

МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВОЗБУДИТЕЛЕЙ СЕПТОРИОЗОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ИЗ РАЗЛИЧНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

Ю.В. Зеленева¹ доктор биологических наук, **И.Б. Аблова**² доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, **В.П. Судникова**³ кандидат сельскохозяйственных наук, **Л.М. Мохова**² кандидат сельскохозяйственных наук, **Э.А. Конькова**⁴ кандидат сельскохозяйственных наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
196608, Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, 3
E-mail: info@vizr.spb.ru

²Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко,
350012, Краснодар, Центральная усадьба, НЦЗ им. П.П. Лукьяненко
E-mail: ablova@mail.ru

³Среднерусский филиал Федерального научного центра им. И. В. Мичурина,
392553, Тамбовская обл., Тамбовский р-н., пос. Новая Жизнь, ул. Молодежная
E-mail: tmsnifs@mail.ru

⁴Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока,
410010, Саратов, ул. Тулайкова, 7
E-mail: raiser_saratov@mail.ru

*Изучение морфолого-культуральных свойств и структуры внутривидовой дифференциации популяций септориозов зерновых культур позволяет обосновать качественный состав биоматериала, обеспечивающего объективную оценку устойчивости растений-хозяев. Цель исследований – охарактеризовать структуру популяций грибов, вызывающих септориозные пятнистости зерновых культур в разных агроклиматических зонах Российской Федерации по морфолого-культуральным свойствам. За 2021 г., проведено изучение морфолого-культуральных свойств возбудителей септориозов зерновых культур пяти зернопроизводящих федеральных округов Российской Федерации (Южного, Северо-Кавказского, Нижневолжского, Центрального, Северо-Западного). Изучено не менее 100 моноконидиальных изолятов, полученных с каждого инфекционного образца. Описаны размеры колоний, их структура, окраска, интенсивность споруляции. Среди изолятов *Z. tritici* преобладали быстрорастущие высокоспорующие дрожжеподобные колонии. В популяциях из Ростовской и Воронежской областей чаще отмечали смешанные колонии. С помощью критерия Краскала-Уоллиса показано влияние условий, складывающихся в течение вегетации растения хозяина, на морфолого-культуральные свойства патогена. Колонии рода *Parastagonospora* имели хорошо развитый порошистый, шерстистый или бархатистый мицелий. Размер колоний достигал 80...90 мм в диаметре. Отмечали среднюю и высокую спорующую активность колоний. Описаны редкие виды – *P. avenae* f. sp. *avenaria* с яровой овса из Тамбовской области и *Septoria trititicola* Lobk с яровой тритикале и яровой мягкой пшеницы из Краснодарского края. Полученные моноконидиальные колонии *P. avenae* f. sp. *avenaria* были однородными серого цвета, формировали много пикнид и характеризовались высокой спорующей. Моноконидиальные изоляты гриба *S. trititicola* в чистой культуре были зонального типа: в центре колонии белые, серые, гранулированные, по краям – серые с плотным войлочным мицелием; пикнид много, споруляция высокая.*

MORPHOLOGICAL AND CULTURAL PROPERTIES OF GRAIN SEPTORIA PATHOGENS IN VARIOUS AGROCLIMATIC ZONES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Yu.V. Zeleneva¹, **I.B. Ablova**², **V.P. Sudnikova**³, **L.M. Mokhova**², **E.A. Konkova**⁴

¹All-Russian Institute of Plant Protection,
196608, Sankt-Peterburg, Pushkin, sh. Podbel'skogo, 3
E-mail: info@vizr.spb.ru

²National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko,
350012, Krasnodar, Tsentral'nayasad'ba, NTsZim. P.P. Luk'yanenko
E-mail: ablova@mail.ru

³Middle-Russian Affiliates of the Federal Research Center named after I.V. Michurin,
392553, Tambovskaya obl., Tambovskii r-n., pos. Novaya Zhizn', ul. Molodezhnaya
E-mail: tmsnifs@mail.ru

⁴Federal Agrarian Scientific Center of the South-East,
410010, Saratov, ul. Tulaiikova, 7
E-mail: raiser_saratov@mail.ru

