

УДК 633«321»:632.952
Код ВАК: 06.01.07

DOI: 10.52463/22274227_2021_39_21

Е.Ю. Торопова^{1,2}, А.А. Кириченко¹, В.Ю. Сухомлинов¹, И.Н. Порсев³

РОЛЬ СОРТОВ И ПРОТРАВИТЕЛЕЙ В КОНТРОЛЕ ОБЫКНОВЕННОЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

¹ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ», НОВОСИБИРСК, РОССИЯ

²ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИТОПАТОЛОГИИ»,
БОЛЬШИЕ ВЯЗЕМЫ, РОССИЯ

³ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КУРГАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ИМЕНИ Т.С. МАЛЬЦЕВА», КУРГАН, РОССИЯ

E.Yu. Toropova^{1,2}, A.A. Kirichenko¹, B.Yu. Sukhomlinov¹, I.N. Porsev³

ROLE OF VARIETIES AND SEED TREATMENTS IN THE CONTROL OF SPRING WHEAT COMMON ROOT ROT

¹FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION «NOVOSIBIRSK
STATE AGRARIAN UNIVERSITY», NOVOSIBIRSK, RUSSIA

²FEDERAL STATE BUDGETARY SCIENTIFIC ESTABLISHMENT THE ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC RESEARCH
INSTITUTE OF A PHYTOPATHOLOGY, BOLSHIYE VYAZEMY, RUSSIA

³FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION «KURGAN STATE
AGRICULTURAL ACADEMY NAMED AFTER T.S. MALTSEV», KURGAN, RUSSIA

Елена Юрьевна Торопова

Elena Yurevna Toropova

доктор биологических наук, профессор

ORCID 0000-0568-0051-7400

AuthorID 453334

89139148962@yandex.ru

Альбина Александровна Кириченко

Albina Aleksandrovna Kirichenko

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ORCID 0000-0003-0945-4917

AuthorID 653429

alya-alex@inbox.ru

Валерий Юрьевич Сухомлинов

Valeriy Yurevich Sukhomlinov

AuthorID 1053173

icelizard@inbox.ru

Игорь Николаевич Порсев

Igor Nikolaevich Porsev

доктор сельскохозяйственных наук, доцент

AuthorID 413592

porsev_in66@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в выявлении воздействия сортов яровой пшеницы на интенсивность размножения *B. sorokiniana*, численность и состояния популяции конидий фитопатогена в почве, а также в оценке эффективности протравителей в контроле обыкновенной корневой гнили. **Методика.** Исследования проводили в 2019-2020 гг. в лесостепных зонах Западной Сибири и Зауралья по общепринятым и авторским методикам. **Результаты.** Сорты яровой пшеницы поражались корневыми гнилями выше биологического порога вредоносности: в 2019 г. – до 7 раз, в 2020 г. – до 3 раз. Этиология корневых гнилей изменялась в течение вегетации: в увлажненных погодных условиях при доминировании грибов рода *Fusarium*, *Bipolaris sorokiniana* смог к фазе зрелости сократить реализованные экологические ниши фузариевых грибов до 10 раз в 2019 г. и до 3,5 раз в 2020 г. по сравнению с фазой всходов. В острозасушливых полевых условиях основными возбудителями корневых гнилей были грибы рода *Fusarium*. Заселенность ризосферной почвы сортов конидиями *B. Sorokiniana* к концу вегетационного периода увеличилась по сравнению с началом вегетации до 55 раз. Коэффициент корреляции между интенсивностью размножения *B. sorokiniana* на прикорневых листьях и численностью конидий в почве составил $R =$

$0,890 \pm 0,127$ ($p < 0,01$). Связь между долей деградированных конидий и супрессивностью ризосферной почвы была положительной и достоверной $R = 0,671 \pm 0,317$ ($p < 0,01$). Самую высокую биологическую эффективность в среднем по органам по показателю развития болезни показал протравитель Дивиденд Суприм (46,4%), на втором месте был Кинг Комби (45,1%), на третьем – Поларис (42,7%). Эти же препараты обеспечили снижение распространенности корневых гнилей на 18,9-21,2%. **Научная новизна.** Впервые сорта яровой пшеницы были разделены на группы по способности к стабилизации фитосанитарного состояния почвы: «альтруисты», ограничивающие развитие очагов *B. sorokiniana* в почве (Сибирская 17, Зауралочка, Тобольская и Quarna), «эгоисты», значительно ухудшающие фитосанитарное состояние почвы под последующие культуры (Remus, JinChun 2 и K-65834), «нейтральные», занимавшие промежуточное положение.

Ключевые слова: яровая пшеница, корневая гниль, сорт, протравитель, *Bipolarissorokiniana*, численность конидий, эффективность.

Abstract. The aim of the study was to identify the effect of spring wheat varieties on *Bipolarissorokiniana* reproduction rate, the number

and state of the plant pathogen conidia population in the soil, as well as to assess the effectiveness of the treatments in the common root rot control. **Methodology.** The studies were carried out in 2019-2020 in the forest-steppe zones of West Siberia and the Trans-Ural regions according to generally accepted and author's methods. **Results.** Spring wheat varieties were affected by root rot above the biological threshold of harmfulness: in 2019 - up to 7 times, in 2020 - up to 3 times. The root rot etiology changed during the growing season: in humid weather conditions, with the dominance of *Fusarium* fungi, *B. sorokiniana*, by the maturity phase, was able to reduce the *Fusarium* fungi realized ecological niches up to 10 times in 2019 and up to 3.5 times in 2020 compared to the germination phase. In severely arid conditions the main pathogens were *Fusarium* fungi. By the end of the growing season, the *B. sorokiniana* conidia population in the varieties rhizosphere soil increased by up to 55 times in comparison with the beginning of the growing season. The correlation coefficient between the *B. sorokiniana* reproduction

