

Прогноз развития корневых гнилей и перспективный материал яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока

А. В. Харина¹, Л. М. Щеклеина¹✉

¹ Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров, Россия

✉ E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Аннотация. Цель исследования – спрогнозировать уровень поражения корневой системы яровой мягкой пшеницы фузариозной инфекцией в условиях Кировской области и выделить перспективные устойчивые к болезни линии. **Методы.** Объектом исследований являлись 146 линий яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока, которые ежегодно высевали на инфекционном фоне *Fusarium* spp. **Результаты.** В результате многолетних исследований (2004–2006 гг. и 2009–2020 гг.) установлено, что высокий уровень зараженности растений яровой мягкой пшеницы корневыми гнилями наблюдался в годы со среднесуточной температурой воздуха в первой декаде июля в пределах от 15 до 23 °С и количеством осадков в первой декаде августа 30 мм и более. Было получено уравнение прямолинейной регрессии, отражающее количественную изменчивость показателя развития болезни от суммарного индекса погоды. Среди перспективных линий яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока выделено 3 (Е-310, У-163 и Т-79) с устойчивостью к корневым гнилям. Селекционная линия Е-310 сочетает высокую устойчивость к корневым гнилям и урожайность достоверно выше стандартов, может быть рекомендована для передачи на государственное сортоиспытание. Выделенные высоко- и умеренно устойчивые селекционные линии можно использовать в дальнейшей селекции как источники устойчивости к болезни. Снижение массы зерна с 1 м² у восприимчивых линий по сравнению с устойчивыми было в среднем на 83,4 г. На урожайность и массу зерна в большей мере ($d = 15,3$ и 11 % соответственно) влияла степень развития болезни у растений. У среднеспелых линий поражение и развитие корневых гнилей было на 77,5 и 82,9 % соответственно, детерминировано продолжительностью периода «всходы – колошение». У скороспелых линий выявлена положительная достоверная корреляционная зависимость между продолжительностью периода «всходы – колошение» и развитием корневых гнилей ($r = +0,66$). Ретроспективный анализ ожидаемого (по прогнозу) и фактического развития корневых гнилей на яровой пшенице показал достаточно высокий уровень совпадения полученных данных (67 %).

Ключевые слова: корневые гнили, метеопатологический прогноз, яровая мягкая пшеница, развитие болезни, источники устойчивости.

Для цитирования: Харина А. В., Щеклеина Л. М. Прогноз развития корневых гнилей и перспективный материал яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока // Аграрный вестник Урала. 2021. № 07 (210). С. 25–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-210-07-25-34.

Дата поступления статьи: 29.04.2021, **дата рецензирования:** 01.06.2021, **дата принятия:** 30.06.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Корневые гнили – одна из наиболее распространенных болезней зерновых культур, нарастание которой происходит в течение всего вегетационного периода растений [1], [2]. В Кировской области поражение посевов яровой мягкой пшеницы корневыми гнилями чаще всего вызвано грибами рода *Fusarium* Link. (*F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc, *F. sporotrichioides* Sherb., *Fusarium graminearum* Schwabe., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. roae* (Peck) Wollenw. и др.) [3–5]. Болезнь проявляется в виде раннего поражения листьев, загнивания стеблевых узлов и междоузлий в пазухах листьев. Сильно пораженные стебли размягчаются и

надламываются в узлах; может наблюдаться отмирание части стеблей. На органах растений появляются бурые или коричневые штрихи и полосы, которые сливаются и окольцовывают. В посевах увеличивается количество сильно пораженных стеблей, которые образуют недоразвитый колос со шуплым зерном или остаются бело и пустоколосыми. Пораженные растения стоят прямо, корневая система бурая, рыхлая, слаборазвитая [3], [6]. В посевах наблюдаются редкие всходы, замедление роста, нарушение развития онтогенеза растений, ухудшение показателей элементов структуры урожая, значительное снижение качества зерна [4], [7]. В связи с этим вопрос изучения осо-

бенностей развития болезни и борьбы с ней имеет большое практическое значение. Поэтому большой интерес представляет использование в посевах устойчивых к болезням сортов [6], [8–11].

Характерной особенностью почвенных инфекций являются относительно медленное распространение и приуроченность к определенной территории. Условия окружающей среды (температура, влажность, реакция почвенного раствора, содержание углекислого газа и др.) существенно влияют на количество и соотношение инфекционных структур в почве, патогенность и агрессивность микроорганизмов. Температура воздуха от +13 до +20 °С и умеренная влаж-

ность воздуха до 25 % провоцируют заражение растений яровой пшеницы. Усилению поражения корней способствует резкое колебание влажности [12–14]. Влияние факторов внешней среды на инфекционный процесс и исследование патогенеза заболеваний базируется современная теория прогнозов развития болезней растений. Поэтому при постановке прогноза необходимо точное знание зависимости развития болезни в целом или ее отдельных фаз от погоды. К значительной и даже полной гибели урожая может привести неподготовленность в борьбе с болезнью или несвоевременное проведение защитных и профилактических мероприятий. Вот почему очень важно составление прогноза развития болезни [15].

