Белоколосость на сортах озимой ржи в агроэкологических условиях Кировской области

Л. М. Щеклеина¹✉, Т. К. Шешегова¹

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

✉ E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Аннотация. Цель исследования – изучить влияние среды и генотипа на проявление белоколосости у растений озимой ржи. **Методы.** Исследования выполнены в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. В полевых и лабораторных экспериментах изучены условия и особенности проявления белоколосости и белостебельности у 48 отечественных сортов озимой ржи. Проведен учет таких биотипов в тестируемых популяциях, фитопатологический и микробиологический анализ корневой системы и зерна у пораженных растений. Повторность в исследованиях *in vivo* – двукратная, *in vitro* – четырехкратная. **Результаты.** Выявлено 5 сортов ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока (Сармат, Фаленская универсальная, Гармония, Графиня и Перепел) с поражением до 0,10 % и 11 отечественных сортов (Московская 2, Саратовская 7, Марусенька, Таловская 33, Памяти Бамбышева, Солнечная, Антарес, НВАК-285/15, Славия, Таловская 41 и Альфа) с поражением до 0,07 % при состоянии этого признака у индикатора 0,31 %. Обнаружена положительная связь между корневой инфекцией и белоколосостью растений ($r = 0,15$ и $r = 0,30$), но при этом не получено явных свидетельств о зависимости характера и степени инфицирования зерновок от состояния признака. На уровень белоколосости в значительной мере влияет густота стеблестоя, обусловленная в региональных условиях выносливостью к снежной плесени ($r = 0,29$ и $r = 0,79$). Установлен доминирующий вклад генотипа в изменчивость признака белоколосости, который у новых популяций селекции ФАНЦ Северо-Востока составил 68,4 %, а у сортов отечественной селекции – 59,4 %. Обнаружено также значительное влияние микросреды, выраженное в повторениях полевого опыта, на патогенез, которое составило 31,0 % и 39,6 %.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, белоколосость, поражение зерна и корней, структура микроорганизмов зерна.

Для цитирования: Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Белоколосость на сортах озимой ржи в агроэкологических условиях Кировской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 02 (193). С. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-27-36.

Дата поступления статьи: 17.01.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

С проблемой белоколосости и белостебельности зерновых культур сталкиваются многие исследователи [1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 14]. Такие посевы выглядят здоровыми, колоски отдельных растений могут быть абсолютно бесплодными или с очень незначительным количеством завязавшихся зерновок. До сих пор нет единого мнения о причинах данного явления. Например, белоколосость может быть вызвана неблагоприятными погодными условиями (затяжные дожди, чередующиеся с короткими периодами засухи во время цветения) или посевом некондиционных щуплых семян с низкой всхожестью и энергией прорастания, особенно на участках с бедной почвой. Ряд исследователей [2, 15] склонен считать, что колосья обесцвечиваются в результате поражения растений возбудителями фузариоза колоса и корневых гнилей. Однако в агроэкологических условиях 2019 года на колосьях озимой ржи отсутствовали признаки оранжево-розового налета мицелия типичных возбудителей: *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. syn. *Gibberella avenacea* R.J. Cook, *Fusarium poae* (Peck) Wollen., *Fusarium sporotrichioides* Sherb., *Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. Погодные условия весенне-летнего

периода были весьма нестабильными, о чем косвенным образом свидетельствует гидротермический показатель (ГТК) (таблица 1). В июне отмечались недостаток тепла и избыток осадков, что негативно повлияло на пыльцевой режим и продолжительность цветения растений, особенно у позднеспелых сортов ржи. В июле при дальнейшем ухудшении температурного фона ощущался недостаток влаги, что, возможно, ограничивало подачу влаги и питательных веществ в колоски.

Целью наших исследований было изучение влияния среды и генотипа на проявление белоколосости у растений озимой ржи.

Методология и методы исследований (Methods)

Материалом исследований были 23 новых популяций озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока конкурсного испытания (КСИ) и 25 отечественных сортов, проходящих экологическое испытание (ЭСИ). При оценке белоколосости использовали относительный показатель – количество растений с признаками поражения в пересчете на общее количество растений на 1 м². На каждой делянке и на двух повторениях полевого опыта проводили по два учета.

Для выявления акцепторных связей между инфицированностью генеративных органов, ризопланы корней и структуры микроорганизмов пораженных растений и семян был проведен полный фитопатологический и микробиологический анализ зерна и корней у нескольких сортов ржи из разных эколого-географических групп. Фитопатологический анализ проводили по методикам ВИЗР. В ходе исследований устанавливаются общая инфицированность зерна, характер поражения растений корневыми гнилями в начале онтогенеза (фаза всходов) и в конце (фаза полной спелости).

