

УДК 632.4.01/.08

ПОИСК СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ГРУППОВОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ФУЗАРИОЗНО-ГЕЛЬМИНТОСПОРИОЗНЫМ КОРНЕВЫМ ГНИЛЯМ

© 2019 г. Е. Ю. Торопова^{1,2,*}, В. В. Пискарев³, В. Ю. Сухомлинов²¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия²Новосибирский государственный аграрный университет
630039 Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, Россия³Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН
630090 Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 10, Россия

*E-mail: 89139148962@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.06.2019 г.

После доработки 20.06.2019 г.

Принята к публикации 08.08.2019 г.

Выведение устойчивых к почвенным фитопатогенам сортов яровой пшеницы — сложная и актуальная задача селекции. Цель работы заключалась в оценке сортов яровой пшеницы на пораженность корневыми гнилями и их влияния на почвенную популяцию одного из возбудителей. В северной лесостепи Новосибирского Приобья в условиях естественного инфекционного фона на селекционном участке Института цитологии и генетики решали следующие задачи: а — анализ развития корневых гнилей на подземных органах 12 сортов пшеницы, б — уточнение сортовой этиологии болезни, в — определение численности конидий *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. в ризосферной почве растения-хозяина. Среди исследованных сортов пшеницы не выявлено форм, иммунных или высокоустойчивых к фузариозно-гельминтоспориозным корневым гнилям. Все сорта поражались выше биологического порога вредоносности, однако различия в развитии болезни достигали 1.7 раза. Установлено доминирование грибов рода *Fusarium* в патоккомплексе корневых гнилей большинства сортов. Сорт Сибирская 17 показал комплексную пониженную поражаемость фузариозно-гельминтоспориозными гнилями, он имел незараженные фитопатогенами корни и умеренно инфицированные основания стеблей. Выявлено дифференцированное проявление устойчивости к гельминтоспориозной и фузариозной гнилям: к фузариозной гнили относительную устойчивость проявил сорт Мани, к гельминтоспориозной — сорт Remus. Сорта влияли на численность конидий *B. sorokiniana* в ризосферной почве. Наиболее интенсивное размножение фитопатогена выявлено в почве под сортом Новосибирская 15, где численность конидий достигала 34 ЭПВ. Значительно (в 3.6 раза) менее активное размножение фитопатогена отмечено на сортах Руслана и Мани. Сорта влияли на жизнеспособность конидий *B. sorokiniana*: коэффициент корреляции между общей численностью конидий в ризосферной почве сортов и долей деградированных конидий составил $r = -0.864 \pm 0.169$ ($P < 0.01$).

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт, устойчивость, корневая гниль, конидия, этиология.

DOI: 10.1134/S0002188119110139

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства одной из наиболее распространенных и вредоносных групп болезней являются корневые гнили, ежегодно снижающие урожайность зерновых культур на 25% и более [1–4]. Под действием фитопатогенов происходит изреживание посева, угнетение роста и нарушение динамики органогенеза растений, ухудшается формирование всех системообразующих элементов структуры урожая, значительно снижает-

ся качество продукции, возможно ее загрязнение микотоксинами [5–9].

Этиология корневых гнилей в Сибири была установлена в 70–80 гг. XX века. Она представляла собой комплекс паразитических микромицетов, при доминировании наиболее патогенных видов — *Helminthosporium sativum* (syn. *Bipolaris sorokiniana*) и видов рода *Fusarium* (*Fusarium avenaceum*, *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *F. sambucinum* и др.) [10]. В течение длительного времени отмечали абсолютное доминирование *B. sorokiniana* над

остальными компонентами патоконплекса яровых пшеницы и ячменя в большинстве регионов Сибири и в Зауралье [2, 3].

Отмечены [7, 11–15] постепенные изменения структуры и численности популяций фитопатогенов и смена доминант. Преобладающими паразитными видами в агроценозах зерновых и зернобобовых культур стали фузариевые фитопатогены. Причины популяционных сдвигов в патоконплексах корневых гнилей разнообразны. Их связывают с изменением технологий возделывания сельскохозяйственных культур, выведением новых высоко продуктивных, но неустойчивых сортов, климатическими и погодными вариациями [16, 17].