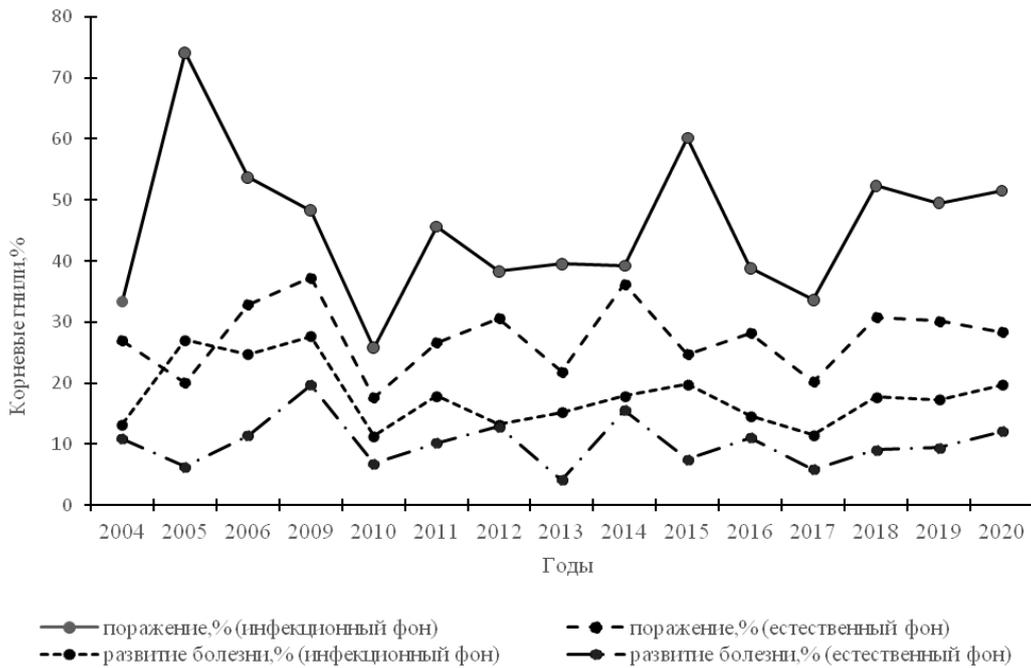


Рис. 1. Распространение и развитие корневых гнилей у линий яровой мягкой пшеницы (2004–2006 гг. и 2009–2020 гг.)

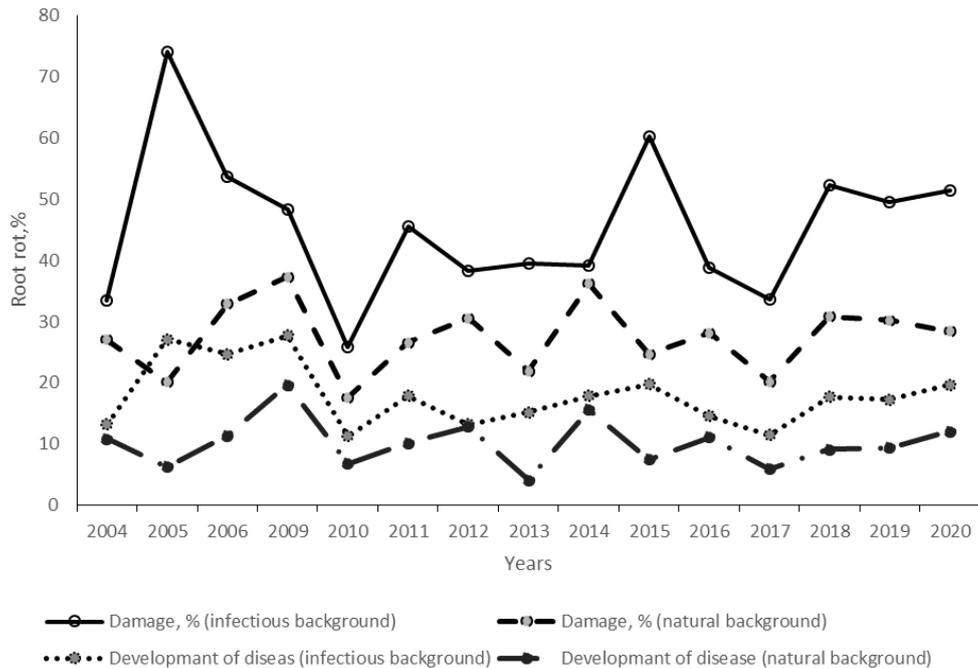


Fig. 1. Distribution and development of root rot in spring soft wheat lines (2004–2006 and 2009–2020)

Цель исследований – спрогнозировать уровень поражения корневой системы яровой мягкой пшеницы фузариозной инфекцией в условиях Кировской области и выделить перспективные устойчивые к болезни линии.

Методология и методы исследований (Methods)

Работа выполнена в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2004–2006 гг. и 2009–2020 гг. Материалом исследований являлись 146 линий яровой мягкой пшеницы селекции нашего института, которые ежегодно высевали на фитопатологическом участке. Посев проводили сеялкой СКС-6-10. Площадь делянки – 0,45 м², повторность двукратная. Для создания искусственного фона корневых гнилей использовали общеизвестные методики [16–18]. В качестве инокулюма использовали инфицированную грибами *Fusarium culmorum* и *F. sporotrichioides* размолотую зерносмесь из расчета 200 г инокулюма на 1 м², внесенную при посеве в рядки. Определяли поражение и развитие корневых гнилей. Оценку сортов по устойчивости давали по развитию болезни: высокоустойчивые (развитие болезни 5–10 %); умеренно устойчивые (11–15 %); среднеустойчивые (16–25 %); восприимчивые образцы (более 25 %). За годы изучения стандартные сорта менялись, поэтому сравнение линий яровой пшеницы по продуктивности и устойчивости к болезни проводили с раннеспелыми стандартами Ирень и Баженка, среднеспелыми – Симбирцит и Маргарита.