*The study of morphological and cultural properties together with the structure of intraspecific differentiation of septoria blight populations of grain crops makes it possible to substantiate the qualitative composition of the biomaterial, which provides an objective assessment of the resistance of host plants. The aim of the given research is to characterize the structure of fungal populations that cause septoria spotting of grain crops in different agroclimatic zones of the Russian Federation in terms of morphological and cultural properties. Within the period of 2021, a study of the morphological and cultural properties of pathogens of grain crops septoria blight has been conducted in five grain-producing federal districts of the Russian Federation (South and North Caucasus, the Lower Volga region, Central, North-Western). At least 100 monoconidial isolates obtained from each infectious sample were studied. The sizes of colonies, their structure, coloring, intensity of sporulation are described. Among *Zymoseptoria tritici* isolates, rapid-growing highly sporulating yeast-like colonies prevailed. In populations from the Rostov and Voronezh regions, mixed colonies were noted more often. Using the Kruskal-Wallis test, the influence of the conditions that develop during the vegetation period of the host plant on the morphological and cultural properties of the pathogen is shown. Colonies of the *Parastagonospora* genus had well-developed*

*работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-76-30005.

powdery, woolly or velvety mycelium. The size of the colonies reached 80-90 mm in diameter. Both medium and high sporulating activity of colonies were noted. Rare species are described – those are *P. avenae* f. sp. *avenaria* from Tambov region spring oats and *Septoria trititicola* Lobik from Krasnodar region spring triticale and soft spring wheat. The resulting monoconidial colonies of *P. avenae* f. sp. *avenaria* were uniform gray in color, formed many pycnidia, and were high-sporulating. Monoconidial isolates of the *S. trititicola* fungus in pure culture were of the zonal type: in the center of the colony they were white, gray, granular, while along the edges – gray, with dense felt-like mycelium; with multiple pycnidia and high sporulation.

Ключевые слова: зерновые культуры, морфолого-культуральные свойства, распространение, септориозные пятнистости, фенотипическое разнообразие

Key words: grain crops, morphological and cultural properties, distribution, septoria spotting, phenotypic diversity

Одна из наиболее распространенных болезней зерновых культур – септориоз. Она поражает надземные органы растений и известна во всех зернопроизводящих странах [1, 2, 3]. При благоприятных условиях септориоз может достигать эпифитотийного уровня с прямыми потерями урожая более 40 % [4, 5].

Болезнь вызывают несколько видов патогенов. *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvl. & Crous – возбудитель септориоза листьев пшеницы, тритикале, ячменя, ржи. Относится к семейству Mucosphaerellaceae. До недавнего времени этот вид доминировал и был наиболее вредоносен в южных регионах России: на Северном Кавказе, в Нижнем Поволжье, в Центрально-Черноземном регионе. Однако в связи с климатическими изменениями *Z. tritici* начал встречаться в патогенном комплексе септориозных пятнистостей и наносить существенный ущерб производству на полях Псковской, Новгородской, Ленинградской, Московской областей [4, 6, 7].

Кроме того, на сегодняшний день на территории России зафиксировано два вида рода *Parastagonospora*, включающие три формы, способные вызывать септориоз злаков: *Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous, *Parastagonospora avenae* (AB Frank) Quaedvl., Verkley & Crousf. sp. *triticea* (пшеничная форма), *Parastagonospora avenae* (AB Frank) Quaedvl., Verkley & Crousf. sp. *avenaria* (овсяная форма). Они относятся к семейству Phaeosphaeriaceae. Вид *P. nodorum* – вызывает септориоз листьев и колосьев пшеницы. Он, как и *Zymoseptoria tritici*, распространен повсеместно. Вид *P. avenae* в посевах зерновых регистрируют к концу вегетационного периода на листьях, стеблях и колосьях. *P. avenae* – опасный патоген зерновых культур во всем мире [1, 8, 9].

На полях Краснодарского края пшеницу поражает *Septoria trititicola* Lobik [10].

Систематический мониторинг популяционной структуры фитопатогенов – один из важных этапов разработки мероприятий по производству экологически безопасной продукции в условиях меняющегося климата. Непременное условие результативности селекции на устойчивость –

наличие исчерпывающей информации о внутривидовой дифференциации популяций возбудителей болезней. Знания внутривидовой структуры фитопатогенов необходимы для селекционно-генетической защиты сельскохозяйственных растений от болезней [11, 12].

Один из элементов фитосанитарной стабилизации агроценоза посевов пшеницы – анализ популяции гриба и, в частности, изучение морфолого-культуральных свойств. В связи с изложенным, целью исследований – охарактеризовать структуру популяций грибов, вызывающих септориозные пятнистости зерновых культур в разных агроклиматических зонах России, по морфолого-культуральным свойствам.