В условиях высокой насыщенности севооборотов восприимчивыми культурами и пониженной супрессивности почв агроценозов численность возбудителей корневых инфекций на подавляющей доле посевных площадей Сибири значительно превышает пороговые показатели [18]. Заселенность почвы агроэкосистем в несколько раз больше, чем целинных и залежных участков с дикими злаками [19]. Поэтому срочно необходимо оздоровление почв путем повышения биологического разнообразия севооборотов, в особенности — активными фитосанитарными предшественниками. Для индуцирования супрессивности почвы необходимо также пополнение ее органической составляющей — растительными остатками и органическими удобрениями [20, 21]. Важной задачей является также повышение устойчивости и выносливости растений (генетической, физиологической) к фитопатогенам, особенно в критические периоды формирования элементов структуры урожая [21].

При оценке устойчивости селекционного материала к корневой гнили, помимо интенсивности симптомов болезни на всех инфицированных подземных органах целесообразно определять сортовую этиологию корневых инфекций, а также фитосанитарное состояние почвы в ризосфере оцениваемых растений за вегетационный период [16]. Это связано с тем, что поражаемые фитопатогенами органы не всегда являются местом их наиболее активного размножения, которое определяет фитосанитарное состояние почвы под последующими восприимчивыми культурами [10].

Цель работы (с учетом вышеизложенного) — оценка сортов яровой пшеницы на пораженность корневыми гнилями и влияния растения-хозяина на почвенную популяцию возбудителей.

Задачи исследования: 1 — проанализировать развитие корневых гнилей на подземных органах районированных и перспективных сортов яровой

пшеницы, 2 — оценить сортовую этиологию болезни, 3 — определить численность конидий *B. sorokiniana* под сортами в ризосферной почве агроценоза.

МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на селекционном участке ФИЦ “Институт цитологии и генетики СО РАН” в северной лесостепи Новосибирского Приобья на коллекции сортов ВИР (исключая сорта Новосибирская 15, Обская 2, Сибирская 17, Зауралочка), изучаемой в рамках выполнения бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № 0324-2019-0039. Площадь под каждым сортом составляла 2 м² в двукратной повторности. Предшественником был пар. Почва — выщелоченный чернозем. Оценку пораженности сортов корневыми гнилями на естественном инфекционном фоне проводили дифференцированно по органам (первичные корни, вторичные корни, эпикотиль, основание стебля), микологический анализ органов проводили на агаре Чапека (ЧА), заселенность ризосферной почвы конидиями *B. sorokiniana* определяли методом флотации в конце вегетации [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки пораженности растений яровой пшеницы возбудителями корневых гнилей представлены в табл. 1.

Показано, что в конце вегетации подземные органы всех сортов были поражены корневыми гнилями выше биологического порога вредоносности (ПВ = 15%) в среднем в 2.3 раза. Наиболее сильная пораженность на уровне 2.9 и 2.7 ПВ была выявлена на сортообразце К65839 и сорте Новосибирская 15 соответственно. Самое низкое развитие корневых гнилей на уровне 1.7 ПВ было отмечено для сорта Сибирская 17, близкий показатель продемонстрировал сорт Ману (2.0 ПВ). Таким образом, исследования не позволили выявить сорта с высокой устойчивостью, развитие болезни на которых не достигло ПВ к концу вегетации. Все исследованные сорта требовали принятия дополнительных защитных мер для снижения пораженности корневыми гнилями. Для принятия обоснованных решений по защите сорта от корневых инфекций необходимо уточнение этиологии болезни, поскольку системы защитных мероприятий должны дифференцироваться в зависимости от видов фитопатогенов.

Исследованные сорта показали существенные отличия по этиологии корневых гнилей, а также

Таблица 1. Развитие и этиология корневой гнили в зависимости от сортовых особенностей яровой пшеницы, %

№ п/п	Сорт	Индекс развития болезни, %	Корневая система		Основание стебля	
			<i>Fusarium</i> spp.	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
1	Новосибирская 15	40.6	77	10	30	25
2	Зауралочка	33.1	67	15	45	25
3	Quagna	32.0	40	0	50	55
4	Руслада	35.6	45	25	60	35
5	ЛТЗ	37.2	35	5	60	20
6	Обская 2	34.4	10	35	47	63
7	Сибирская 17	25.5	0	0	7	20
8	Remus	36.7	5	75	27	73
9	Тобольская	34.7	55	35	45	20
10	K65839	43.1	35	5	65	15
11	Manu	29.4	25	0	50	0
12	Тулайковская Надежда	33.6	45	15	50	60
Среднее для сорта		34.7	35.6	18.3	50.9	34.3
HCP ₀₅		3.2	4.7	2.6	6.1	4.5