В исследованиях применяли метод метеопатологического прогноза, который основан на выявлении корреляционных связей между поражением растений корневыми гнилями и погодными условиями. Прогнозирование осуществляли по методике, разработанной К. М. Степановым и А. Е. Чумаковым [19]. Для составления долгосрочного прогноза многолетние данные о развитии болезни могут использоваться не строго в хронологической последовательности, то есть допускается пропуск в вычислениях показателей некоторых лет из-за их отсутствия. При составлении прогноза используются данные агроклиматических показателей и развитие корневых гнилей на растениях яровой пшеницы в различные фазы вегетации [19]. При составлении прогноза пользовались данными данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Оценку изменений метеорологических условий и их влияние на развитие корневых гнилей проводили по двум показателям (среднесуточная температура воздуха, количество выпавших осадков) отдельно по декадам за май, июнь, июль и август.

Статистическая обработка результатов исследований проведена методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и программы Microsoft Office Excel.

Результаты (Results)

Процент пораженных растений яровой пшеницы корневыми гнилями в годы исследований изменялся от 25,8 % на инфекционном фоне и 17,6 % на естествен-

ном фоне в 2010 г. до 60,2 % на инфекционном фоне в 2015 г. и 36,2 % на естественном фоне в 2014 г. (рис. 1).

Максимальное развитие болезни на инфекционным (27,7 %) и естественном (19,7 %) фонах отмечено в 2009 г., минимальное (11,3 и 4,1 %) – в 2010 и 2013 гг. соответственно. Для расчета прогноза развития корневых гнилей в наших вычислениях взят показатель «развитие болезни» на искусственном инфекционном фоне.

Сопоставляя показатели температуры воздуха и суммы осадков в годы исследований с результатами фитопатологического анализа, определяли частные коэффициенты корреляции для каждой декады мая, июня, июля и августа согласно методике К. М. Степанова и А. Е. Чумакова [19].

Для дальнейшего расчета использовали фактор, связь с которым у болезни оказалась более тесной, что соответствует превышению коэффициента корреляции над своей ошибкой в 2 и более раза. При анализе вычисленных коэффициентов корреляции между климатическими и иммунологическими показателями приемлемыми для составления прогноза оказались 2, рассчитанные с учетом следующих факторов: среднесуточная температура воздуха в первую декаду июля ($r = -0,64$) и сумма осадков в первую декаду августа ($r = +0,75$) (таблица 1).

В условиях Кировской области высокая степень поражения растений яровой пшеницы корневыми гнилями наблюдался в годы со среднесуточной температурой воздуха в первой декаде июля в пределах от 15 до 23 °С и количеством осадков в первой декаде августа более 30 мм. Именно такие погодные условия отмечались в 2005 и 2009 гг., когда развитие корневых гнилей достигало 27,7 и 27,1 % соответственно.

В дальнейших расчетах переводили коэффициенты корреляции в частные индексы погоды, из которых составляли интегральный (суммарный) индекс.

Так же как частный индекс погоды, интегральный вычисляли отдельно для каждого года, пока не обнаружили тесную связь между действующим комплексом факторов и развитием болезни. Достоверный суммарный индекс для среднесуточной температуры воздуха в первой декаде июля и суммы осадков в первую декаду августа составил $x = 0,88$.

После вычисления суммарного индекса находили величины, характеризующие количественное изменение показателя развития болезни от этого индекса.

В результате наших расчетов было получено уравнение прямолинейной регрессии, отражающее количественную изменчивость показателя развития болезни от суммарного индекса погоды:

$$Y = 16,36 + 0,184X,$$

где Y – ожидаемый уровень развития корневых гнилей;

X – суммарный индекс погоды.

Ретроспективный анализ ожидаемого (по прогнозу) и фактического развития корневых гнилей на яровой пшенице показал достаточно высокий уровень совпадения полученных данных (таблица 2).

Таблица 1
Зависимость между развитием корневых гнилей и метеорологическими условиями (искусственный инфекционный фон)

Год	Развитие болезни, %	Среднесуточная температура воздуха в I декаде июля, °С	Сумма осадков в I декаде августа, мм
2004	13,2	22,1	29,0
2005	27,7	19,9	53,0
2006	24,7	17,2	46,0
2009	27,1	13,5	54,0
2010	11,3	21,8	18,0
2011	17,9	19,3	6,0
2012	13,2	19,4	18,0
2013	15,2	21,7	13,0
2014	17,9	16,7	17,0
2015	19,8	15,2	31,0
2016	14,6	20,3	4,0
2017	11,5	22,0	19,0
2018	17,7	19,8	46,0
2019	17,3	15,2	18,0
2020	19,7	17,6	46,0
Коэффициент корреляции (r)		-0,64	+0,75

Table 1
Relationship between the development of root rot and meteorological conditions (artificial infectious background)