Методика. Образцы пораженных растений собирали в 2021 г. в Ленинградской, Тамбовской, Липецкой, Воронежской, Курской, Саратовской, Ростовской областях, в Краснодарском крае, республиках Калмыкия, Дагестан, Адыгея. Метеоусловия в указанных регионах в 2021 г. способствовали развитию септориозных инфекций. Степень поражения инфекционного материала, отобранного для анализа (листья, колосья, побеги) варьировала от 10 до 60 %. При изучении видового состава септориозных пятнистостей проанализировали 159 инфекционных образцов зерновых культур – пшеницы, тритикале, ржи, ячменя, овса (табл. 1).

Для диагностики видов грибов изначально использовали микроскопический анализ фрагментов пораженной ткани [13]. Его результаты подтверждали методом секвенирования с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ».

Колонии грибов выращивали на картофельно-глюкозном агаре (КГА). Описание культурально-морфологических признаков изолятов возбудителей септориоза проводили на 20-й (*P. nodorum*, *P. avenae*, *S. trititicola*) и 30-й (*Z. tritici*) день. Отмечали размер (для *Z. tritici*), характер строения и окраску колоний, а также интенсивность споруляции гриба [13].

Для изучения показателя скорости роста колоний *Z. tritici* на КГА измеряли диаметр колоний на 30 день,

Табл. 1. Происхождение инфекционных образцов зерновых культур

Происхождение	Всего образцов	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Тритикале озимая	Тритикале яровая	Рожь озимая	Ячмень яровой	Овёс яровой
Тамбовская область	91 (57 %)*	33	31	0	0	0	0	27
Ленинградская область	21 (13 %)	17	0	2	0	1	1	0
Краснодарский край	15 (9 %)	6	8	0	1	0	0	0
Республика Дагестан	7 (4 %)	4	2	0	1	0	0	0
Саратовская область	7 (4 %)	3	1	3	0	0	0	0
Липецкая область	6 (4 %)	5	1	0	0	0	0	0
Республика Калмыкия	5 (3 %)	5	0	0	0	0	0	0
Воронежская область	4 (3 %)	4	0	0	0	0	0	0
Курская область	1 (1 %)	0	1	0	0	0	0	0
Ростовская область	1 (1 %)	1	0	0	0	0	0	0
Республика Адыгея	1 (1 %)	1	0	0	0	0	0	0
Итого	159 (100 %)	80 (50 %)	43 (27 %)	5 (3 %)	2 (1 %)	1 (1 %)	1 (1 %)	27 (17 %)

*в скобках указана доля от общего числа изученных

Табл. 2. Частота морфологических типов колоний изолятов *Zyoseptoria tritici*, выращенных на КГА, %

Происхождение изолятов	Тип колоний										
	дрожжеподобные			смешанные						мицелиальные	
	I(a)	I(b)	I(c)	II(a)	II(b)	II(c)	II(d)	II(e)	II(f)	III(a)	III(b)
Ленинградская область	11,8	9,4	22,8	0	19,8	16,4	0	4,1	14,3	1,4	0
Ростовская область	0	0	36,3	0	0	0	0	0	61,3	2,4	0
Республика Дагестан	8,8	5,3	47,4	0	33,3	0	0	0	0	3,4	1,8
Саратовская область	11,1	0	33,3	0	22,2	33,4	0	0	0	0	0
Тамбовская область	9,2	58,0	26,0	0	0	0	0	0	1,2	5,6	0
Липецкая область	0	39,1	32,3	2,0	2,4	2,9	4,0	0	9,8	0	7,5
Воронежская область	15,6	33,3	16,2	0	0	0	0	0	34,9	0	0
Курская область	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Краснодарский край	3,3	5,9	21,1	7,6	0,3	10,2	4,4	2,4	14,2	22,9	7,7
Республика Калмыкия	0	36	34,7	2,7	12	0	9,3	0	1,3	4,0	0
Среднее значение	6,0	18,7	37,0	1,2	9,0	6,3	1,8	0,7	13,7	4,0	1,7
Стандартная ошибка среднего	1,9	6,6	7,6	0,8	3,9	3,5	1,0	0,5	6,3	2,2	0,9

согласно методическим рекомендациям, и классифицировали на медленно- (< 10 мм), средне- (10...15 мм) и быстрорастущие (> 15 мм).

По интенсивности споруляции на питательной среде изоляты грибов разделяли на три группы: I–слабоспорующие, II–среднеспорующие, III–высокоспорующие [14].

Для определения различий между изолятами *Z. tritici*, полученными с растений из разных агроклиматических зон, по морфолого-культуральным свойствам использовали непараметрический критерий Краскела-Уоллиса (H). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез (p) принимался равным 0,04. Статистическую обработку данных проводили с использованием компьютерной программы «STATISTICA 12».