intensity on basal leaves and the conidia number in the soil was $R = 0.890 \pm 0.127$ ($p < 0.01$). The relationship between the proportion of degraded conidia and the rhizosphere soil suppressiveness was positive and significant $R = 0.671 \pm 0.317$ ($p < 0.01$). The highest biological efficiency in terms of disease incidence was shown by the treatment Dividend Supreme (46.4%), King Combi was in second place (45.1%), in third - Polaris (42.7%). The same treatments ensured a decrease in the prevalence of root rot by 18.9-21.2%. **Scientific novelty.** For the first time, spring wheat varieties were divided into groups according to their ability to stabilize the phytosanitary state of the soil: "altruists", limiting the development of foci of *B. sorokiniana* in the soil (Sibirskaya 17, Zauralochka, Tobolskaya and Quarna) "egoists", significantly worsening the phytosanitary state of the soil for subsequent crops (Remus, Jin Chun 2 and K-65834), "neutral", occupying an intermediate position.

Keywords: spring wheat, root rot, variety, treatment, *Bipolaris sorokiniana*, conidia number, efficiency.

Введение. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (син. *Helminthosporium sativum* Pam., Kinget Bakke; *H. sorokiniana* Sacc.; *Drechslera sorokiniana* Subram) – широко распространенный во всем мире возбудитель гельминтоспориозной (обыкновенной) корневой гнили зерновых культур, К₇-стратег с преобладанием затрат адаптивных усилий на тактику «В» – выживания, способный формировать в почве долговременные стационарные очаги [1-4]. Взаимодействие фитопатогена с растениями-хозяевами проявляется в трёх видах симптомов – корневая гниль, чёрный зародыш зерна и тёмно-бурая пятнистость листьев, которые зависят от факторов передачи возбудителя: почвой и инфицированными растительными остатками, семенами и воздушно-капельным путём [5-7]. Исследования показали, что проявление симптомов эпифитотического процесса и агрессивность фитопатогена определяются генетически и зависят от сорта яровой пшеницы [8, 9]. Эволюционной особенностью микромицета является приуроченность его экологических тактик жизненного цикла к разным органам растения-хозяина. Наиболее восприимчивыми органами к заражению *B. sorokiniana* (Т-трофическая активность) являются эпикотиль и корневая система растения, а массовое размножение (тактика Р) возбудителя происходит в конце вегетации на влажных прикорневых листьях. Если всю популяцию конидий, сформировавшихся в посевах яровой пшеницы, принять за 100%, то более 80% её приходится на влажные и пластинку прикорневых листьев, а на остальные органы – только около 20% [1].

В почве – основной экологической нише второго порядка, служащей для выживания во времени [10], патоген подвержен атаке антагонистов бактериальной и грибной природы, продуцирующих микотоксины или антибиотики, которые нарушают у патогена биосинтез белка, хитина и деятельность клеточных мембран [11, 12].

В итоге в супрессивной почве конидии фитопатогена теряют нормальную клеточную структуру и жизнеспособность [13]. Для супрессии фитопатогена важна экссудатная активность корневой системы растения, поскольку его экзогенные метаболиты – индукторы и питательный субстрат супрессоров-антагонистов фитопатогенов, заселяющих ризосферу восприимчивого злака [14]. Сравнительно недавно выявлена различная жизнеспособность популяции *B. sorokiniana* в ризосфере сортов и влияние предшественников на супрессивность почвы по отношению к возбудителям корневых гнилей [7, 14].

Несмотря на теоретическую и практическую значимость исследований, связь между поражённостью растений-хозяев обыкновенной корневой гнилью и изменением в ходе вегетации заселенности почвы фитопатогеном изучена недостаточно. Не определена роль восприимчивости к болезни сортов растений-хозяев в реализации фундаментальной экологической ниши и в динамике очагов распространённого на всех континентах Земли фитопатогена *B. sorokiniana* [10].

В отсутствие устойчивых сортов распространённым приемом защиты проростков и всходов от инокулюма *B. sorokiniana* почвенного происхождения является протравливание семян фунгицидами [15, 16]. В засушливых условиях качество подготовки семян сказывается до конца вегетации, поэтому полевые испытания протравителей и подбор наиболее эффективных препаратов остается актуальной проблемой региональных технологий возделывания яровой пшеницы в зонах рискованного земледелия [1, 7, 17].

Цель исследования заключалась в выявлении воздействия сортов яровой пшеницы на интенсивность размножения *B. sorokiniana*, численность и состоянии популяции конидий фитопатогена в почве, а также в оценке эффективности протравителей в контроле корневой гнили.

В задачи исследований входило:

- изучение пораженности корневой гнилью и этиологии болезни на сортах яровой пшеницы разного происхождения в северной лесостепи Приобья;
- исследование роли сортов в формировании и поддержании очагов *B. sorokiniana* по интенсивности размножения фитопатогена на прикорневых листьях, численности и выживания конидий в почве;
- оценка эффективности протравителей в остро засушливых условиях Зауралья в защите растений от корневых гнилей.