Видовую структуру микроорганизмов зерна изучали путем посева их на питательную среду – картофельно-глюкозный агар (КГА). Семена предварительно обеззараживали 0,5 % раствором калия перманганата (KMnO₄) с последующим промыванием дистиллированной водой. В стерильном боксе их раскладывали по 10 зерен в чашки Петри в четырехкратной повторности. Чашки с образцами держали в термостате при температуре 23–25 °С. На 5-е сутки их просматривали и микроскопировали колонии, образовавшиеся вокруг зерновок. При этом учитывали количество инфицированных зерновок в каждом повторении опыта. При сложности в идентификации отдельных

Таблица 1
Метеорологические условия вегетации растений озимой ржи (Киров, 2019 г.)

Месяц	Температура воздуха, °С		Осадки, мм		Гидротермический коэффициент (ГТК)
	за месяц	+/- к норме	за месяц	% нормы	
Май	13,6	+2,8	38	68	0,90
Июнь	15,8	-0,6	93,7	134	1,98
Июль	16,1	-2,2	57,1	68	1,14
Август	13,4	-1,8	63	88	1,52

Table 1
Meteorological conditions of winter rye plants' growth (Kirov, 2019)

Month	Air temperature, °C		Precipitations, mm		Hydrothermal coefficient (GTK)
	per month	+/- to the norm	per month	% to the norm	
May	13.6	+2.8	38	68	0.90
June	15.8	-0.6	93.7	134	1.98
July	16.1	-2.2	57.1	68	1.14
August	13.4	-1.8	63	88	1.52

Таблица 2
Проявление белоколосости (%) на сортах озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока

Сорт (А)	Повторение полевого опыта (В)		Среднее по сорту
	I	II	
Фаленская 4 – стандарт	0,14	0,27	0,21
Вятка 2	0,27	0,34	0,31
Кировская 89	0,11	0,29	0,20
Снежана	0,07	0,21	0,14
Рушник	0,09	0,39	0,24
Флора	0,16	0,47	0,31
Рада	0,18	0,18	0,18
Румба	0,02	0,38	0,20
Графиня	0,02	0,18	0,10
Графиня 2Д	0,07	0,20	0,13
Графит	0,11	0,39	0,25
Триумф	0,18	0,32	0,25
Кипрез	0,11	0,23	0,17
Кипрез (ФСС)	0,09	0,30	0,19
Перепел	0,07	0,14	0,10
Гармония	0,09	0,05	0,07
Симфония	0,05	0,25	0,15
Ниоба	0,05	0,18	0,13
Леда	0,13	0,14	0,14
Садко	0,13	0,27	0,20
Сармат	0,07	0,07	0,07
Фаленская универсальная	0,13	0,02	0,07
С-30/07	0,14	0,27	0,14
Среднее по повторению	0,11	0,24	

НСР₀₅ (А) – 0,012; (В) – 0,008; (АВ) – 0,002

Table 2
Expression of ear leucochroism (%) at winter rye cultivars bred in FASC of the North-East

Cultivar (A)	Repeat of field experiment (B)		Cultivar average
	I	II	
Falenskaya 4 – standard	0.14	0.27	0.21
Vyatka 2	0.27	0.34	0.31
Kirovskaya 89	0.11	0.29	0.20
Snezhana	0.07	0.21	0.14
Rushnik	0.09	0.39	0.24
Flora	0.16	0.47	0.31
Rada	0.18	0.18	0.18
Rumba	0.02	0.38	0.20
Grafinya	0.02	0.18	0.10
Grafinya 2D	0.07	0.20	0.13
Grafit	0.11	0.39	0.25
Triumf	0.18	0.32	0.25
Kiprez	0.11	0.23	0.17
Kipraz (FBS)	0.09	0.30	0.19
Perepel	0.07	0.14	0.10
Garmoniya	0.09	0.05	0.07
Simfoniya	0.05	0.25	0.15
Nioba	0.05	0.18	0.13
Leda	0.13	0.14	0.14
Sadko	0.13	0.27	0.20
Sarmat	0.07	0.07	0.07
Falenskaya universal'naya	0.13	0.02	0.07
C-30/07	0.14	0.27	0.14
Repeat average	0.11	0.24	
LSD ₀₅ (A) – 0,012; (B) – 0,008; (AB) – 0,002			

колоний их пассировали на новую среду КГА. Окончательную идентификацию микроорганизмов проводили на 14-й день после отсева мицелия, когда культурально-морфологические признаки штаммов наиболее четко выражены. В работе использовали общеизвестные методики и справочную литературу. Частоту встречаемости рода (вида) микромицета оценивали по числу зерновок, в которых он встречался, и выражали в процентах от общего количества инфицированных семян.