Все фотографии и рисунки, представленные в работе, авторские и публикуются впервые.

Результаты и обсуждение. Для изолятов *Z. tritici* в начале развития характерны колонии розового цвета, по внешнему виду напоминающие бактериальные. Позднее колонии становятся мицелиальными, дрожжеподобными, смешанными с различной окраской. По внешнему виду и характеру строения колонии грибов были представлены всеми тремя возможными морфотипами (табл. 2). В пределах каждого морфотипа они варьировали по окраске. Практически во всех агроклиматических зонах преобладали дрожжеподобные колонии с морфотипами I(b) – черные гофрированные или I(c) – черные гофрированные с розовой каймой. Исключением стали изоляты из Саратовской области. В этой популяции в равной степени отмечены дрожжеподобные колонии с морфотипом I(c) (33,3 %), и смешанные колонии II(c) – серые, центр дрожжеподобный розовый (33,4 %). В популяциях из Ростовской и Воронежской областей преобладали смешанные колонии с морфотипом II(f) – центр дрожжеподобный чёрный, край мицелиальный светлый (61,3 % и 34,9 % соответственно). В популяции из Краснодарского края отмечены колонии с морфотипом III(a) – белые или серые колонии с частотой 22,9 %, им незначительно уступили колонии с морфотипом I(c) – 21,1 %.

На основании критерия Краскела-Уоллиса установлено, что наиболее сильно отличаются от остальных выборок группы изолятов из Краснодарского края, Ленинградской и Липецкой области (табл. 3). При этом его значения достоверны для всех групп. Следовательно, можно говорить о влиянии условий, складывающихся в течении вегетации растения хозяина на морфолого-культуральные свойства патогена.

Табл. 3. Дисперсионный анализ показателей частоты морфологических типов колоний изолятов *Z. tritici*, выращенных на КГА, в зависимости от места сбора инфекционного материала (критерий Краскела-Уоллиса: H (9, N= 110) = 17,65)

Сравниваемые группы	Сумма рангов	Среднее значение ранга
Курская область	390,0	35,45
Саратовская область	459,0	41,73
Ростовская область	500,0	45,45
Воронежская область	576,5	52,41
Тамбовская область	582,0	52,91
Республика Дагестан	625,5	56,86
Республика Калмыкия	676,0	61,45
Липецкая область	704,0*	64,00*
Ленинградская область	746,0*	67,82*
Краснодарский край	846,0*	76,91*

*значимо на уровне p<0,04

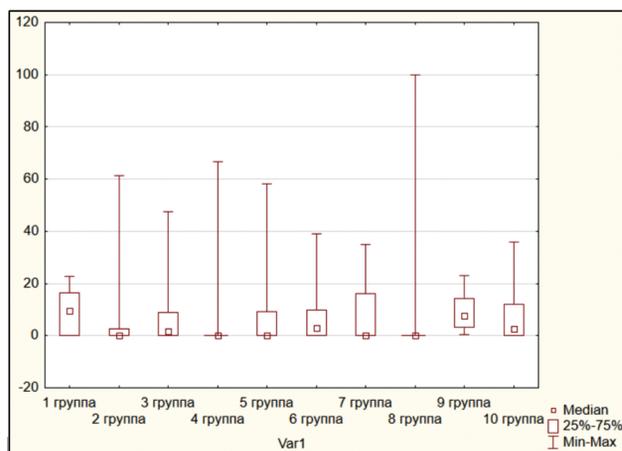


Рис. 1. Медианный тест для установления различий между изолятами *Zyoseptoria tritici*, из различных агроклиматических зон: 1 группа – Ленинградская область; 2 группа – Ростовская область; 3 группа – Республика Дагестан; 4 группа – Саратовская область; 5 группа – Тамбовская область; 6 группа – Липецкая область; 7 группа – Воронежская область; 8 группа – Курская область; 9 группа – Краснодарский край; 10 группа – Республика Калмыкия.