Year	Development of disease, %	Average daily air temperature in the I decade of July, °C	Total precipitation in the I decade of August, mm
2004	13.2	22.1	29.0
2005	27.7	19.9	53.0
2006	24.7	17.2	46.0
2009	27.1	13.5	54.0
2010	11.3	21.8	18.0
2011	17.9	19.3	6.0
2012	13.2	19.4	18.0
2013	15.2	21.7	13.0
2014	17.9	16.7	17.0
2015	19.8	15.2	31.0
2016	14.6	20.3	4.0
2017	11.5	22.0	19.0
2018	17.7	19.8	46.0
2019	17.3	15.2	18.0
2020	19.7	17.6	46.0
Correlation coefficient (r)		-0.64	+0.75

Таблица 2
Прогнозируемое и фактическое проявление корневых гнилей на линиях яровой пшеницы

Год	Суммарный индекс погоды (X)	Степень развития, %		Отклонение
		По прогнозу	По факту	
2004	7,7	17,2	13,2	+4,0
2005	13,8	18,9	27,1	-8,2
2006	5,9	17,5	24,7	-7,2
2009	8,2	17,9	27,7	-9,8
2010	8,2	17,9	11,3	+6,6
2011	12,1	18,6	17,9	+0,7
2012	5,8	17,0	13,2	+3,8
2013	5,2	17,3	15,2	+2,1
2014	1,5	16,6	17,9	-1,3
2015	3,5	17,0	19,8	-2,8
2016	9,5	18,1	14,6	+3,5
2017	2,0	16,7	11,5	+5,2
2018	6,6	17,6	17,7	-0,1
2019	6,4	17,5	17,3	+0,2
2020	30,7	22,0	19,7	+2,3

Predicted and actual occurrence of root rot on spring wheat lines

Year	Total weather index (X)	Degree of development, %		Deviation
		According to the forecast	In fact	
2004	7.7	17.2	13.2	+4.0
2005	13.8	18.9	27.1	-8.2
2006	5.9	17.5	24.7	-7.2
2009	8.2	17.9	27.7	-9.8
2010	8.2	17.9	11.3	+6.6
2011	12.1	18.6	17.9	+0.7
2012	5.8	17.0	13.2	+3.8
2013	5.2	17.3	15.2	+2.1
2014	1.5	16.6	17.9	-1.3
2015	3.5	17.0	19.8	-2.8
2016	9.5	18.1	14.6	+3.5
2017	2.0	16.7	11.5	+5.2
2018	6.6	17.6	17.7	-0.1
2019	6.4	17.5	17.3	+0.2
2020	30.7	22.0	19.7	+2.3

Отклонение прогнозируемого развития корневых гнилей от фактического находилось на уровне от 0,1 до 9,8 %. Сравнение этих данных показало, что долгосрочный прогноз по разработанной К. М. Степановым и А. Е. Чумаковым методике оправдывается в среднем на 67 %. Достоверность результатов определяли по отклонению развития болезни от средней арифметической, которое составило 4,0 %. Это показывает, что развитие корневых гнилей на искусственном инфекционном фоне фузаризных корневых гнилей, например, в 2020 г., по прогнозу возможно в пределах от 18,0 до 24,0 % ($22,0 \pm 4,0$ %).

Среди 146 линий яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока выделено 3 линии (Е-310, У-163 и Т-79) с высокой устойчивостью к корневым гнилям (таблица 3). Их поражение на инфекционном фоне составило 22,4; 21,6 и 32,5 %, а развитие болезни – 6,6; 6,7 и 10,8 % соответственно. Еще 6 линий характеризовались как умеренно устойчивые с поражением на инфекционном фоне ниже или на уровне стандартов (30,9–38,5 %) и развитием болезни от 11,9 % (линия С-122) до 14,6 % (Т-123). Большая часть изученных линий (88,4 %) характеризовалась как слабоустойчивые с развитием болезни на инфекционном фоне от 16,2 до 25,0 %. При сравнении группы высокоустойчивых линий с восприимчивыми обнаружено увеличение поражения на инфекционном фоне на 30,4 %, развитие болезни выросло на 18,9 %. На контроле эти показатели увеличились на 11,2 и 10,2 % соответственно. Поражение растений высоко устойчивых линий на инфекционном фоне было выше контроля на 6,7 %, развитие болезни – на 2,3 %. У восприимчивых линий эти показатели составили 25,9 и 11,0 % соответственно. Масса 1000 зерен у разных групп существенно не менялась ($r = -0,23$). Снижение массы зерна с 1 м² у восприимчивых ли-

ний по сравнению с устойчивыми было в среднем на 83,4 г. На урожайность и массу зерна с колоса в большей мере ($d = 15,3$ и 11 % соответственно) повлияла степень развития болезни.

Селекционная линия Е-310 сочетает высокую устойчивость к корневым гнилям и урожайность достоверно выше стандартных сортов, может быть рекомендована для передачи на государственное сортоиспытание. Выделенные высоко- и умеренно устойчивые селекционные линии можно использовать в дальнейшей селекции как источники устойчивости к болезни.