Результаты (Results)

Проявление белоколосости на сортах КСИ изменялось от 0,02 до 0,47 % (таблица 2). Наилучшее иммунологическое состояние было у сортов Сармат, Фаленская универсальная, Гармония, Графиня и Перепел. Содержание белоколосых растений в популяциях озимой ржи в среднем по двум повторениям было на уровне 0,07–0,10 %. Наибольшее количество таких биотипов (0,31 %) было у сортов Вятка 2 и Флора. Обнаружена значительная пространственная вариабельность белоколосости в пределах полевого питомника. В первом повторении опыта количество белоколосых растений в среднем по сортименту составило 0,11 %, во втором – 0,24 % при изменчивости признака $V = 52,7 \%$ и $40,4 \%$.

Аналогичная тенденция выявлена и у сортов ЭСИ (таблица 3). Уровень проявления белоколосости в первом повторении опыта изменялся от 0 до 0,27 % ($V = 82,5 \%$), во втором – от 0,02 до 0,30 % ($V = 55,4 \%$), а в среднем по сортименту составил 0,08 % и 0,12 %. Относительно меньшее содержание таких биотипов в популяциях (на уровне 0,02–0,07 %) было у 11 сортов: Московская 2, Саратовская 7, Марусенька, Таловская 33, Памяти Бам-

бышева, Солнечная, Антарес, НВАК-285/15, Славия, Таловская 41 и Альфа, а наибольшее (0,24 %) – у сорта Вираз. Оценивая уровень белоколосости по географическому происхождению изучаемого исходного материала, можно отметить наилучшее иммунологическое состояние у сортов селекции ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока. Частота пораженных биотипов в них не превышала 0,10 %, а в среднем по группе была на уровне 0,04 %. Саратовские сорта отличаются активным и относительно непродолжительным периодом цветения растений [13]. Они более скороспелые и устойчивые к полеганию за счет прочной и невысокой соломины и хорошо развитой корневой системы, но при этом сильнее поражаются снежной плесенью (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels Hallette) и в связи с этим менее зимостойки в экстремальных агроэкологических условиях Кировской области [11].

По результатам дисперсионного анализа установлен доминирующий вклад генотипа (сорта) в изменчивость признака белоколосости у озимой ржи, который в питомнике КСИ составил 68,4 %, в ЭСИ – 59,4 %. Однако велико и влияние микросреды (повторения) на патогенез, которое составило 31,0 % и 39,6 %.

Поскольку основное заболевание озимых зерновых культур во многих областях Евро-Северо-Востока России (а особенно в Кировской области) – это снежная плесень [6, 8, 11], было проанализировано влияние болезни на частоту белоколосых и белостебельных биотипов в популяциях. В ходе корреляционного анализа выявлена положительная связь между этими признаками, которая у сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока была несущественной и составила $r = 0,29$, у сортов ЭСИ зависимость тесная и

Таблица 3

Проявление белоколосости (%) на сортах озимой ржи экологического испытания

Сорт (А)	Происхождение	Повторение полевого опыта (В)		Среднее по сортам	Среднее по эколого-географической группе
		I	II		
Альфа	ФГБНУ ФИЦ Немчиновка	0,02	0,10	0,06	0,08
Крона		0,02	0,13	0,08	
НВАК-285/15		0,09	0,02	0,06	
Татьяна		0,27	0,11	0,19	
Московская 12		0	0,02	0,02	
Чулпан 7	Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН	0,13	0,30	0,22	0,19
Памяти Кунакбаева		0,13	0,16	0,15	
Таловская 33	ФГБНУ НИИСХ ЦЧП	0,05	0,05	0,05	0,06
Таловская 41		0,05	0,09	0,07	
Волхова	ФГБНУ Ленинградский НИИСХ Белогорка	0,09	0,18	0,14	0,11
Короткостебельная популяция		0,11	0,11	0,11	
Былина		0,13	0,14	0,14	
Славия		0,07	0,05	0,06	
Памяти Бамбышева	ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока	0,04	0,05	0,05	0,04
Саратовская 7		0	0,02	0,02	
Марусенька		0,02	0,02	0,02	
Солнечная		0,02	0,10	0,06	
Безенчукская 87	ФГБНУ Самарский НИИСХ	0	0,16	0,08	0,08
Антарес		0,05	0,04	0,05	
Роксана		0,11	0,09	0,10	
Паром		0,07	0,23	0,15	
Алиса	Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФА-НИЦ РАН	0,18	0,18	0,18	0,16
Янтарная		0,09	0,16	0,13	
Чусовая		0,11	0,11	0,11	
Вираз		0,27	0,20	0,24	
Среднее по повторениям		0,08	0,12		
НСР ₀₅ (А) – 0,016; (В) – 0,011; (АВ) – 0,003					

