study

Вид гриба	Штамм	Культура	Происхождение (год, регион, область)
<i>Alternaria alternata</i>	Крт-10л-2	Пшеница	2010, Сев.-Кавказский, Краснодарский кр
<i>Alternaria alternata</i>	Мр-14-2	Ячмень	2014, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Alternaria alternata</i>	МРТ 4л-6	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Alternaria alternata</i>	МРЧ 2л-4	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Alternaria alternata</i>	МРЧ 2л-3	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	Ру10-08-2	Ячмень	2010, Сев.-Кавказский, Краснодарский кр
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	МРД 3/4	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	МРД 3/5	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	МРД 3/7	Ячмень	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Fusarium solani</i>	МПК-13	Пшеница	2012, Волго-Вятский, Мордовия
<i>Fusarium solani</i>	100021	Картофель	2001, Центральный, Московская
<i>Fusarium solani</i>	FSL-9	Картофель	2002, Центральный, Московская

рильные пластиковые пробирки объемом 2,5 мл и помещали в бытовой холодильник при +40С и в морозильную камеру при -80°С.

О жизнеспособности грибов после хранения в указанных условиях судили по их способности образовывать спорообразующие колонии на КГА в чашках Петри. Для этого после процедур, связанных с выведением гриба из анабиоза, с соблюдением стерильности полоски лиофилизированной бумаги разрезали на 8-10 фрагментов и раскладывали на поверхности питательной среды в чашках Петри. Наблюдения за развитием мицелия проводили ежедневно. Количество спор подсчитывали в камере Горяева.

Патогенные и фитотоксические свойства штаммов изучали на проростках пшеницы сорта Хакасская, используя метод биопробы на семенах [12, 13]. Для определения патогенных свойств штаммов семена тест-объекта проращивали в суспензиях конидий (106 спор/мл), для выявления фитотоксических свойств штаммов - в фильтрате культуральной жидкости (ФКЖ). О патогенности суспензий конидий и токсических свойствах ФКЖ судили по степени ингибирования длины корней тест-объекта. Длина корней в опытном варианте от 0 до 30% свидетельствует о сильной патогенной (П) и о сильной токсической (Т) активности гриба; от 31 до 50% - умеренной патогенности (УП) и умеренной токсичности (УТ); от 51 до 70% - слабой патогенности (СП) и слабой токсичности (СТ); от 71 до 100% - о непатоген-

ных (НП) и нетоксичных (НТ) свойствах изолятов. Контролем служили показатели длины корней, полученные при проращивании семян пшеницы в воде, его принимали за 100%.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате длительного хранения в лиофильном состоянии штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* была установлена достаточно высокая воспроизводимость их морфолого-культуральных свойств после выведения из анабиоза и посева на питательные среды [14]. Практически все культуры после хранения в условиях низких положительных и ультранизких температур возобновляли рост на питательных средах. Колонии грибов во всех вариантах опытов соответствовали морфолого-культуральным свойствам видов [15, 16, 17, 18, 19, 20]. Что касается штаммов *Fusarium solani* МПК-13 и *Alternaria alternata* МРТ 4л-6, хранившихся в течение 111 и 95,5 месяцев в холодильнике при +4°С, то была установлена потеря жизнеспособности, при этом ни на одном фрагменте зараженной фильтровальной бумаги роста мицелия обнаружено не было.

Для оценки способности к спорообразованию отбирали штаммы грибов, формирующие полноценные колонии. В вариантах опыта проверялось от 8 до 12 таких колоний грибов. Средние значения по количеству спор на чашку Петри приведены в таблице 2.

Таблица 2. Жизнеспособность и спорообразование штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после хранения на фильтровальной бумаге при +4°С и -80°С
Table 2. Viability and sporulation of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains after storage on filter paper at +4°С and -80°С