У среднеспелых сортов, таких как Маргарита, поражение и развитие корневых гнилей было на 77,5 и 82,9 % соответственно, детерминировано продолжительностью периода «всходы – колошение». Чем меньше этот период, тем больше показатели поражения и развития корневых гнилей ($r = -0,88$ и $r = -0,91$ соответственно). По продолжительности всего вегетационного периода у среднеспелых линий выявлена та же тенденция ($r = -0,83$ и $r = -0,69$ соответственно).

У скороспелых линий и стандарта Ирень выявлена положительная достоверная корреляционная зависимость между продолжительностью периода «всходы – колошение» и развитием корневых гнилей ($r = +0,66$). Поражение растений яровой пшеницы корневыми гнилями на инфекционном и естественном фонах на 84,7 и 65,7 % соответственно, зависело от продолжительности всего вегетационного периода. В отношении раннеспелых линий чем более продолжительным был период вегетации, тем больше был процент пораженных растений как на инфекционном фоне ($r = +0,92$), так и в естественных условиях ($r = +0,81$). На развитие болезни у раннеспелых сортов длина всего вегетационного периода не оказывала существенного влияния ($r = -0,23$).

Таблица 3
Распространение корневых гнилей на перспективных линиях пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока

Линия/сорт	Период «всходы – колошение», дней	Период вегетации, дней	Поражение, %		Развитие болезни, %		Масса 1000 зерен, г	Урожайность, г/м ²
			ИФ	К	ИФ	К		
Ирень	40	77	43,5	27,3	14,8	8,4	38,8	365,8
Симбирцит	42	84	39,7	24,9	15,2	8,9	39,6	292,8
Баженка	41	83	48,2	31,0	18,7	11,6	36,0	331,0
Маргарита	48	91	62,9	27,2	26,7	9,9	44,5	369,0
Высокоустойчивые линии								
Е-310	50	89	22,4	21,5	6,6	4,2	41,4	462,5
У-163	48	100	21,6	17,7	6,7	6,1	39,0	277,5
Т-79	49	91	32,5	17,3	10,8	6,8	37,5	359,7
Среднее по группе	49	93	25,5	18,8	8,0	5,7	39,3	366,6
Умеренно устойчивые линии								
Л-276	41	84	36,0	27,0	14,2	8,9	37,9	340,0
Л-122	39	76	33,2	30,4	14,3	13,6	37,7	346,7
К-97	42	82	35,1	27,8	12,6	10,5	36,9	322,3
Т-123	46	92	38,5	19,0	14,6	6,9	40,4	286,3
С-122	52	91	33,9	21,4	11,9	6,8	37,8	250,7
С-129	51	89	36,0	23,7	13,4	8,6	38,2	251,7
Среднее по группе	45	86	35,5	24,9	13,5	9,2	38,2	299,6
Восприимчивые линии								
О-158	38	80	54,0	29,0	27,0	12,4	37,8	284,5
П-80	44	85	54,4	35,3	25,2	13,5	38,0	291,5
С-64	50	90	56,8	27,9	25,3	18,0	42,9	274,7
С-177	47	84	64,5	26,5	26,8	18,6	38,7	232,3
С-180	47	84	57,0	28,6	26,8	18,4	36,2	223,3
Т-154	49	105	52,5	31,7	29,8	13,9	40,8	299,5
У-112	46	92	58,0	35,4	27,4	23,3	34,6	314,3
У-259	46	94	50,0	25,9	27,1	9,1	37,1	345,3
Среднее по группе	46	89	55,9	30,0	26,9	15,9	38,3	283,2
НСР ₀₅			14,7	10,4	5,7	4,6	8,8	82,3

Примечание. ИФ – инфекционный фон, К – контроль.

Table 3
The spread of root rot on promising wheat lines of the FARC of the North-East selection

Line/variety	"Stands – heading" period, days	Vegetative season, days	Defeat, %		Development of disease, %		Weight per 1000 kernels, g	Cropping power, g/m ²
			IB	C	IB	C		
Iren	40	77	43.5	27.3	14.8	8.4	38.8	365.8
Simbirtsit	42	84	39.7	24.9	15.2	8.9	39.6	292.8
Bazhenka	41	83	48.2	31.0	18.7	11.6	36.0	331.0
Margarita	48	91	62.9	27.2	26.7	9.9	44.5	369.0
Highly resistant lines								
Е-310	50	89	22.4	21.5	6.6	4.2	41.4	462.5
У-163	48	100	21.6	17.7	6.7	6.1	39.0	277.5
Т-79	49	91	32.5	17.3	10.8	6.8	37.5	359.7
Group average	49	93	25.5	18.8	8.0	5.7	39.3	366.6
Moderately resistant lines								
Л-276	41	84	36.0	27.0	14.2	8.9	37.9	340.0
Л-122	39	76	33.2	30.4	14.3	13.6	37.7	346.7
К-97	42	82	35.1	27.8	12.6	10.5	36.9	322.3