Table 3

Expression of ear leucochroism (%) at winter rye cultivars in ecological test

Cultivar (A)	Origin	Repeat of field experiment (B)		Cultivar average	Ecological-geographical group average
		I	II		
<i>Alfa</i>	<i>Federal Investigation Center Nemchinovka</i>	0.02	0.10	0.06	0.08
<i>Krona</i>		0.02	0.13	0.08	
<i>HBAK-285/15</i>		0.09	0.02	0.06	
<i>Tatyana</i>		0.27	0.11	0.19	
<i>Moskovskaya 12</i>		0	0.02	0.02	
<i>Chulpan 7</i>	<i>Bashkirsky ARI UFIC RAS</i>	0.13	0.30	0.22	0.19
<i>Pamyaty Kunakbaeva</i>		0.13	0.16	0.15	
<i>Talovskaya 33</i>	<i>ARI of Central Chernozem Zone</i>	0.05	0.05	0.05	0.06
<i>Talovskaya 41</i>		0.05	0.09	0.07	
<i>Volkhova</i>	<i>Leningrad ARI Belogorka</i>	0.09	0.18	0.14	0.11
<i>Kortkostebel'naya populyatsiya</i>		0.11	0.11	0.11	
<i>Bylina</i>		0.13	0.14	0.14	
<i>Slaviya</i>		0.07	0.05	0.06	
<i>Pamyaty Bambysheva</i>	<i>ARI of South-East</i>	0.04	0.05	0.05	0.04
<i>Saratovskaya 7</i>		0	0.02	0.02	
<i>Marusen'ka</i>		0.02	0.02	0.02	
<i>Solnechnaya</i>		0.02	0.10	0.06	
<i>Bezenchukskaya 87</i>	<i>Samarsky ARI</i>	0	0.16	0.08	0.08
<i>Antares</i>		0.05	0.04	0.05	
<i>Roksana</i>		0.11	0.09	0.10	
<i>Parom</i>		0.07	0.23	0.15	
<i>Alisa</i>	<i>Uralsky ARI – Branch of Ural Research Center of RAS</i>	0.18	0.18	0.18	0.16
<i>Yantarnaya</i>		0.09	0.16	0.13	
<i>Chusovaya</i>		0.11	0.11	0.11	
<i>Virazh</i>		0.27	0.20	0.24	
Repeat average		0,08	0,12		
LSD ₀₅ (A) – 0.016; (B) – 0.011; (AB) – 0.003					

Таблица 4

Характер проявления корневых гнилей на тест-соргах озимой ржи (фаза полной спелости)

Сорт	Поражение, %	Развитие болезни, %
Кировская 89	74,6	28,8
Фаленская 4	72,8	28,6
Снежана	88,1	34,2
Графиня	86,6	31,6
Альфа	52,1	23,0
Чулпан 7	85,0	39,2
Волхова	93,0	39,7
Солнечная	87,9	33,4
Среднее	80,0 ± 2,9	32,9 ± 1,9
НСР ₀₅	9,0	5,8

Table 4

Expression of root rots at test-cultivars of winter rye (full ripeness stage)

Cultivar	Defeat, %	Disease development, %
Kirovskaya 89	74.6	28.8
Falenskaya 4	72.8	28.6
Snezhana	88.1	34.2
Grafinya	86.6	31.6
Alfa	52.1	23.0
Chulpan 7	85.0	39.2
Volkhova	93.0	39.7
Solnechnaya	87.9	33.4
Average	80.0 ± 2.9	32.9 ± 1.9
LSD ₀₅	9.0	5.8