Штамм	Срок хранения, мес.	Жизнеспособность		Спорообразование (кол-во спор/чашку Петри)		
		+4°С	-80°С	До хранения	+4°С	-80°С
Alternaria alternata						
Крт-10л-2	86	+	+	1,6 x 10 ⁸	0,9 x 10 ⁸	1,9 x 10 ⁸
Мр-14-2	65	+	+	6,3 x 10 ⁶	4,1 x 10 ⁶	6,1 x 10 ⁶
МРТ 4л-6	95,5	-	+	20,1 x 10 ⁶	-	19,3 x 10 ⁶
МРЧ 2л-4	96	+	+	13,4 x 10 ⁶	10,4 x 10 ⁶	13,0 x 10 ⁶
МРЧ 2л-3	96	+	+	9,0 x 10 ⁶	7,6 x 10 ⁶	9,2 x 10 ⁶
Bipolaris sorokiniana						
Ру10-08-2	76	+	+	2,6 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁷	2,9 x 10 ⁷
МРД 3/4	129	+	+	3,1 x 10 ⁶	3,1 x 10 ⁶	3,0 x 10 ⁶
МРД 3/5	129	+	+	5,6 x 10 ⁶	5,6 x 10 ⁶	6,2 x 10 ⁶
МРД 3/7	129	+	+	4,4 x 10 ⁶	2,9 x 10 ⁶	4,5 x 10 ⁶
Fusarium solani						
МПК-13	111	-	+	1,5 x 10 ⁷	-	2,0 x 10 ⁷
100021	120	+	+	2,7 x 10 ⁹	1,8 x 10 ⁹	2,4 x 10 ⁹
FSL-9	120	+	+	3,3 x 10 ⁸	2,5 x 10 ⁸	3,2 x 10 ⁸

Таблица 3. Патогенные свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после хранения на фильтровальной бумаге при +4°C и -80°C
Table 3. Pathogenicity of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains after storage on filter paper at +4°C and -80°C

Штамм	До хранения		Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C		Хранение на фильтровальной бумаге при -80°C	
	длина корня, %	уровень патогенной активности	длина корня, %	уровень патогенной активности	длина корня, %	уровень патогенной активности
<i>Alternaria alternata</i>						
Крт-10л-2	106,4±3,7	НП	100,3±3,2	НП	103,7±2,9	НП
Мр-14-2	89,1±2,4	НП	90,3±1,5	НП	88,4±2,5	НП
МРТ 4л-6	104,6±4,1	НП	-	-	100,3±4,1	НП
МРЧ 2л-4	64,7±2,5	СП	74,9±2,8	НП	68,5±2,7	СП
МРЧ 2л-3	94,7±3,8	НП	92,7±3,5	НП	99,7±2,6	НП
<i>Bipolaris sorokiniana</i>						
Ru10-08-2	66,7±4,1	СП	70,8±4,0	НП	68,6±3,8	СП
МРД 3/4	79,1±5,6	НП	76,7±4,1	НП	72,7±4,2	НП
МРД 3/5	25,4±3,4	П	32,3±3,4	УП	26,9±4,0	П
МРД 3/7	62,7±6,4	СП	66,6±3,8	СП	60,6±3,7	СП
<i>Fusarium solani</i>						
МПК-13	101,4±4,0	НП	-	-	105,2±3,6	НП
100021	104,6±4,6	НП	102,2±3,5	НП	98,7±5,0	НП
FSL-9	100,5±3,1	НП	90,8±3,0	НП	101,1±2,7	НП

Установлено, что хранение штаммов микромицетов в морозильной камере при -80°C не оказывало негативного влияния на способность колоний к спорообразованию. На 14 сутки культивирования на питательной среде колонии штаммов грибов формировали конидии в количествах, близких к исходным культурам. При хранении штаммов в лиофилизированном состоянии в холодильнике при +4°C отмечали некоторое уменьшение числа образуемых конидий.

Сравнение результатов, полученных после обработки семян пшеницы споровыми суспензиями штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani*, не выявило существенных различий по показателю патогенности между вариантами «До хранения» и «Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C и при -80°C» (табл. 3). Возможно, это связано с невысокой патогенной активностью штаммов грибов, взятых для исследований. В любом случае, полученные результаты показывают, что режимы хранения не оказали влияния на усиление патогенных свойств данных штаммов грибов.

При оценке фитотоксических свойств штаммов грибов картина несколько изменилась (табл. 4). Несмотря на то, что средние значения показателей длины корней в вариантах были в ряде случаев сравнимыми, степень фитотоксической активности была выше у исходных штаммов грибов. ФКЖ этих штаммов вызывали резкое

угнетение роста корней – 18,7-33%. Особенно четкие различия между штаммами грибов заметны при сравнении вариантов «До хранения» и «Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C». В последнем уровне фитотоксической активности штаммов заметно снижался. В вариантах «До хранения» и «Хранение на фильтровальной бумаге при -80°C» различия выражены слабо.

Таким образом, установлено, что длительное хранение штаммов разных видов грибов в лиофильно высушенном состоянии, как в условиях низких положительных и ультранизких температур не оказывало критического негативного влияния на их жизнеспособность. Однако при хранении при +4°C два штамма не возобновили рост.

Сравнение степени патогенности у штаммов грибов до проведения эксперимента и после хранения не выявило между вариантами существенных различий.