Методика. Исследование пораженности сортов яровой пшеницы корневыми гнилями проводили в 2019-2020 гг. на опытном поле ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН (лаборатория генофонда растений), расположенном в северной лесостепи Приобья (Новосибирский район Новосибирской области). Были высеяны сорта из различных регионов Российской Федерации и стран Мира – Новосибирская область (Новосибирская 15, Обская 2, Сибирская 17), Алтайский край (Тобольская), Курганская область (Зауралочка), Кемеровская область (Руслада), Ленинградская область (ЛТ-3), Самарская область (Тулайковская надежда), Таджикистан (K-65834), Китай (LongFu 13, JinChun 2), Германия (Remus), Швейцария (Quarna), Финляндия (Manu), Канада (NIL Thatcher Lr13), в общей сложности 15 сортов. Площадь под каждым сортом 2 м² в трехкратной повторности. Предшественник – пар. Почва – выщелоченный чернозем. Для выявления воздействия сортов на численность и выживание популяции *B. sorokiniana* по доле жизнеспособных и деградированных конидий фитопатогена в почве был использован метод флотации [18]. Анализ интенсивности размножения *B. sorokiniana* на прикорневых листьях сортов был проведен методом смыва [20]. Супрессивность ризосферной почвы оценивали по ограничению роста колоний *B. sorokiniana* [18, 19, 20].

Погодные условия лет исследований в северной лесостепи Приобья были контрастными и отличались от нормы. Вегетация 2019 г. была прохладной и влажной, однако характеризовалась периодическими засушливыми периодами. Вторая декада июля и август были засушливыми, а в мае и июне выпало осадков в 2,2 и 1,3 раза выше нормы соответственно. Гидротермические условия вегетации 2020 г. были довольно экстремальными, значительно отличаясь от нормы. Май был очень теплым и влажным. Превы-

шение среднемноголетних температурных данных составило 4,4 градуса. Одновременно выпало 1,6 нормы осадков. В июне на фоне среднемноголетних температур выпало только 45% осадков от многолетней нормы. В июле выпало 1,35 нормы осадков, температура была близка к среднемноголетним значениям. Август, как и май, был теплым и влажным, среднемесячная температура превышала норму на 2,4 градуса, а осадков выпало 1,28 от среднемноголетней нормы. Такие погодные условия сказались на фитосанитарном состоянии яровой пшеницы, так как растения периодически испытывали гидротермические стрессы, способствующие поражению возбудителями корневых гнилей.

Исследование эффективности протравителей в контроле корневых гнилей яровой пшеницы проводили в 2020 г. на опытном участке Курганской ГСХА. Полевые опыты закладывали по методикам государственного сортоиспытания. Размер делянки 6 м², повторность 4-х кратная, размещение рендомизированное, предшественник – пар. Посев яровой пшеницы сорта Алабуга производили с нормой высева 5 млн. всхожих зёрен/га. Срок посева 25 мая. Посев рядовой, ручной сеялкой. Почва – чернозём выщелоченный среднемощный среднегумусный и среднеуглинистый.

Испытывали следующие фунгицидные протравители: Дивиденд Суприм, КС (тиаметоксам + дифеноконазол + мефеноксам) в норме 2,5 л/т; Кинг Комби, КС (ацетамиприд + флудиоксонил + ципроконазол) – 1,5 л/т; Протект Форте, ВСК (флудиоксонил + флутриафол) – 1,25 л/т; Поларис, МЭ (прохлораз + имазалил + тебуконазол) – 1,5 л/т; Иншур Перформ, КС (трифлуксазол + пираклостробин) – 0,6 л/т; Дивиденд экстрим (дифеноконазол + мефеноксам) – 0,5 л/т.

Вегетационный период 2020 г. в лесостепи Курганской области характеризовался как острозасушливый (ГТК=0,6). В мае на фоне повышенных на 3,6°C температур выпало 122% от нормы осадков. Июнь и июль были острозасушливыми, выпало только 12% и 23% от нормы осадков соответственно. Август и сентябрь были умеренно засушливыми, выпало 78% и 67% от нормы соответственно. Отклонение температур от многолетней нормы в летние месяцы не превышало 2,5 °C.

Учет корневых гнилей и микологический анализ органов растений яровой пшеницы проводили общепринятыми методами [18]. При статистической обработке данных методами дисперсионного и корреляционного анализов

использовали пакеты программ SNEDECOR [19] и STATISTICA 6.0 для Windows.

Результаты. 1. Роль сортов в пораженности яровой пшеницы корневыми гнилями.

Результаты учетов пораженности сортов яровой пшеницы корневыми гнилями в начале вегетации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Развитие корневой гнили сортов яровой пшеницы на фазе всходов по годам, %

№ п/п	Сорт	2019 г.	2020 г.	Среднее
1	Новосибирская 15	8,0±1,71	6,6±1,32	7,3 ±1,69
2	Сибирская 17	19,5±2,89	10,1±2,66	14,8 ±2,78
3	Обская 2	28,0±4,32	11,1±2,78	19,6 ±3,52
4	ЛТ 3	18,5±3,01	9,1±2,03	13,8 ±2,66
5	Тулайковская Надежда	24,0±4,60	14,0±3,21	19,0 ±4,16
6	Зауралочка	16,0±2,61	6,1±0,96	11,1 ±1,85
7	Тобольская	23,7±5,89	15,8±4,62	19,8 ±4,77
8	Руслада	8,5±1,95	7,5±1,95	8,0 ±1,95
9	Remus	25,5±3,96	6,6±1,21	16,1 ±2,66
10	NIL Thatcher Lr35	19,0±3,62	12,5±2,96	15,8 ±3,25
11	Jin Chun 2	19,0±3,90	7,2±1,93	13,1 ±3,08
12	Long Fu 13	12,5±2,56	9,2±1,97	10,9 ±2,23
13	Manu	7,2±1,06	12,4±3,02	9,8 ±2,01
14	Quarna	18,2±2,32	11,6±2,89	14,9 ±2,76
15	K-65835	35,1±4,52	14,8±3,59	25,0 ±4,26
Среднее		18,9	10,3	14,6

Данные таблицы свидетельствуют о том, что все сорта в годы исследований поражались корневыми гнилями выше биологического порога вредности (ПВ по всходам – 5%). В 2019 г. растения развивались на фоне значительной заселенности почвы возбудителем обыкновенной корневой гнили *B. sorokiniana* – 180-200 конидий/г почвы. Это привело к превышению ПВ до 7 раз (сорт K65835 из Таджикистана). Самыми устойчивыми в 2019 г. на фазе всходов были: Новосибирская 15 (1,6 ПВ), Руслада (1,7 ПВ) и Ману (1,4 ПВ). Хотя невосприимчивых к корневым гнилям сортов выявлено не было, разница между сортами в пораженности подземных органов всходов достигла почти 5 раз, что свидетельствует о перспективности селекции на устойчивость.