<i>T-123</i>	46	92	38,5	19,0	14,6	6,9	40,4	286,3
<i>S-122</i>	52	91	33,9	21,4	11,9	6,8	37,8	250,7
<i>S-129</i>	51	89	36,0	23,7	13,4	8,6	38,2	251,7
<i>Group average</i>	45	86	35,5	24,9	13,5	9,2	38,2	299,6
Susceptible lines								
<i>O-158</i>	38	80	54,0	29,0	27,0	12,4	37,8	284,5
<i>P-80</i>	44	85	54,4	35,3	25,2	13,5	38,0	291,5
<i>S-64</i>	50	90	56,8	27,9	25,3	18,0	42,9	274,7
<i>S-177</i>	47	84	64,5	26,5	26,8	18,6	38,7	232,3
<i>S-180</i>	47	84	57,0	28,6	26,8	18,4	36,2	223,3
<i>T-154</i>	49	105	52,5	31,7	29,8	13,9	40,8	299,5
<i>U-112</i>	46	92	58,0	35,4	27,4	23,3	34,6	314,3
<i>U-259</i>	46	94	50,0	25,9	27,1	9,1	37,1	345,3
<i>Group average</i>	46	89	55,9	30,0	26,9	15,9	38,3	283,2
<i>LSD₀₅</i>	–	–	14,7	10,4	5,7	4,6	8,8	82,3

Note. IB – infectious background, C – control.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В условиях Кировской области высокий уровень зараженности растений яровой мягкой пшеницы корневыми гнилями наблюдался в годы со среднесуточной температурой воздуха в первой декаде июля в пределах от 15 до 23 °С и количеством осадков в первой декаде августа 30 и более мм. В результате наших расчетов было получено уравнение прямолинейной регрессии, отражающее количественную изменчивость показателя развития болезни от суммарного индекса погоды. Ретроспективный анализ ожидаемого (по прогнозу) и фактического развития корневых гнилей на яровой пшенице показал достаточно высокий уровень совпадения полученных данных (67 %).

Среди перспективных линий яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Северо-Востока выделено 3 (Е-310, У-163 и Т-79) с устойчивостью к фузариозным

корневым гнилям. Селекционная линия Е-310 может быть рекомендована для передачи на сортоиспытание, а выделенные высоко- и умеренно устойчивые линии можно использовать в дальнейшей селекции как источники устойчивости к болезни. Снижение массы зерна с 1 м² у восприимчивых линий по сравнению с относительно устойчивыми было в среднем на 83,4 г. На урожайность и массу зерна в большей степени ($d = 15,3$ и 11 % соответственно) влияет степень развития болезни у растений. У среднеспелых линий поражение и развитие корневых гнилей было на 77,5 и 82,9 % соответственно, детерминировано продолжительностью периода «всходы – колошение». У скороспелых линий выявлена положительная достоверная корреляционная зависимость между продолжительностью периода «всходы – колошение» и развитием корневых гнилей ($r = +0,66$).

Библиографический список

1. Васильева Н. В., Синещков В. Е. Причины усиления распространения корневых гнилей всходов яровой пшеницы в лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2017. № 4. С. 13–18.
2. Торопова Е. Ю., Соколов М. С. Роль сорта в контроле обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы // Агрехимия. 2018. № 11. С. 48–59. DOI: 10.1134/S0002188118110108.
3. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Белоколосость на сортах озимой ржи в агроэкологических условиях Кировской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 2 (193). С. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-27-36.
4. Снигирева О. М., Ведерников Ю. Е. Развитие болезней яровой пшеницы сорта Баженка при применении регуляторов роста в условиях Кировской области // Пермский аграрный вестник. 2020. № 2 (30). С. 72–80. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10024.
5. Кинчарова М. Н., Кинчаров А. И. Изучение распространенности микофлоры на семенах яровой пшеницы в условиях Самарской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 25–29. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp25-29.
6. Щеклеина Л. М., Рыженков Е. В., Шешегова Т. К. Устойчивые к фузариозным корневым гнилям сорта яровой пшеницы и озимой ржи // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: сборник научных трудов. Киров, 2020. С. 267–271.
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. 2017. № 4 (47). С. 33–37.
8. Тимошенкова Т. А. Доноры устойчивости к болезням ячменя и твердой пшеницы для селекции в степной зоне Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2017. № 4 (100). С. 234–239.

9. Баталова Г. А. Селекция зерновых культур на иммунитет на Северо-Востоке Европейской территории России // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3 (51). С. 8–11.
10. 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.
11. Разина А. А., Султанов Ф. С., Дятлова О. Г. Новые сорта яровой пшеницы и корневая гниль // Вестник КрасГАУ. 2019. № 5 (146). С. 22–26.
12. Eastburn D. M., McElroneb L. J., Bilgin D. D. Influence of atmospheric and climatic change on plant-pathogen interactions // Plant Pathology. 2011. No. 60. Pp. 54–69.
13. Савченко Н. Е., Асеева Т. А. Влияние окружающей среды на урожайность и поражаемость заболеваниями яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 60–63. DOI: 1024411/0235-2451-2019-10415.
14. Глинушкин А. П., Торопова Е. Ю., Казакова О. А., Овсянкина А. В., Селюк М. П. Развитие почвенных инфекций у яровой пшеницы и ячменя под влиянием гидротермических стрессов в условиях лесостепи Западной Сибири и Зауралья // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 25–29.
15. Харина А. В. Прогноз поражения яровой мягкой пшеницы пыльной головнёй // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 3 (40). С. 8–11.
16. Григорьев М. Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Ленинград, 1976. 60 с.
17. Бенкен А. А., Хрустовская В. Н. Лабораторная оценка болезнеустойчивых растений и паразитических свойств возбудителей обыкновенной корневой гнили злаков // Труды Всероссийского Института Защиты Растений. 1977. С. 9–13.
18. Шешегова Т. К., Кедрова Л. И. Методические рекомендации по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к фузариозным болезням. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. 30 с.
19. Степанов К. М., Чумаков А. Е. Прогноз болезней сельскохозяйственных растений. Ленинград, 1972. 270 с.