При изучении влияния ФКЖ штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* на развитие проростков тест-культуры было установлено дифференцирующее влияние при режиме хранения при +4°C, которое выражалось некоторым ослаблением фитотоксического эффекта. Показатели фитотоксичности штаммов грибов, полученные в вариантах «до» и «после хранения в условиях ультранизких температур» практически не различались.

Таблица 4. Фитотоксические свойства штаммов *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium solani* после хранения на фильтровальной бумаге при +4°C и -80°C

Table 4. Phytotoxic properties of *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium solani* strains after storage on filter paper at +4°C and -80°C

Штамм	До хранения		Хранение на фильтровальной бумаге при +4°C		Хранение на фильтровальной бумаге при -80°C	
	длина корня, %	уровень фитотоксической активности	длина корня, %	уровень фитотоксической активности	длина корня, %	уровень фитотоксической активности
<i>Alternaria alternata</i>						
Крт-10л-2	28,0±2,1	Т	51,7±2,7	СТ	39,0±3,2	УТ
Мр-14-2	21,1±2,0	Т	36,7±1,8	УТ	28,1±2,1	Т
МРТ 4л-6	23,4±2,5	Т	-	-	25,7±1,6	Т
МРЧ 2л-4	29,9±2,8	Т	38,9±2,0	УТ	32,5±2,3	УТ
МРЧ 2л-3	42,5±2,5	УТ	46,7±3,3	УТ	40,8±3,0	УТ
<i>Bipolaris sorokiniana</i>						
Ру10-08-2	33,0±3,4	УТ	53,2±3,0	СТ	49,1±3,5	УТ
МРД 3/4	25,0±1,3	Т	23,5±1,4	Т	23,9±2,1	Т
МРД 3/5	34,5±1,6	УТ	33,4±1,4	УТ	43,1±2,4	УТ
МРД 3/7	12,1±1,8	Т	13,4±2,0	Т	22,2±1,9	Т
<i>Fusarium solani</i>						
МПК-13	16,6±1,4	Т	-	-	17,3±1,1	Т
100021	18,7±2,0	Т	38,4±2,2	УТ	21,4±3,2	Т
FSL-9	21,2±2,2	Т	30,2±2,1	УТ	27,8±2,0	Т

Закключение

Результаты исследования показали, что метод лиофилизации биоматериала, в том числе несовершенных видов грибов, для длительного хранения при низких положительных и ультранизких температурах является актуальным и востребованным не только в коллекциях микроорганизмов, но и во многих научно-

производственных учреждениях. Хранение при -80°C является предпочтительным для сохранения жизнеспособности и свойств грибных изолятов. Метод хранения в условиях бытового холодильника также заслуживает внимания тем, что не требует дорогостоящего и энергозатратного оборудования.

Литература

- Дубовой В., Жемчужина Н., Елизарова С., Горелов П. Государственная коллекция фитопатогенных микроорганизмов ВНИИФ. *Аналитика*. 2016;1(26):76-79. <https://www.elibrary.ru/voslvf>
- Kolomiets T., Zhemchuzhina N. Genetic resources of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP). Conference proceedings of XXXVII Annual Meeting of the European Culture Collection Organization, Moscow, 13-15 September 2018. P. 45-46.
- Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Elizarova S.A. Viability and virulence of wheat leaf rust agent (*Puccinia triticina* Eriks.) isolates after long term preservation. *Agricultural Biology*. 2019;54(3):597-606. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2019.3.597rus> <https://www.elibrary.ru/cscslns>
- Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Елизарова С.А. Жизнеспособность и патогенность штаммов грибов рода *Fusarium* Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ после длительного хранения в условиях низких температур. Материалы Международной научной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». Большие Вязёмы Московской обл. 13-17 ноября 2017. С. 328-335. <https://www.elibrary.ru/yprcpi>
- Ишкова Т.И., Берестецкая Л.И., Гасич Е.Л., Левитин М.М., Власов Д.Ю. Диагностика основных грибных болезней зерновых культур. С.-Петербург. 2002. 76 с. <https://www.elibrary.ru/ubcikd>
- Castañares E., Pavicich M., Dinolfo M. et al. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in malting barley grains in the main producing