В 2020 г. инфекционный фон по возбудителю обыкновенной гнили перед началом вегетации был значительно ниже – 27,5 конидий, что примерно на уровне зонального порога вредности для выщелоченного чернозема. Кроме того, благоприятные погодные условия в начале вегетации способствовали быстрому развитию и физиологической устойчивости растений. Во

влажных и теплых условиях активно протекали и микробиологические процессы, что привело к снижению пораженности яровой пшеницы корневыми гнилями почти в два раза по сравнению с 2019 г. в среднем по сортам. Сорта, пораженных болезнью ниже ПВ, выявлено не было, но самыми устойчивыми были: Зауралочка (1,2 ПВ) Новосибирская 15 и Remus (1,3 ПВ), JinChun 2 (1,4 ПВ) и Руслада (1,5 ПВ). Самую высокую пораженность, как и в 2019 г., показал сорт K-65835 (3 ПВ), близок к нему был сорт Тулайковская Надежда (2,8 ПВ). Разница по сортам в пораженности подземных органов составила только 2,2 раза. По двум годам самую здоровую корневую систему на фазе всходов имели Новосибирская 15, Руслада и Ману, а самым пораженным оказался сорт K-65835.

В конце вегетации подземные органы всех исследованных сортов оказались поражены корневыми гнилями в значительной степени – до 3,5 ПВ в 2019 г. и 3,7 ПВ в 2020 г. (таблица 2).

Таблица 2 - Развитие корневой гнили сортов яровой пшеницы на фазе зрелости по годам, %

№ п/п	Сорт	2019 г.	2020 г.	Среднее
1	Новосибирская 15	42,7±5,12	46,4±5,63	44,6±5,21
2	Сибирская 17	33,3±7,03	50,1±6,39	41,7±4,96
3	Обская 2	39,0±4,34	46,4±5,21	42,7±4,52
4	ЛТ 3	41,7±4,57	43,1±5,32	42,4±4,56
5	Тулайковская Надежда	42,2±4,17	47,8±6,02	45,0±5,23
6	Зауралочка	34,2±3,92	47,3±5,96	40,8±4,19
7	Тобольская	37,4±4,29	38,4±4,33	37,9±4,02
8	Руслада	40,2±4,93	55,0±6,89	47,6±5,92
9	Remus	37,6±3,89	52,8±6,72	45,2±5,80
10	NIL Thatcher Lr35	45,8±5,91	55,8±7,21	50,8±6,01
11	Jin Chun 2	45,2±5,89	50,5±5,22	47,9±5,75
12	Long Fu 13	47,8±6,02	50,3±5,33	49,1±5,97
13	Manu	29,4±3,62	55,0±7,01	42,2±4,63
14	Quarna	40,4±4,87	53,6±6,24	47,0±5,62
15	K-65834	52,5±4,69	52,8±6,66	52,7±6,32
Среднее		40,6	49,7	45,2

Это было связано с гидротермическими стрессами в середине вегетации, повышающими восприимчивость растений яровой пшеницы к корневым гнилям. Одновременно растения подверглись сильному (до 90% в 2019 г. и до 100% в 2020 г.) повреждению внутрискелетными вредителями (*Oscinellapusilla*Mg., *Phorbiagenitalis*Schnalb., *Mayetioladestructor*Say.), усилившими патогенез корневых гнилей. Это привело к развитию корневых гнилей на уровне

сильной эпифитотии [2, 20]. Наиболее пораженными в конце вегетации 2019 г. были подземные органы сорта К-65834, который имел пораженные органы на фазе всходов и характеризовался высокой восприимчивостью к вредителям. Относительно устойчивым был сорт Ману, пораженный на уровне 2 ПВ. В 2020 г. ситуация с вредителями еще больше усугубилась, и самым пораженным в конце вегетации стал сорт NIL Thatcher Lr35, а относительно устойчивым – Тобольская, он был поражен на уровне 2,6 ПВ, несмотря на значительное (65%) повреждение злаковыми мухами. По двум годам самыми пораженными в конце вегетации были подземные органы сортов NIL Thatcher Lr35 (3,4 ПВ) и К-65834 (3,5 ПВ). Относительную устойчивость к корневым гнилям по итогам двух лет показал сорт Тобольская (2,5 ПВ).

Этиология корневых гнилей подземных органов сортов яровой пшеницы отражала фитосанитарное состояние почвы, изменения восприимчивости растений под влиянием биотических и абиотических стрессоров, конкурентные отношения между фитопатогенами и реакцию фитопатогенных микромицетов на условия среды [4, 5, 7] (таблица 3).