Об авторах:

Анастасия Владимировна Харина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и селекции, ORCID 0000-0002-0554-5814, AuthorID 105089, +7 909 140-41-27, khavchas@yandex.ru

Люция Муллаахметовна Щеклеина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ORCID 0000-0002-3589-5524, AuthorID 485437, +7 912 708-26-33, immunitet@fanc-sv.ru

¹ Федеральное аграрное научное учреждение Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого, Киров, Россия

Development forecast of root rot and perspective material of spring soft wheat breeding of FARC of the North-East

A. V. Kharina¹, L. M. Shchekleina¹✉

¹ Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitskiy, Kirov, Russia

✉ E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Abstract. The aim of the study is to predict the level of damage to the root system of spring soft wheat by fusarium infection in the conditions of the Kirov region and to identify promising disease-resistant lines. **Methods.** The object of research was 146 lines of spring soft wheat of the FARC of the North-East selection, which were sown annually against an infections background of fusarium root rot. **Results.** As a result of many years of research (2004–2006 u 2009–2020) it was found that a high level of infection of plants of spring soft wheat by root rot was observed in years with an average daily air temperature in the first decade of July in the range from 15 to 23 °C and precipitation in the first decade of august of 30 or more millimeters. A rectilinear regression equation was obtained that reflects the quantitative variability of the disease development indicator from the total year of the weather index. A retrospective analysis of the expected (according to the forecast) and actual development of fusarium root rot on spring wheat showed a fairly high level of coincidence of the date obtained (67 %). Among the promising spring soft wheat lines of the FARC of the North-East selection, 3 (E-310, U-163 and T-79) with resistance to root rot were identified. Combining high resistance to the fusarium root rot and the yield of significantly higher than the standards, the breeding line E-310 can be recommended for transfer to variety testing. The selected highly and moderately resistant lines can be used in further breeding as sources of resistance to the disease. The decrease in grain weight from 1 m² in susceptible lines compared to resistant ones was on average 83.4 g. The degree of development of the disease in plants affected

the yield and weight of grain to a greater extent ($d = 15.3$ and 11.0 % respectively). In midseason lines the damage and development of root rot was 77.5 and 82.9 % respectively, determined by the duration of the “stands – heading” period. In early maturing lines showed a positive significant correlation between the duration of the “stands – heading” period and the development of root rot ($r = +0.66$).

Keywords: root rot, meteoropathological forecast, spring soft wheat, development of the disease, sources of resistance.

For citation: Kharina A. V., Shchekleina L. M. Prognoz razvitiya kornevykh gniley i perspektivnyy material yarovoy myagkoy pshenitsy selektsii FANTs Severo-Vostoka [Development forecast of root rot and perspective material of spring soft wheat breeding of FARC of the North-East] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 07 (210). Pp. 25–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-210-07-25-34. (In Russian.)

Date of paper submission: 29.04.2021, **date of review:** 01.06.2021, **date of acceptance:** 30.06.2021.