по органотропной специализации возбудителей болезни. Например, в среднем все сорта были заражены грибами рода *Fusarium* в большей степени, чем микромицетом *B. sorokiniana*, причем на корнях разница составила почти 2 раза, а на основаниях стеблей — 1.5 раза. Сказанное согласуется с ранее проведенными исследованиями об относительной приуроченности грибов рода *Fusarium* к корневой системе, а *B. sorokiniana* — к соломыстым околопочвенным органам [14]. Исключение составил сорт Remus, корневая система которого была заражена преимущественно (в 15 раз сильнее чем фузариями) грибом *B. sorokiniana*, а основание стебля заражалось этим фитопатогеном в 2.7 раза сильнее. Наиболее высокая зараженность корневой системы фузариевыми грибами была отмечена для сортов Новосибирская 15 и Зауралочка, оснований стеблей — K65839, а также ЛТЗ и Зауралочка. Меньше всего были заражены фузариями корни сортов Сибирская 17, Remus и Обская 2. В отношении *B. sorokiniana* наиболее устойчивыми были корни сортов Quagna, ЛТЗ, Сибирская 17 и Manu.

Что касается оснований стеблей, то по устойчивости следует выделить только сорт Manu, зараженность остальных сортов менялась от умеренной (K65839, Тобольская, ЛТЗ, Сибирская 17) до очень значительной (Remus). В целом следует выделить сорт Сибирская 17, показавший пониженную поражаемость фузариозно-гельминто-

спориозными гнилями, имевший незараженные фитопатогенами корни и умеренно инфицированные основания стеблей. Сорт Manu имел пониженную пораженность корневыми гнилями за счет устойчивости к *B. sorokiniana*, тогда как зараженность грибами рода *Fusarium* была на среднем уровне для исследованных сортов. Сорт Remus заражался преимущественно *B. sorokiniana*, показывая относительную устойчивость, особенно корневой системы, к грибам рода *Fusarium*.

Для стабилизации фитосанитарного состояния агроценозов важно оценивать возделываемые сорта по интенсивности размножения на них фитопатогенов, а также по способности сорто-специфической ризосферной микрофлоры и/или экссудатов подавлять покоящиеся структуры микромицетов. Данные по заселенности ризосферной почвы под испытанными сортами пшеницы конидиями *B. sorokiniana* представлены в табл. 2.

Данные свидетельствуют, что заселенность почвы конидиями возбудителя гельминтоспориозной корневой гнили к концу вегетационного периода превышала зональный экономический порог вредоносности (ЭПВ) для выщелоченного чернозема (20–30 шт./г почвы) в 10–34 раза. Исходная, перед началом вегетации, заселенность почвы составляла 180–200 конидий/г почвы, т.е. также была значительной. Сорта имели существенные различия и по коэффициенту размно-

Таблица 2. Заселенность почвы конидиями *Bipolaris sorokiniana* под сортами яровой пшеницы

№ п/п	Сорт	Число конидий, шт./г воздушно-сухой почвы	Доля деградированных конидий, %	Коэффициент размножения
1	Новосибирская 15	850	21.8	4.3
2	Зауралочка	495	28.9	2.5
3	Quarna	370	35.8	1.9
4	Руслада	245	51.5	1.2
5	ЛТЗ	270	45.9	1.4
6	Обская 2	470	32.1	2.4
7	Сибирская 17	365	48.6	1.8
8	Remus	370	43.8	1.9
9	Тобольская	320	46.1	1.6
10	K65839	345	47.9	1.7
11	Manu	265	46.8	1.3
12	Тулайковская Надежда	295	55.6	1.5

жения *B. sorokiniana*. Самым значительным коэффициентом характеризовался сорт Новосибирская 15. Он обеспечил благоприятные условия для размножения *B. sorokiniana* на прикорневых листьях растения-хозяина. Значительно, в 3.6 раза, менее активное размножение фитопатогена было характерно для сортов Руслада и Manu.