Таблица 3 - Этиология корневой гнили сортов яровой пшеницы по соотношению фитопатогенов *Fusarium spp.* и *B.sorokiniana* по фазам вегетации и годам

№ п/п	Сорт	2019 г.		2020 г.	
		кущение	зрелость	кущение	зрелость
1	Новосибирская 15	1:1	0,7:1	4:1	2:1
2	Сибирская 17	0,5:1	1:1	2:1	2:1
3	Обская 2	0,3:1	0,8:1	5:1	3:1
4	ЛТ 3	4:1	1:1	9:1	6:1
5	Тулайковская Надежда	7:1	0,7:1	4:1	11:1
6	Зауралочка	2:1	1,4:1	3:1	2:1
7	Тобольская	3:1	1:1	4:1	2:1
8	Руслада	6:1	1:1	5:1	2:1
9	Remus	1:1	2:1	2:1	2:1
10	NIL Thatcher Lr35	1:1	0,7:1	7:1	2:1
11	Jin Chun 2	5:1	0,6:1	3:1	2:1
12	Long Fu 13	1:1	0,6:1	2:1	2:1
13	Manu	1:1	0,5:1	1:1	2:1
14	Quarna	3:1	1:1	7:1	2:1
15	К-65834	9:1	1,3:1	7:1	5:1

Анализ таблицы позволяет заключить, что в 2019 г. на высоком по численности конидий *B.sorokiniana* в почве инфекционном фоне в течение вегетации возбудитель обыкновенной гнили

успешно конкурировал за реализацию экологической ниши с грибами рода *Fusarium* в подземных органах яровой пшеницы. К концу вегетации соотношение между грибами рода *Fusarium* *B. sorokiniana* сместилось в пользу последнего, *B. sorokiniana* смог вытеснить грибы рода *Fusarium* из подземных органов практически всех сортов, сократив их реализованные экологические ниши в несколько раз. Самое значительное сокращение экологических ниш у грибов рода *Fusarium* произошло на сортах Руслада (в 6 раз), К-65834 (в 6,9 раз), Тулайковская Надежда (в 10 раз). Это согласуется с ранее выявленной закономерностью возрастания доли *B. sorokiniana* в патогенных комплексах корневых гнилей подземных органов яровой пшеницы во влажные годы [20].

В 2020 г. на фоне слабой (на уровне ПВ) заселенности почвы конидиями *B. sorokiniana* грибы рода *Fusarium* доминировали на подземных органах всех сортов яровой пшеницы в течение всей вегетации. Сокращение их реализованных экологических ниш под действием *B. sorokiniana* достигло только 3,5 раз и было отмечено на сортах NIL Thatcher Lr35 и Quarna. На сорте Тулайковская Надежда, напротив, произошло смещение этиологии корневой гнили в пользу грибов рода *Fusarium*, а реализованная ниша *B.sorokiniana* сократилась за вегетацию в 2,8 раза. Эти данные свидетельствуют о необходимости учета инфекционного фона в почве и этиологии корневых гнилей в процессе практической селекции сортов яровой пшеницы на устойчивость к корневым инфекциям.

Для всесторонней оценки взаимодействия сортов с почвенными фитопатогенами очень важным аспектом является выяснение влияния растений на очаги микромицетов. Влияние растений может выражаться как в воздействии на размножение микромицетов, так и во влиянии на выживание их покоящихся структур в почве (таблица 4).

Исходная численность конидий в почве перед посевом составляла 27,5 экземпляров/г почвы, при деградации 45,5% популяции, то есть на уровне зонального биологического порога вредоносности (ПВ для выщелоченного чернозема =20-30 конидий/г почвы). Данные таблицы 2 свидетельствуют, что заселенность ризосферной почвы сортов конидиями *B. sorokiniana* к концу вегетационного периода превышала ПВ до 55 раз. Особенно высокий коэффициент размножения по соотношению исходной, перед вегетацией, и итоговой численности конидий был выявлен под сортами Remus (Германия) – 12,5, JinChun 2 (Китай) – 15,2 и К-65834 (Таджикистан) – 50,0. Под этими сортами выявлен невысокий

уровень деградации конидий, свидетельствующий о недостаточной супрессивности ризосферной почвы к *B. sorokiniana*.

Таблица 4 - Интенсивность размножения *Bipolaris sorokiniana* на прикорневых листьях и численность конидий в ризосферной почве сортов, 2020г.

Вариант	Число конидий в 1 г воздушно-сухого листа, тыс. экз.	Численность конидий в 1 г воздушно-сухой почвы, экз.	Супрессивность ризосферной почвы к <i>B. sorokiniana</i> , %	Доля конидий с признаками деградации, %
Контроль	-	27,5	61,7	45,5
Новосибирская 15	23,3	165,0	56,5	18,2
Сибирская 17	17,5	75,0	76,4	33,3
Обская 2	18,6	102,5	79,0*	46,8
ЛТ 3	38,3	107,5	51,1	11,6
Тулайковская Надежда	59,9	157,5	54,7	12,7
Зауралочка	17,1	77,5	76,4	55,8
Тобольская	10,3	70,0	56,6	23,3
Руслада	26,4	150,0	75,9	43,3
LongFu 13	25,3	140,0	40,3*	13,6
Remus	57,1	342,5	79,8*	52,1
NIL Thatcher Lr35	25,9	97,5	82,6*	43,5
JinChun 2	154,7	417,5	54,9	13,2
Manu	62,6	195,0	52,4	21,8
Quarna	20,9	72,5	54,9	17,2
K-65834	196,6	1375,0	23,4*	0
HCP ₀₅	11,23	50,31	16,31	-

* - отличие от контроля достоверно на 5% уровне значимости

Численность почвенной популяции фитопатогена отражала интенсивность его размножения на прикорневых листьях. Коэффициент корреляции между интенсивностью размножения *B. sorokiniana* и численностью конидий в почве был высоким и достоверным $R = 0,890 \pm 0,127$ ($p < 0,01$). Это подтверждает приуроченность тактики размножения микромицета к прикорневым листьям в конце вегетации яровой пшеницы [1].