- region of Argentina. *J. Sci. Food Agri*. 2020;(100):1004-1011. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10101>
- Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. et al. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics. *Toxins*. 2017;9(7):E228. <https://doi.org/10.3390/toxins9070228>
- Ганнибал Ф.Б. Токсигенность и патогенность грибов рода *Alternaria* для злаков. Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А. Ячевского ВИЗР. История и современность. Под ред. А.П. Дмитриева. СПб: ВИЗР. 2007. С.82–93.
- Санин С.С., Назарова Л.Н. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991-2008 гг.). *Защита и карантин растений*. 2010;(2):69-80. <https://www.elibrary.ru/vungbn>
- Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Александрова А.В., Коломиец Т.М. Микромицеты на озимой пшенице в Краснодарском крае и Ростовской области. *Защита и карантин растений*. 2020;(6):22-26. <https://www.elibrary.ru/ardcsy>
- Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Коломиец Т.М., Аблова И.Б., Глинушкин А.П., Елизарова С.А. Выявление разнообразия микромицетов рода *Fusarium* в агроэкосистемах равнинной части Северного Кавказа для пополнения Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ФГБНУ ВНИИФ. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(8):874-881. <https://doi.org/10.18699/VJ21.101> <https://www.elibrary.ru/ybjmzn>
- Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и соавт. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка. 1982. 550 с.
- Парфенова Т.А., Алексеева Т.П. Токсическое влияние фильтрата культуральной жидкости грибов рода *Fusarium* на семена пшеницы. *Микология и фитопатология*. 1995;29(1):78-82.

14. Qiangqiang Z., Jiajun W., Li L. Storage of fungi using sterile distilled water or lyophilization: comparison after 12 years. *Mycoses*. 1998;(41):255-257. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1998.tb00334.x>
15. Schmey T., Tominello-Ramirez C.S., Brune C., Stam R. Alternaria diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*. 2024;25(3):1-19. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>
16. Coleman J.J. *Fusarium solani* species complex. *Molecular Plant Pathology*. 2016;(17):146-158. <https://doi.org/10.1111/mpp.12289>
17. Dean R., Van Kan J.A.L., Pretorius Z.A., Hammond-Kosack K.E., Di Pietro A., Spanu P.D., Rudd J.J., Dickman M., Kahmann R., Ellis J., Foster G.D. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2012;(13):414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
18. Zaccardelli M., Vitale S., Luongo L., Merighi M., Corazza L. Morphological and Molecular Characterization of *Fusarium solani* Isolates. *Journal of Phytopathology*. 2008;(156):534-541. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01403.x>
19. Gherbawy Y.A., Hussein M.A., Hassany N.A., Shebany Y.M., Hassan S., El-Dawy E.G.A.E. Phylogeny and pathogenicity of *Fusarium solani* species complex (FSSC) associated with potato tubers. *J Basic Microbiol*. 2021;(61):1133-1144. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100393>
20. Kumar J., Schäfer P., Hüchelhoven R., Langen G., Baltrusch H., Stein E., Nagarajan S., Kogel K.-H. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Molecular Plant Pathology*. 2002;3:185-195. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x>

• References

1. Dubovoy V., Zhemchuzhina N., Elizarova S., Gorelov P. State collection of phytopathogenic microorganisms from All-Russian Research Institute of Phytopathology. *Analitika*. 2016;1(26):76-79. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/voslvf>
2. Kolomiets T., Zhemchuzhina N. Genetic resources of the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the All-Russian Research Institute of Phytopathology (ARRIP). Conference proceedings of XXXVII Annual Meeting of the European Culture Collection Organization, Moscow, 13-15 September 2018. P. 45-46. (In Russ.)
3. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Elizarova S.A. Viability and virulence of wheat leaf rust agent (*Puccinia tritici-na* Eriks.) isolates after long term preservation. *Agricultural Biology*. 2019;54(3):597-606. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.3.597rus> <https://www.elibrary.ru/cscslns>
4. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Elizarova S.A., Dubovoy V.P. The influence of storage methods on the viability and pathogenicity of *Alternaria alternata* strains from the State Collection of Phytopathogenic Microorganisms of the Federal State Budgetary Institution VNIIF. 2017. P. 328-335. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yprcrpi>
5. Ishkova T.I., Berestetskaya L.I., Gasich E.L., Levitin M.M., Vlasov D.Yu. Diagnosis of the main fungal diseases of cereals. Sankt-Peterburg. 2002. 76 p. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ubcikd>
6. Castañares E., Pavicich M., Dinolfo M. et al. Natural occurrence of *Alternaria* mycotoxins in malting barley grains in the main produc-