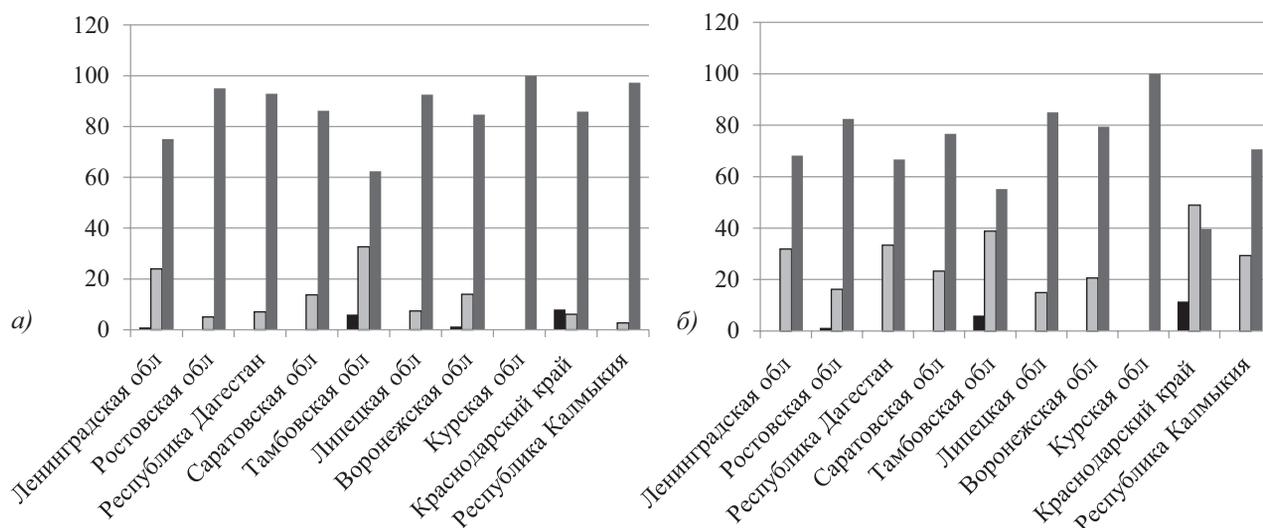


Рис. 2. Частота морфологических типов колоний изолятов *Zymoseptoria tritici*, различающихся по скорости роста и интенсивности споруляции, выращенных на КГА, %: а) ■ – медленнорастущие (< 10 мм); ■ – среднерастущие (10...15 мм); ■ – быстрорастущие (> 15 мм); б) ■ – слабоспорулирующие (< 10 млн спор/см²); ■ – среднеспорулирующие (10...50 млн спор/см²); ■ – высокоспорулирующие (> 50 млн спор/см²).

Такое предположение подтверждает анализ диаграммы размаха (медианный тест). На ней видно, что наибольшие отличия от остальных образцов наблюдаются у изолятов из Краснодарского края, Ленинградской и Липецкой области (рис. 1). Ранее, с использованием F-критерия Фишера, было также показано влияние жизненной формы и вида пшеницы на частоту морфологических типов колоний изолятов *Z. tritici* [12].

Колонии вида *Z. tritici* имели небольшие размеры. При этом у дрожжеподобных колоний они, как правило, составляли 5...17 мм, у мицелиальных – 25...30 мм. Самыми распространёнными колониями в изученных популяциях *Z. tritici* были быстрорастущие с высокой спорулирующей активностью (рис. 2). Среди колоний из Краснодарского края преобладали (48,9 %) среднеспорулирующие. Репродуктивная способность штамма очень важный показатель. Для иммунологических исследований лучше использовать штаммы с высокой споруляцией на питательной среде (*in vitro*). Однако следует учитывать, что не всегда отмечается прямая связь между спорулирующей активностью и патогенностью [5].

Колонии большинства изолятов рода *Parastagonospora* имели хорошо развитый, порошистый, шерстистый или бархатистый мицелий с различным количеством пикнид. Размер колоний изолятов видов *P. nodorum* и *P. avenae* достигал 80...90 мм в диаметре.

Среди изолятов *P. nodorum* из Ленинградской области преобладали (40 %) смешанные колонии с III фенотипом (середина – бурая, по периферии – светлые, шерстистые; пикнид много). Колоний микроорганизмов из Тамбовской области (табл. 4) были в равной степени (по 50 %) представлены фенотипами III и I(в) (поверхность белая, светло-серая, ватообразная, не ровная, складчатая или бугристая; пикнид мало или они отсутствуют). Среди колоний популяции *P. nodorum* из Краснодарского края – преобладали (по 40 %) III и II(б) (поверхность темно-бурая, шерстистая или шерстисто-порошистая; пикнид много) фенотипы. В популяции из Саратовской области отмечены только светлые колонии с фенотипами I(а) (розовый гранулированный мицелий, редко – воздушный; пикнид много) и I(в) с частотой по 50 %. Среди колоний микроорганизмов из Республики Адыгеи зарегистрирован только фенотип II(б).