Следует отметить, что достоверная связь пораженности подземных органов сортов с активностью размножения возбудителя на прикорневых листьях не установлена. Коэффициент корреляции между развитием корневой гнили и коэффициентом размножения был низким и статистически не достоверным. Интересно, что сорта с высокими коэффициентами размножения *B. sorokiniana* имели более низкую долю деградированных конидий в своей ризосфере. Коэффициент корреляции между общей численностью конидий и долей деградированных составил $r = -0.864 \pm 0.169$ ($P < 0.01$), что свидетельствовало о тесной связи этих показателей и существенном влиянии (коэффициент детерминации = 74%) сортовых особенностей на размножение и выживание фитопатогена. То есть сорта с высоким коэффициентом размножения *B. sorokiniana* будут оставлять после себя в почве значительный запас жизнеспособных структур фитопатогена, осложняя фитосанитарную ситуацию в последующие годы, поскольку длительность выживания конидий микромицета составляет 5 и более лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование не позволило выявить среди опытных сортов форм, иммунных и высоко-

устойчивых к фузариозно-гельминтоспориозным корневым гнилям. Все сорта поражались выше биологического порога вредоносности, однако различия в развитии болезни достигали 1.7 раза. Выявлено доминирование грибов рода *Fusarium* в патоккомплексе корневых гнилей на большинстве сортов. В результате исследования отмечен сорт Сибирская 17. Он показал комплексную пониженную поражаемость фузариозно-гельминтоспориозными гнилями, имел незараженную фитопатогенами корневую систему и умеренно инфицированные основания стеблей. Установлено дифференцированное проявление устойчивости к гельминтоспориозной и фузариозной гнилям: к фузариозной гнили относительную устойчивость показал сорт Manu, к гельминтоспориозной — Remus.

Сорта по-разному воздействовали на численность конидий *B. sorokiniana* в ризосферной почве, коэффициент размножения микромицета за вегетацию изменялся от 1.2 до 4.3. Наиболее интенсивное размножение фитопатогена выявлено на сорте Новосибирская 15, численность конидий под которым достигла 34 ЭПВ; менее значительное, в 3.6 раза, размножение фитопатогена отмечено на сортах Руслада и Manu. Особенности сорта определяли не только численность, но и жизнеспособность конидий *B. sorokiniana*: отрицательный коэффициент корреляции между общей численностью и долей деградированных конидий составил $r = -0.864 \pm 0.169$ ($P < 0.01$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долженко В.И., Власенко Н.Г., Власенко А.Н. Зональные системы защиты яровой пшеницы от сор-

- няков, болезней и вредителей. Новосибирск, 2014. 124 с.
2. *Toropova E.Yu., Kirichenko A.A., Stetsov G.Ya., Sukhomlinov V.Y.* Soil infections of grain crops with the use of the resource-saving technologies in Western Siberia // *Biosci. Biotechnol. Res. Asia*. 2015. V. 2. P. 1081–1093.
 3. *Порсев И.Н., Торопова Е.Ю., Исаенко В.А., Малинников А.А., Субботин И.А.* Корневые гнили яровой пшеницы в Зауралье и меры борьбы с ними // *АПК России*. 2017. Т. 24. № 1. С. 212–219.
 4. *Кекало А.Ю., Немченко В.В.* Технологии защиты яровой пшеницы от фитопатогенов // *Аграрн. вестн. Урала*. 2017. № 4 (158). С. 26–30.
 5. *Левитин М.М.* Фузариоз колоса зерновых культур // *Защита и карантин растений*. 2002. № 1. С. 16.
 6. *Bacon C.W., Yates I.E.* Endophytic root colonization by *Fusarium* species: History, plant interactions, and toxicity // *Microb. Root Endophyt. Soil Biol.* 2006. V. 9. P. 133–152.
 7. *Bernhoft P., Clasen E., Kristoffersen A.* Less *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals // *Food Addit. Contamin.* P. A. 2010. V. 27. № 6. P. 842–852.
 8. *Bailey K.L., Lazarovits G.* Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments // *Soil Till. Res.* 2003. V. 72. № 2. P. 169–180.
 9. *Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Мустафина М.А., Селюк М.П.* Грибы рода *Fusarium* на зерне пшеницы в Западной Сибири // *Защита и карантин растений*. 2019. № 1. С. 21–23.
 10. *Чулкина В.А.* Биологические основы эпифитотологии. М.: Агропромиздат, 1991. 287 с.
 11. *Schroeder K.L., Paulitz T.C.* Root diseases of wheat and barley during the transition from conventional tillage to direct seeding // *Plant Disease*. 2006. № 9. P. 1247–1253.
 12. *Johal G.S., Huber D.M.* Glyphosate effects on diseases of plants // *Europ. J. Agron.* 2009. V. 31. № 3. P. 144–152.
 13. *Левитин М.М.* Распространение болезней растений в условиях глобального изменения климата // *Сел.-хоз. науки и агропром. комплекс на рубеже веков*. 2016. № 13. С. 97–101.
 14. *Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Казакова О.А.* Факторы доминирования грибов рода *Fusarium* в паток-комплексе корневых гнилей зерновых культур // *Агрохимия*. 2018. № 5. С. 73–82.
 15. *Toropova E.Yu., Glinushkin A.P., Selyuk M.P., Kazakova O.A., Ovsyankina A.V.* Development of soil-borne infections in spring wheat and barley as influenced by hydrothermal stress in the forest-steppe conditions of Western Siberia and the Urals // *Rus. Agricult. Sci.* 2018. № 44(3). P. 241–244.
 16. *Торопова Е.Ю., Соколов М.С.* Роль сорта в контроле обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы // *Агрохимия*. 2018. № 11. С. 48–59.
 17. *Савченко Н.Е., Асеева Т.А.* Влияние окружающей среды на урожайность и поражаемость заболеваниями яровой пшеницы // *Достиж. науки и техн. АПК*. 2019. Т. 33. № 4. С. 60–63.
 18. *Торопова Е.Ю., Соколов М.С., Глинушкин А.П.* Индукция супрессивности почвы – важнейший фактор лимитирования вредоносности корневых инфекций // *Агрохимия*. 2016. № 8. С. 46–55.
 19. *Инсбаева М.К., Торопова Е.Ю.* Заселенность почвы конидиями *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. в условиях Павлодарской области Казахстана // *Экологический подход к решению проблем интегрированной защиты растений*. Сб. тр. Международ. конф. Сибирской науч. школы по защите растений, посвящ. 85-летию со дня рожд. В.А. Чулкиной. Новосибирск: Новосибирск, ГАУ, 2019. С. 19–22.
 20. *Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П., Торопова Е.Ю.* Органическое удобрение – эффективный фактор оздоровления почвы и индуктор ее супрессивности // *Достиж. науки и техн. АПК*. 2018. Т. 32. № 1. С. 4–12.
 21. *Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю.* Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве / Под ред. Соколова М.С. М.: Изд-во “Агрорус”, 2016. 288 с.
 22. *Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я.* Фитосанитарная диагностика агроэкосистем. Уч.-практ. пособ. Барнаул, 2017. 210 с.