Ризосфера растений влияла на выживаемость в почве вновь образовавшихся конидий через индукцию супрессивности. Связь между долей деградированных конидий и супрессивностью ризосферной почвы была положительной и достоверной $R = 0,671 \pm 0,317$ ($p < 0,01$). У большинства сортов супрессивность ризосферной почвы достоверно не отличалась от показателя контрольного, неризосферного образца. Однако

сорта LongFu 13 и K-65834 имели в конце вегетации достоверно кондуктивную ризосферу, где почва характеризовалась очень низкой супрессивностью, в 1,5 и 2,6 раза ниже контроля соответственно. Индукция супрессивности выявлена под сортами Обская 2 (на 17,3%), Remus (на 18,1%) и NIL Thatcher Lr35 (на 20,9%). Под этими сортами доля деградированных конидий приближалась к 50%.

Сравнительный анализ таблиц 1, 2 и 4 позволяет разделить исследованные сорта на 3 группы по способности к стабилизации фитосанитарного состояния почвы. Первую группу составляют сорта «альтруисты», которые, даже поражаясь корневыми гнилями выше ПВ, ограничивают развитие очагов *B. sorokiniana* в почве либо за счет подавления его размножения на прикорневых листьях, либо за счет деградации конидий в ризосфере индукцией супрессивности почвы. К сортам с низкой интенсивностью размножения фитопатогена на прикорневых листьях можно отнести Сибирскую 17, Зауралочку, Тобольскую и Quarna. Ризосфера этих сортов была умеренно (на 54,9-76,4%) супрессивной, уровень деградации конидий *B. sorokiniana* в почве составлял 17,2-55,8%. Названные сорта будут слабее других способствовать развитию почвенных очагов фитопатогена, стабилизируя его численность.

К сортам «эгоистам», существенно ухудшающим фитосанитарное состояние почвы под последующие культуры, следует отнести Remus, JinChun 2 и K-65834. Сорт Remus способствовал активному размножению *B. sorokiniana* на прикорневых листьях, но за счет активной индукции супрессивности ризосферной почвы, 52,1% конидий фитопатогена имели признаки деградации. Сорта JinChun 2 и K-65834 не только обеспечивали размножение возбудителя обыкновенной корневой гнили, но и способствовали его выживанию в почве, так как уровень деградации конидий в ризосфере этих сортов был низким.

Третью группу составили «нейтральные» сорта, которые, поражаясь корневыми гнилями выше порога вредоносности в течение всей вегетации, обеспечили значительное, на уровне 4-7 ПВ, заселение почвы конидиями *B. sorokiniana* с небольшой долей их деградации при средней супрессивности ризосферной почвы.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости системного подхода к оценке сортов в ходе их практической селекции на устойчивость к возбудителю обыкновенной корневой гнили. Следует оценивать не только пораженность под-

земных органов корневой гнилью в текущем сезоне, но учитывать этиологию болезни и способность сорта ограничивать размножение возбудителя болезни и его выживаемость в почве за счет индукции супрессивности ризосферной почвы.

2. Роль протравителей семян в контроле корневых гнилей яровой пшеницы.

Данные по оздоравливающему действию протравителей на подземные органы яровой пшеницы в засушливых условиях представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Влияние фунгицидов на развитие и распространенность корневой гнили на подземных органах яровой пшеницы сорта Алабуга, %

Вариант	Развитие корневой гнили					Распростра- ненность
	первичные корни	вторичные корни	основание стебля	среднее по органам	БЭ*	
Контроль	40,8	43,3	28,5	37,5	-	95,6
Протект форте, 1л/т	27,6	25,1	17,7	23,5	37,3	85,6
Поларис, 1,4 л/га	27,5	24,3	12,6	21,5	42,7	74,4
Дивиденд Экстрим, 0,6 л/т	37,5	23,3	25,8	28,9	22,9	93,3
Кинг Комби, 1,5 л/т	23,4	25,1	13,4	20,6	45,1	77,8
ИншурПерформ, 0,6 л/т	32,5	30,1	31,0	31,2	16,8	95,6
Дивиденд Суприм, 2,5 л/т	25,0	20,8	14,4	20,1	46,4	76,7
НСР ₀₅	2,81	2,14	2,54	2,78	х	х

* Биологическая эффективность

Данные таблицы показывают, что в остро засушливых условиях вегетации развитие и распространенность корневых гнилей были значительными, что объясняется инфекционным фоном почвы и неблагоприятными условиями, снижавшими устойчивость растений яровой пшеницы к корневым гнилям. На контроле развитие болезни превысило порог вредоносности (ПВ=15%) в 2-3 раза по органам, по распространенности (ПВ=40%) – в 2,4 раза. Основными возбудителями корневых гнилей были грибы рода *Fusarium*. *Bipolaris sorokiniana* был выделен только из первичных корней на уровне 25%, то есть его вклад в патогенез корневых гнилей был незначительным. Можно предположить, что благоприятные условия для заражения корней этим фитопатогеном сложились только на фазе всходов, он заразил первичные корни. Дальнейшие острозасушливые условия вегетации были неблагоприятны для паразитической активности *B. sorokiniana* и подземные органы сорта Алабуга, формировавшиеся позднее, инфицировались преимущественно грибами рода *Fusarium* Link, более адаптированными к засухе.

В общей сложности из подземных органов яровой пшеницы сорта Алабуга было выделено 6 видов грибов из рода *Fusarium*. Все выделенные виды являются паразитическими и характерны для многих регионов [7-9, 16]. На первичных корнях наибольшую представленность в патогенном комплексе имел *F.oxysporum*, на вторичных корнях *F.equiseti* и *F.solani*, на основаниях стеблей – *F.oxysporum* и *F.solani*. Если рассмотреть среднюю представленность фузариевых грибов в патогенных комплексах корневых гнилей по органам яровой пшеницы сорта Алабуга, то она была максимальной у *F.oxysporum*, на второй позиции – *F.solani*, на третьей – *F.equiseti*. Эти данные свидетельствуют об изменении этиологии корневых гнилей в зависимости от погодных условий вегетации, что сказалось на эффективности протравителей.