Колонии всех изученных популяций обладали высокой спорулирующей активностью (> 10 млн спор/см²). Среди изолятов *P. nodorum* из Тамбовской области и Краснодарского края были отмечены среднеспорулирующие колонии (1...10 млн спор/см²), частота встречаемости которых не превышала 15,5 % и 17 % соответственно.

Среди изолятов *P. avenae* f. sp. *triticea* из Ленинградской области отмечены однородные колонии с фенотипом д(5) (серые, оливковые, мицелий в центре скудный и плотный; пикнид много). Для популяции гриба из Саратовской области было характерно наличие двух фенотипов: однородные г(4) (колонии темно-серые, оливковые, мицелий плотный в центре и редкий по краям; пикниды внутри субстрата) и смешанные б(7) (в центре колонии белые, гранулированные, по краям – темно-серые с плотным войлочным мицелием; пикниды есть) с частотой по 50 % (табл. 5). В популяции из Тамбовской области преобладали (30 %) однородные колонии с фенотипом б(2) (розовые, серые, гранулированные, мицелий редкий; пикниды есть). Для колоний популяций *P. avenae* f. sp. *triticea* из Курской и Воронежской областей был характерен фенотип б(7), из Краснодарского края – преобладание (83,3 %) фенотипа г(4).

Слабоспорулирующих колоний *P. avenae* f. sp. *triticea* не наблюдали. Для колоний гриба популяций из Курской

Табл. 4. Частота морфологических типов колоний изолятов *Parastagonospora nodorum*, выращенных на КГА, %

Происхождение изолятов	Тип колоний				
	светлые (I)			темные (II)	смешанные (III)
	I (а)	I (б)	I (в)	II (б)	
Ленинградская область	20	16,7	16,7	6,6	40
Саратовская область	50	0	50	0	0
Республика Адыгея	0	0	0	100	0
Тамбовская область	0	0	50	0	50
Краснодарский край	20	0	0	40	40
Среднее значение	18,0	3,3	23,3	29,3	26,0
Стандартная ошибка среднего	9,2	3,3	11,3	19,2	10,7

Табл. 5. Частота морфологических типов колоний изолятов *Parastagonospora avenae* f. sp. triticea, выращенных на КГА, %

Происхождение изолятов	Тип колоний					
	однородные (I)				смешанные (зональные) (II)	
	а(1)	б(2)	г(4)	д(5)	б(7)	в(8)
Ленинградская область	0	0	0	100	0	0
Саратовская область	0	0	50	0	50	0
Тамбовская область	22,3	30	0	9,1	27,3	11,3
Курская область	0	0	0	0	100	0
Краснодарский край	0	16,7	83,3	0	0	0
Воронежская область	0	0	0	0	100	0
Среднее значение	3,7	7,8	22,2	18,2	46,2	1,9
Стандартная ошибка среднего	3,7	5,2	14,7	16,4	18,6	1,9

области и Краснодарского края были характерны только среднеспорулирующие колонии. В популяциях из Ленинградской, Воронежской и Тамбовской областей отмечены, как средне-, так и высокоспорулирующие колонии.

полиморфизмом. Причем отмечена зависимость культурально-морфологических признаков изолятов от жизненной формы сорта-хозяина, а также от температуры и влажности в весенне-летний период [12].

В работе Моховой Л.М. впервые в условиях Краснодарского края был отмечен редкий вид *Septoria trititicola* Lobik [10]. Мы в представленной работе впервые в России приводим сведения по выделению его в чистую культуру и изучению морфолого-культуральных свойств.

Кроме того, аналогичные исследования проводят учёные из Казахстана [15], Беларуси [16] и др.

Таким образом, результаты ежегодного мониторинга внутривидовой структуры популяций возбудителей септориозных пятнистостей, формирующихся в посевах различных сортов зерновых культур, позволяют обосновать качественный состав биоматериала, обеспечивающего объективную оценку устойчивости растений-хозяев. Изучение морфолого-культуральных свойств септориозов зерновых культур приобретает особую актуальность в связи с современной тенденцией изменения климата и сортосмешанной растений-хозяев.