Search for Spring Wheat Varieties with Group Resistance to *Fusarium-Helminthosporium* Root Rots

E. Yu. Toropova^{a,b,#}, V. V. Piskarev^c, and V. Yu. Sukhomlinov^b

^aRussian Federal Research Institute of Phytopathology
ul. Institut 5, Moscow region, Odintsovo district, r.p. Bolshie Vyazemy 143050, Russia

^bNovosibirsk State Agrarian University
ul. Dobrolubova 160, Novosibirsk 630039, Russia

^cThe Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
prosp. Akademika Koptjuga 10, Novosibirsk 630090, Russia

[#]E-mail: 89139148962@yandex.ru

Breeding of spring wheat varieties resistant to soil phytopathogens is a complex and urgent task of breeding. The research aim was to assess the spring wheat varieties on the root rot damage and the impact on the soil pathogens population. During the research the following tasks were performed: the root rot development analysis on underground organs of 12 spring wheat varieties, the varietal disease etiology was clarified, the

B. sorokiniana conidia number in the varieties rhizosphere soil was determined. The studies were conducted at the Institute of Cytology and Genetics breeding site the in the Ob-region Northern forest-steppe. Studies have not revealed the immune and highly resistant to *Fusarium-Helminthosporium* root rot forms among the studied varieties. All varieties were affected above the biological harmfulness threshold, but the differences in the disease development reached 1.7 times. The *Fusarium* fungi dominance in the root rot pathocomplex was revealed in most varieties. The variety Siberian 17 was identified, which showed a lower complex susceptibility to *Fusarium-Helminthosporium* root rot, it had uninfected by pathogens roots and moderately infected the stem bases. The resistance to common and *Fusarium* root rot differential expression was revealed: *Fusarium* root rot relative resistance variety Manu showed, and to *Helminthosporium* one — Remus. The number of *B. sorokiniana* conidia in the rhizosphere soil was determined by varieties. The most intensive phytopathogen propagation was identified under the variety Novosibirskaya 15, the conidia number had reached 34 harmfulness thresholds there. Significantly, to 3.6 times less phytopathogen propagation was marked on the Ruslada and Manu varieties. The varieties influenced the *B. sorokiniana* conidia viability: the correlation coefficient between the conidia total number in the varieties rhizosphere soil and the degraded ones proportion was $r = -0.864 \pm 0.169$ ($P < 0.01$).

Key words: spring wheat, variety, resistance, root rot, conidia, etiology.