В таких условиях ни один из протравителей не обеспечил оздоровление растений до пороговых значений в среднем по органам, однако развитие болезни на вариантах с протравливанием было достоверно ниже контрольного. Следует отметить, что Поларис, Кинг Комби и Дивиденд Суприм оздоровили основания стеблей растений до уровня ниже ПВ. Самую высокую биологическую эффективность в среднем по органам по показателю развития болезни показал Дивиденд Суприм (46,4%), на втором месте был Кинг Комби (45,1%), на третьем – Поларис (42,7%). Эти же препараты обеспечили снижение распространенности корневых гнилей на 18,9-21,2%.

Таким образом, при оценке эффективности протравителей важно учитывать этиологию корневых гнилей и погодные условия вегетации, которые существенно влияют на итоговое оздоравливающее действие препаратов [7, 20].

Выводы. 1. Сорта яровой пшеницы поражаются корневыми гнилями выше биологического порога вредоносности: в 2019 году – до 7 раз, в 2020 году – до 3 раз. Самыми пораженными были подземные органы сорта К-65834, относительную устойчивость к корневым гнилям показал сорт Тобольская.

2. Этиология корневых гнилей изменялась в течение вегетации: в увлажненных погодных условиях при доминировании грибов рода *Fusarium B. sorokiniana* к фазе зрелости сократил экологические ниши фузариевых грибов до 10 раз в 2019 и до 3,5 раз в 2020 году по сравнению с фазой всходов. В острозасушливых полевых условиях этиология корневых гнилей изменилась: основными возбудителями были засухоустойчивые грибы рода *Fusarium*.

3. Заселенность ризосферной почвы сортов конидиями *B. sorokiniana* к концу вегетационного периода увеличилась по сравнению с началом вегетации до 55 раз. Коэффициент корреляции между интенсивностью размножения *B. sorokiniana* на прикорневых листьях и численностью конидий в почве составил $R = 0,890 \pm 0,127$ ($p < 0,01$).

4. Связь между долей деградированных конидий и супрессивностью ризосферной почвы была положительной и достоверной $R = 0,671 \pm 0,317$ ($p < 0,01$).

5. Сорты были разделены на группы по способности к стабилизации фитосанитарного состояния почвы: «альтруисты», ограничивающие развитие очагов *B. sorokiniana* в почве (Сибирская 17, Зауралочка, Тобольская и Quarna), «эгоисты», значительно ухудшающие фитосанитарное состояние почвы под последующие культуры (Remus, JinChun 2 и K-65834), «нейтральные», занимавшие промежуточное положение.

6. Самую высокую биологическую эффективность по показателю развития болезни показал Дивиденд Суприм (46,4%), на втором месте был Кинг Комби (45,1%), на третьем – Поларис (42,7%). Эти же препараты обеспечили снижение распространенности корневых гнилей на 18,9-21,2%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90008.

Список литературы

1 Чулкина В.А. Биологические основы эпифитотологии: монография. М.: Агропромиздат, 1991. 288 с.

2 Arabi M.I.E., Al-Shehadah E., Jawhar M.A. simple approach to assess common root rot severity incidence data in wheat // *Advances in Horticultural Science*. 2015. Vol. 29. № 1. Pp. 37-40.

3 Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases-a field perspective // *Molecular Plant Pathology*. 2018. Vol. 19. № 6. Pp. 1523-1536.

4 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 // *Russian Agricultural Sciences*. 2018. № 44 (3). Pp. 241-244.

5 Burlakoti R.R., Shrestha S.M., Sharma R.C. Effect of natural seed-borne inoculum of *Bipolaris sorokiniana* on the seedling emergence and vigour, and early establishment of foliar blight in spring wheat // *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2014. Vol. 47. № 7. Pp. 812-820.

6 Lapina V.V., Smolin N.V., Ivoilov A.V., Zhemchuzhina N.S., Elizarova S.A. The micromycetiae composition of the soil under the crops of a summer grain cultures and a specificity of *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium spp.* Strains // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7. № 4. Pp. 1804-1810.

7 Евсеев В.В., Порсев И.Н., Малинников А.А., Субботин И.А., Исаенко В.А. Корневые гнили яровой пшеницы в условиях региональных агротехнологий // *Вестник Курганского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2017. № 4 (47). С. 33-37.

8 Tembo B., Sibiyi J., Melis R., Tongoona P. Genetic analysis of resistance to spot blotch disease in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Zambia // *Journal of Crop Improvement*. 2017. V. 31. № 5. P. 712-726.

9 Singh R.P., Singh P.K., Rutkoski J., He X., Hodson D.P., Jørgensen L.N., Hovmøller M.S., Huerta-Espino J. Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control // *Annual Review of Phytopathology*. 2016. Vol. 54. Pp. 303-322.

10 Vorobyeva I.G., Toropova E.Yu. On the Issue of Ecological Niches of Plant Pathogens in Western Siberia // *Contemporary Problems of Ecology*. 2019. Vol. 12. № 6. Pp. 667-674.

11 Healthy Soil – Condition for Sustainability and Development of the Argo and Socio spheres (Problem-Analytical Review) / Sokolov M.S. [et al.] // *Biology Bulletin*. 2020. Vol. 47. № 1. Pp. 18-26.

12 Кураков А.В., Фуцян С., Харин С.А. Грибное сообщество компоста и его изменения при прохождении через пищеварительный тракт дождевого червя *Eisenia fetida* // *Микология и фитопатология*. 2019. Т. 53. № 5. С. 284-292.