На яровой овсе из Тамбовской области отмечен вид *Parastagonospora avenae* f. sp. avenaria. Эта форма вида *P. avenae*

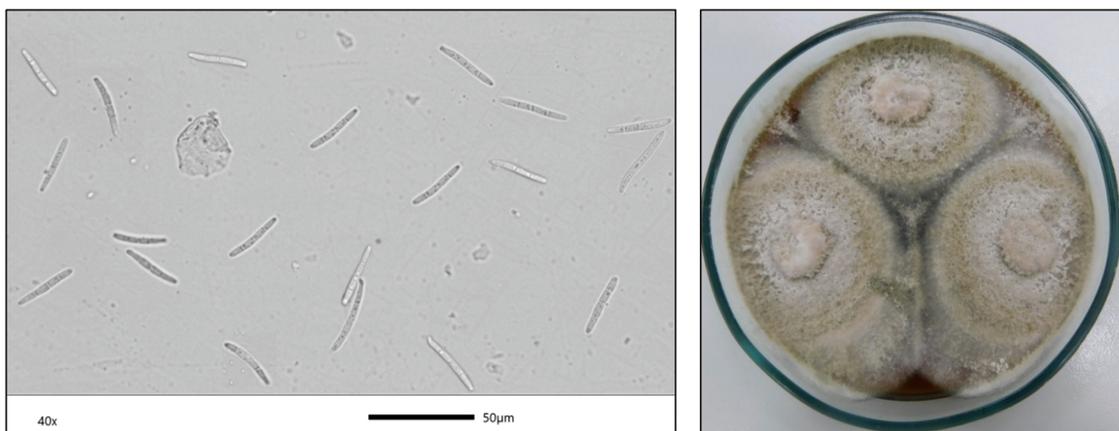


Рис. 3. Чистая культура и микропрепарат спор гриба *Parastagonospora avenae* f. sp. avenaria.

Среди опубликованных зарубежными и отечественными специалистами работ по септориевым грибам, паразитирующим на злаках, к сожалению, изучению физиолого-биохимических и культуральных свойств, особенно на средах строго определённого состава, посвящено мало работ. Так, на основании проведённого анализа внутривидовой структуры гриба *Z. tritici* на территории Центрально-Черноземного региона было установлено, что этот вид обладает значительным

обладает строгой специализацией к виду-хозяину. Поражает только овёс. В отечественной литературе отсутствуют современные сведения по описанию морфолого-культуральных свойств этого фитопатогена. Мы получили моноконидиальные изоляты на картофельно-глюкозном агаре. Колонии были однородными серого цвета, формировали много пикнид и обладали высокой споруляцией (>10 млн спор/см²) (рис. 3).

На яровой тритикале и яровой мягкой пшенице из Краснодарского края идентифицирован вид *S. trititicola*



Рис. 4. Чистая культура и микропрепарат спор гриба *Septoria trititicola* Lobik.

Lobik (рис. 4), который относится к редким. В Российской Федерации он отмечен только в Краснодарском крае. Мы впервые в России выделили в чистую культуру моноконидиальные изоляты гриба *S. trititicola*. Колонии характеризовались зональным типом: в центре – белые, серые, гранулированные, по краям – серые, с плотным войлочным мицелием; пикнид много, споруляция высокая (>10 млн спор/см²).

Таким образом, проведённые исследования позволили охарактеризовать морфолого-культуральные свойства моноконидиальных изолятов грибов разных видов, вызывающих септориозные пятнистости зерновых в регионах Европейской части Российской Федерации.

Моноконидиальные изоляты *Z. tritici* были получены с зерновых из Ленинградской, Ростовской, Саратовской, Тамбовской, Липецкой, Воронежской, Курской областей, Республики Дагестан и Калмыкии, Краснодарского края. Среди изученных популяций преобладали быстрорастущие высокоспорующие дрожжеподобные колонии, реже со смешанным фенотипом.

Моноконидиальные изоляты *P. nodorum* выделены на КГА с зерновых из Ленинградской, Саратовской, Тамбовской областей, Республики Адыгея, Краснодарского края. Изоляты *P. avenae* f. sp. *triticea* выделены в чистую культуру с зерновых из Ленинградской, Саратовской, Тамбовской, Курской, Воронежской областей и Краснодарского края. Колонии рода *Parastagonospora* имели хорошо развитый порошок, шерстистый или бархатистый мицелий. Размер колоний достигал 80...90 мм в диаметре. Отмечали среднюю и высокую спорующую активность колоний.

В результате проведенных исследований описаны морфолого-культуральные свойства на КГА редких видов *P. avenae* f. sp. *avenaria*, полученного с ярового овса из Тамбовской области, и *S. trititicola* Lobik с яровой тритикале и яровой мягкой пшенице из Краснодарского края. Колонии гриба *P. avenae* f. sp. *avenaria* были однородными серого цвета, формировали много пикнид и обладали высокой спорующей (>10 млн спор/см²). Колонии *S. trititicola* Lobik характеризовались зональным типом: в центре – белые, серые, гранулированные, по краям – серые, с плотным войлочным мицелием; пикнид много, споруляция высокая (>10 млн спор/см²).