References

1. Vasil'eva N. V., Sineshchekov V. E. Prichiny usileniya rasprostraneniya kornevykh gniley vskhodov yarovoy pshenitsy v lesostepi Priob'ya [Reasons for the intensification of the spread of root rot of spring wheat seedlings in the forest-steppe of the Ob region] // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2017. No. 4. Pp. 13–18. (In Russian.)
2. Toropova E. Yu., Sokolov M. S. Rol' sorta v kontrole obyknovennoy kornevoy gnili yarovoy pshenitsy [Role of the variety in the control of common root rot of spring wheat] // Agrochemistry. 2018. No. 11. Pp. 48–59. DOI: 10.1134/S0002188118110108. (In Russian.)
3. Shchekleina L. M., Sheshegova T. K. Belokolosost' na sortakh ozimoy rzhi v agroekologicheskikh usloviyakh Kirovskoy oblasti [White-headedness on varieties of winter rye in agro-ecological conditions of the Kirov region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 2 (193). Pp. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-27-36. (In Russian.)
4. Snigireva O. M., Vedernikov Yu. E. Razvitie bolezney yarovoy pshenitsy sorta Bazhenka pri primeneni regulyatorov rosta v usloviyakh Kirovskoy oblasti [Development of diseases of spring wheat cultivar Bazhenka with the use of growth regulators in the conditions of the Kirov region] // Perm Agrarian Journal. 2020. No. 2 (30). Pp. 72–80. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10024. (In Russian.)
5. Kincharova M. N., Kincharov A. I. Izuchenie rasprostranennosti mikoflory na semenakh yarovoy pshenitsy v usloviyakh Samarskoy oblasti [Study of the prevalence of mycoflora on spring wheat seeds in the Samara region] // Agrarian scientific journal. 2021. No. 3. Pp. 25–29. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp25-29. (In Russian.)
6. Shchekleina L. M., Ryzhenkov E. V., Sheshegova T. K. Ustoychivye k fuzariozным kornevym gnilyam sorta yarovoy pshenitsy i ozimoy rzhi [Spring wheat and winter rye varieties resistant to fusarium root rot] // Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy i rasteniyevodstve: sbornik nauchnykh trudov. Kirov, 2020. Pp. 267–271. (In Russian.)
7. Evseev V. V., Porsev I. N., Malinnikov A. A., Subbotin I. A., Isaenko V. A. Kornevye gnili yarovoy pshenitsy v usloviyakh regional'nykh agrotekhnologiy [Root rot of spring wheat in the conditions of regional agricultural technologies] // Bulletin of the Kurgan State University. 2017. No. 4 (47). Pp. 33–37. (In Russian.)
8. Timoshenkova T. A. Donory ustoychivosti k boleznyam yachmenya i tverdoy pshenitsy dlya selektsii v stepnoy zone Orenburgskogo Predural'ya [Donors of resistance to diseases of barley and durum wheat for breeding in the steppe zone of the Orenburg Cis-Urals] // Animal husbandry and forage production. 2017. No. 4 (100). Pp. 234–239. (In Russian.)
9. Batalova G. A. Seleksiya zernovykh kul'tur na immunitet na Severo-Vostoke Evropeyskoy territorii Rossii [Breeding of grain crops for immunity in the North-East of the European territory of Russia] // Grain economy of Russia. 2017. No. 3 (51). Pp. 8–11. (In Russian.)
10. Porsev I. N., Toropova E. Yu., Isaenko V. A., Malinnikov A. A., Subbotin I. A. Kornevye gnili yarovoy pshenitsy v Zaural'e i mery bor'by s nimi [Root rot of spring wheat in the Trans-Urals and measures to combat them] // Agro-Industrial Complex of Russia. 2017. T. 24. No. 1. Pp. 212–219. (In Russian.)
11. Razina A. A., Sultanov F. S., Dyatlova O. G. Novye sorta yarovoy pshenitsy i kornevaya gnil' [New varieties of spring wheat and root rot] // Bulletin of KrasGAU. 2019. No. 5 (146). Pp. 22–26. (In Russian.)
12. Eastburn D. M., McElroneb L. J., Bilgin D. D. Influence of atmospheric and climatic change on plant-pathogen interactions [Influence of atmospheric and climatic change on plant-pathogen interactions] // Plant Pathology. 2011. No. 60. Pp. 54–69.
13. Savchenko N. E., Aseeva T. A. Vliyanie okruzhayushchey sredy na urozhaynost' i porazhaemost' zabollevaniyami yarovoy pshenitsy [The influence of the environment on the yield and susceptibility to diseases of spring wheat] // Achievements of science and technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 4. Pp. 60–63. DOI: 1024411 / 0235-2451-2019-10415. (In Russian.)
14. Glinushkin A. P., Toropova E. Yu., Kazakova O. A., Ovsyankina A. V., Selyuk M. P. Razvitie pochvennykh infektsiy u yarovoy pshenitsy i yachmenya pod vliyaniem gidrotermicheskikh stressov v usloviyakh lesostepi Za-

padnoy Sibiri i Zaural'ya [The development of soil infections in spring wheat and barley under the influence of hydrothermal stresses in the forest-steppe conditions of Western Siberia and the Trans-Urals] // Russian agricultural science. 2018. No. 2. Pp. 25–29. (In Russian.)

15. Kharina A. V. Prognoz porazheniya yarovoy myagkoy pshenitsy pyl'noy golovney [Forecast of the defeat of spring bread wheat by dusty smut] // Agricultural Science Euro-North-East. 2014. No. 3 (40). Pp. 8–11. (In Russian.)

16. Grigor'ev M. F. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu ustoychivosti zernovykh kul'tur k kornevym gnilyam [Methodical instructions for studying the resistance of grain crops to root rot]. Leningrad, 1976. 60 p. (In Russian.)

17. Benken A. A., Khrustovskaya V. N. Laboratornaya otsenka bolezneustoychivyykh rasteniy i paraziticheskikh svoystv vzbuditeley obyknovennoy kornevoy gnili zlakov [Laboratory assessment of disease-resistant plants and parasitic properties of pathogens of common root rot of cereals] // Proceedings of the All-Russian Institute for Plant Protection. 1977. Pp. 9–13. (In Russian.)

18. Sheshhegova T. K., Kedrova L. I. Metodicheskie rekomendatsii po sozdaniyu iskusstvennykh infektsionnykh fonov i otsenke ozimoy rzhii na ustoychivost' k fuzarioznym boleznyam [Methodical recommendations for the creation of artificial infectious backgrounds and assessment of winter rye for resistance to fusarium diseases]. Kirov: Research Institute of Agriculture of the North-East, 2003. 30 p. (In Russian.)

19. Stepanov K. M., Chumakov A. E. Prognoz bolezney sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [Forecast of diseases of agricultural plants]. Leningrad, 1972. 270 p. (In Russian.)

Author's information:

Anastasiya V. Kharina¹, candidate of agricultural sciences, researcher of the laboratory of molecular biology and breeding, ORCID 0000-0002-0554-5814, AuthorID 105089; +7 909 140-41-27, khavchas@yandex.ru

Lyutsiya M. Shehekleina¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of immunity and protection of plants, ORCID 0000-0002-3589-5524, AuthorID 485437; +7 912 708-26-33, immunitet@fanc-sv.ru

¹ Federal Agricultural Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitskiy, Kirov, Russia