- ing region of Argentina. *J. Sci. Food Agri*. 2020;(100):1004-1011. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10101>
7. Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. et al. Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics. *Toxins*. 2017;9(7):E228. <https://doi.org/10.3390/toxins9070228>
8. Hannibal F.B. Toxicogenicity and pathogenicity of fungi of the genus *Alternaria* for cereals. Laboratory of Mycology and Phytopathology named after. A.A. Yachevsky VIZR. History and modernity. Ed. A.P. Dmitrieva. Sankt-Peterburg: VIZR. 2007. P. 82-93. (In Russ.)
9. Sanin S.S., Nazarova L.N. Phytosanitary situation on wheat crops in the Russian Federation (1991-2008). *Plant protection and quarantine*. 2010;(2):69-80. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vungbn>
10. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Aleksandrova A.V., Kolomiets T.M. Micromycetes on winter wheat in the Krasnodar territory and Rostov region. *Plant protection and quarantine*. 2020;(6):22-26. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/ardcsy>
11. Zhemchuzhina N.S., Kiseleva M.I., Kolomiets T.M., Ablova I.B., Glinushkin A.P., Elizarova S.A. Revealing the diversity of *Fusarium* micromycetes in agroecosystems of the North Caucasus plains for replenishing the state collection of phytopathogenic microorganisms of the All-Russian Scientific Research Institute of a Phytopathology. *Vavilov journal of genetics and breeding*. 2021;25(8):874-881. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ21.101> <https://www.elibrary.ru/ybjmzn>
12. Dudka I.A., Vasser S.P., Ellanskaya I.A. et al. [Methods of experimental mycology]. Kiev: Nauk. Dumka. 1982. 550 p. (In Russ.)
13. Parfenova T.A., Alekseeva T.P. Toxic effect of the filtrate of the cultural liquid of fungi of the genus *Fusarium* on wheat seeds. *Mycology and phytopathology*. 1995;29(1):78-82. (In Russ.)
14. Qiangqiang Z., Jiajun W., Li L. Storage of fungi using sterile distilled water or lyophilization: comparison after 12 years. *Mycoses*. 1998;(41):255-257. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1998.tb00334.x>
15. Schmey T., Tominello-Ramirez C.S., Brune C., Stam R. Alternaria diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*. 2024;25(3):1-19. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>
16. Coleman J.J. *Fusarium solani* species complex. *Molecular Plant Pathology*. 2016;(17):146-158. <https://doi.org/10.1111/mpp.12289>
17. Dean R., Van Kan J.A.L., Pretorius Z.A., Hammond-Kosack K.E., Di Pietro A., Spanu P.D., Rudd J.J., Dickman M., Kahmann R., Ellis J., Foster G.D. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2012;(13):414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
18. Zaccardelli M., Vitale S., Luongo L., Merighi M., Corazza L. Morphological and Molecular Characterization of *Fusarium solani* Isolates. *Journal of Phytopathology*. 2008;(156):534-541. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01403.x>
19. Gherbawy Y.A., Hussein M.A., Hassany N.A., Shebany Y.M., Hassan S., El-Dawy E.G.A.E. Phylogeny and pathogenicity of *Fusarium solani* species complex (FSSC) associated with potato tubers. *J Basic Microbiol*. 2021;(61):1133-1144. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100393>
20. Kumar J., Schäfer P., Hüchelhoven R., Langen G., Baltrusch H., Stein E., Nagarajan S., Kogel K.-H. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Molecular Plant Pathology*. 2002;3:185-195. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x>

Об авторах:

Наталья Сергеевна Жемчужина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов, <https://orcid.org/0000-0001-6374-403X>, SPIN-код: 8007-4601, автор для переписки, zhemch@mail.ru

Марина Ивановна Киселева – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Отдела микологии и иммунитета, SPIN-код: 2424-2862, shlem2015@mail.ru

Светлана Александровна Елизарова – младший научный сотрудник Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов, SPIN-код: 3743-2560, soul-lana77@mail.ru

Николай Владимирович Меркурьев – аспирант кафедры технологии хранения и переработки плодовоовощной и растениеводческой продукции, merkurevzoom@yandex.ru

About the Authors:

Natalya S. Zhemchuzhina – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of State Collection of Phytopathogenic Microorganisms, <https://orcid.org/0000-0001-6374-403X>, SPIN-code: 8007-4601, author for correspondence, zhemch@mail.ru

Marina I. Kiseleva – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of Department of Mycology and Immunity, SPIN-code: 2424-2862, shlem2015@mail.ru

Svetlana A. Elizarova – Junior Researcher of State Collection of Phytopathogenic Microorganisms, SPIN-code: 3743-2560, soul-lana77@mail.ru

Nikolai V. Merkuryev – Graduate Student of the Department of Technology for Storage and Processing of Fruits and Vegetables and Crop Products, merkurevzoom@yandex.ru