Литература

1. *ToxA-Tsn1 interaction for spot blotch susceptibility in Indian wheat: an example of inverse gene-for-gene relationship* / S. Navathe, P.S. Yadav, R. Chand, et al. // *Plant Dis*. 2020. Vol. 104. No. 1. P. 71-81. doi: 10.1094/PDIS-05-19-1066-RE
2. *The main principles of formation of a collection of strains of the causative agents of septorioses of cereal crops* / E.V. Pakholkova, T.M. Kolomiets, N.N. Salnikova, et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 012001. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/663/1/012001> (дата обращения: 12.07.2022). doi: 10.1088/1755-1315/663/1/012001
3. Бакулина А.В., Харина А.В., Широких А.А. Септориоз листьев и колоса пшеницы: генетический контроль устойчивости хозяина (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 2. С. 26-35. doi: 10.25750/1995-4301-2020-2-026-035
4. Пахолкова Е.В., Сальникова Н.Н. Частота встречаемости потенциально опасных рас в региональных популяциях *Zymoseptoria tritici* на посевах пшеницы // *Аграрная наука*. 2019. № S1. С. 99-103. doi: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-99-103
5. Пахолкова Е.В., Сальникова Н.Н., Куркова Н.А. Генетическая структура региональных популяций *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) – возбудителя септориоза пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. № 5. С. 722-730. doi: 10.15389/agrobiol.2016.5.722rus
6. Фитосанитарное состояние зерновых культур на Северо-Западе России в 2018 г / Е. И. Гуляева, Е. Л. Шайдаюк, М. М. Левитин и др. // *Защита и карантин растений*. 2019. № 5. С. 30-31.
7. Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Скворцова Ю.Г. Потери зерна при уборке озимой пшеницы (обзор) // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 1(55). С. 28-32.
8. *Phylogenetic and population genetic analyses of Phaeosphaeria nodorum and its close relatives indicate cryptic species and an origin in the Fertile Crescent* / M.C. McDonald, M. Razavi, T.L. Friesen, et al. // *Fungal Genet. Biol.* 2012. Vol. 49 No. 11. P. 882-895. doi: 10.1016/j.fgb.2012.08.001
9. *Global diversity and distribution of three necrotrophic effectors in Phaeosphaeria nodorum and related species* / M.C. McDonald, R.P. Oliver, T.L. Friesen, et al. // *New Phytol.* 2013. Vol. 199 No. 1. P. 241-251. doi: 10.1111/nph.12257
10. Мохова Л.М. Селекционно-иммунологические аспекты устойчивости пшеницы и тритикале к возбудителю *Septoria tritici* Rob. et Desm. : дисс. ... к. с.- н. Краснодар. 2008. 185 с.
11. Кононенко О.С., Шишкин Н.В., Дерова Т.Г. Септориоз озимой пшеницы (*Zymoseptoria tritici*) (обзор литературы) // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 6 (78). С. 104-108. doi: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-104-108
12. Зеленева Ю.В., Афанасенко О.С., Судникова В.П. Влияние агроклиматических условий, жизненной формы и вида хозяина на видовой комплекс возбудителей септориоза пшеницы // *Поволжский экологический журнал*. 2020. №2. С. 177-190. doi: 10.35885/1684-7318-2020-2-177-190
13. Методы оценки устойчивости селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу: метод. указ. / Г.В. Пыжикова, А.А. Санина, Л.М. Супрун и др. М.: ВНИИ фитопатологии, 1989. 43 с.
14. Диагностика, учёт и защитные мероприятия против септориоза пшеницы (рекомендации) / Г.В. Пыжикова, С.С. Санин, А.А. Санина и др. // М.: ВО «Агропромиздат», 1988. 22 с.
15. Койшибаев М.К. Защита зерновых культур от болезней с воздушно-капельной инфекцией: практическое руководство. Алматы: Сингента, 2006. 27с.
16. Krupenko N.A., Odintsova I.N. Characterization of *Zymoseptoria tritici* populations in Belarus by morphologic and cultural features / *Plant Protection News*. 2021. Vol. 104. No. 4. P. 223-225. doi: 10.31993/2308-6459-2021-104-4-15053.

Поступила в редакцию 10.03.2022

После доработки 02.06.2022

Принята к публикации 27.07.2022