13 Заселенность почвы засушливой Кулундинской зоны Алтая фитопатогенном *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. / Е.Ю. Торопова [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 1. С.12-15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10102.

14 Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Воробьева И.Г., Сухомлинов В.Ю. Взаимодействие консортов в агроценозах яровой пшеницы Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 9. С. 50-57.

15 Fungicidal activity of seed disinfectants against root rot of wheat in various types of soils / Glinushkin A.P. [et al.] // *Entomology and Applied Science Letters*. 2018. Т. 5. № 2. Pp. 101-107.

16 Action specificity of chemical treatment and inoculation with *Azospirillum brasilense* in wheat seed on the crop initial growth / R.L. Ludwig [et al.] // *Revista Ceres*. 2018. Vol. 65. № 5. Pp. 407-414.

17 Лапина В.В., Смолин Н.В., Жемчужина Н.С. Применение протравителей и фунгицидов против корневых гнилей и пятнистостей яровой пшеницы // *Аграрный научный журнал*. 2016. № 3. С. 29-33.

18 Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учебно-практическое пособие / В.А. Чулкина [и др.], Барнаул, 2017. 201 с.

19 Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. 222 с.

20 Селюк М.П. Влияние агроэкологических факторов на развитие корневой гнили яровой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. на соиск. ученой степ. канд. биол. наук: 06.01.07 – защита растений. Санкт-Петербург, 2017. 22 с.

List of references

1 Chulkina V.A. Biological foundations of epiphytology: monograph. M.: Agropromizdat, 1991. 288 p.

2 Arabi M.I.E., Al-Shehadah E., Jawhar M. A simple approach to assess common root rot severity incidence data in wheat // *Advances in Horticultural Science*. 2015. Vol. 29. № 1. Pp. 37-40.

3 Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases-a field perspective // *Molecular Plant Pathology*. 2018. Vol. 19. № 6. Pp. 1523-1536.

4 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 // *Russian Agricultural Sciences*. 2018. № 44 (3). Pp. 241-244.

5 Burlakoti R.R., Shrestha S.M., Sharma R.C. Effect of natural seed-borne inoculum of *Bipolaris sorokiniana* on the seedling emergence and vigour, and early establishment of foliar blight in spring wheat // *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2014. Vol. 47. № 7. Pp. 812-820.

6 Lapina V.V., Smolin N.V., Ivoilov A.V., Zhemchuzhina N.S., Elizarova S.A. The micromycetiae composition of the soil under the crops of a summer grain cultures and a specificity of *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium* spp. Strains // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7. № 4. Pp. 1804-1810.

7 Evseev V.V., Porsev I.N., Malinnikov A.A., Subbotin I.A., Isaenko V.A. Root rot spring wheat in the conditions of regional agricultural technologies // *Bulletin of Kurgan State University. Series: Natural Sciences*. 2017. № 4 (47). Pp. 33-37.

8 Tembo B., Sibiya J., Melis R., Tongoona P.

Genetic analysis of resistance to spot blotch disease in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Zambia // *Journal of Crop Improvement*. 2017. V. 31. № 5. P. 712-726.

9 Singh R.P., Singh P.K., Rutkoski J., He X., Hodson D.P., Jørgensen L.N., Hovmøller M.S., Huerta-Espino J. Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control // *Annual Review of Phytopathology*. 2016. Vol. 54. Pp. 303-322.

10 Vorobyeva I.G., Toropova E.Yu. On the Issue of Ecological Niches of Plant Pathogens in Western Siberia // *Contemporary Problems of Ecology*. 2019. Vol. 12. № 6. Pp. 667-674.

11 Healthy Soil – Condition for Sustainability and Development of the Argo and Socio spheres (Problem-Analytical Review) / Sokolov M.S. [et al.] // *Biology Bulletin*. 2020. Vol. 47. № 1. Pp. 18-26.

12 Kurakov A.V., Futsyan S., Harin S.A. Mushroom community of compost and its changes when passing through the digestive tract of earthworm *Eisenia fetida* // *Mycology and Phytopathology*. 2019. Vol. 53. № 5. Pp. 284-292.

13 Soil settlement of the arid Kulunda zone of Altai phytopathogenic *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. / E.Yu. Toropova [et al.] // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020. Vol. 34. № 1. Pp. 12-15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10102.

14 Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya., Vorobyeva I.G., Sukhomlinov V.Yu. Interaction of consortia in agroecosystems of spring wheat of Western Siberia // *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020. Vol. 34. № 9. Pp. 50-57.

15 Fungicidal activity of seed disinfectants against root rot of wheat in various types of soils / Glinushkin A.P. [et al.] // *Entomology and Applied Science Letters*. 2018. T. 5. № 2. Pp. 101-107.

16 Action specificity of chemical treatment and inoculation with *Azospirillum brasilense* in wheat seed on the crop initial growth / R.L. Ludwig [et al.] // *Revista Ceres*. 2018. Vol. 65. № 5. Pp. 407-414.

17 Lapina V.V., Smolin N.V., Zhemchuzhina N.S. Use of etchants and fungicides against root rots and spots of spring wheat // *The Agrarian Scientific Journal*. 2016. № 3. Pp. 29-33.

18 Phytosanitary diagnostics of agroecosystems: educational and practical manual / V.A. Chulkina [et al.] Barnaul. 2017. 201 p.

19 Sorokin A. D. Applied statistics on the computer. Krasnobsk: State Unitary Enterprise RPO SB RASHN, 2009. 222 p.

20 Selyuk M.P. The influence of agroecological factors on the development of root rot of spring wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia: a referee for the degree of candidate of biological sciences: 06.01.07 - plant protection. St. Petersburg, 2017. 22 p.