Таблица 5

Количественные признаки сортов озимой ржи с признаками белоколосости

Сорт	Количество зерен на растении, шт.			Масса 1000 зерен, г		
	Белоколосые	Здоровые	% белоколосых от здоровых	Белоколосые	Здоровые	% белоколосых от здоровых
Кировская 89	13,8	125,2	11,0	12,5	31,5	39,7
Фаленская 4	11,6	226,8	5,1	10,2	28,4	35,9
Снежана	17,0	233,2	7,3	12,1	32,0	37,8
Графиня	5,9	198,0	3,0	11,7	34,2	34,2
Альфа	10,1	180,6	5,6	13,2	32,0	41,3
Чулпан 7	14,0	387,6	3,6	15,7	31,4	50,0
Волхова	28,0	264,8	10,5	14,4	33,2	43,4
Солнечная	12,8	168,0	7,6	12,3	29,8	41,3
Среднее	14,1 ± 2,6	233,0 ± 21,2	6,7	12,7 ± 0,3	31,6 ± 1,0	40,4
НСР ₀₅	8,8			0,8		

Table 5

Quantitative characteristics of winter rye cultivars having ear leucochroism signs

Cultivar	Number of grain per plant, pcs.			1000-grain mass, g		
	With ear leucochroism	Health	% of grain with ear leucochroism	With ear leucochroism	Health	% of grain with ear leucochroism
Kirovskaya 89	13.8	125.2	11.0	12.5	31.5	39.7
Falenskaya 4	11.6	226.8	5.1	10.2	28.4	35.9
Snezhana	17.0	233.2	7.3	12.1	32.0	37.8
Grafinya	5.9	198.0	3.0	11.7	34.2	34.2
Alfa	10.1	180.6	5.6	13.2	32.0	41.3
Chulpan 7	14.0	387.6	3.6	15.7	31.4	50.0
Volkhova	28.0	264.8	10.5	14.4	33.2	43.4
Solnechnaya	12.8	168.0	7.6	12.3	29.8	41.3
Average	14.1 ± 2.6	233.0 ± 21.2	6.7	12.7 ± 0.3	31.6 ± 1.0	40.4
LSD ₀₅	8.8			0.8		

Таблица 6

Структура микроорганизмов зерна озимой ржи с признаками белоколосости

Агротехнологии

Сорт	Инфицированных зерновок, %	Доля групп микроорганизмов в патогенном комплексе семян, %
Кировская 89	72,0	<i>Alternaria spp.</i> – 32,0 <i>Curvularia spp.</i> – 16,0 <i>Cladosporium spp.</i> – 16,0 <i>Stemphylium spp.</i> – 8,0
Фаленская 4	36,0	<i>Cladosporium spp.</i> – 16,0 <i>F. sporotrichoides</i> – 12,0 <i>Alternaria spp.</i> – 8,0
Снежана	52,0	<i>Alternaria spp.</i> – 36,0 <i>Cladosporium spp.</i> – 8,0 <i>Bipolaris sorokiniana</i> – 8,0
Графиня	66,0	<i>Alternaria spp.</i> – 36,0 <i>Cladosporium spp.</i> – 20,0 <i>F. sporotrichoides</i> – 8,0 <i>Bipolaris sorokiniana</i> – 2,0
Альфа	68,0	<i>F. avenaceum spp.</i> – 40,0 <i>Cladosporium spp.</i> – 16,0 <i>Alternaria spp.</i> – 12,0
Чулпан 7	76,0	<i>Curvularia spp.</i> – 32,0 <i>Cladosporium spp.</i> – 20,0 <i>F. avenaceum spp.</i> – 12,0 <i>Alternaria spp.</i> – 12,0
Волхова	52,0	<i>Alternaria spp.</i> – 36,0 <i>Cladosporium spp.</i> – 8,0 <i>Bipolaris sorokiniana</i> – 8,0
Солнечная	84,0	<i>Alternaria spp.</i> – 40,0 <i>Stemphylium spp.</i> – 16,0 <i>Cladosporium spp.</i> – 12,0 <i>F. sporotrichoides</i> – 8,0 <i>F. avenaceum spp.</i> – 8,0
Среднее	63,3	

Table 6

Structure of microorganisms of winter rye grains having ear leucochroism

Cultivar	Infected grains, %	Part of microorganism group in grain's pathogenic complex, %
<i>Kirovskaya 89</i>	72.0	<i>Alternaria spp.</i> – 32.0 <i>Curvularia spp.</i> – 16.0 <i>Cladosporium spp.</i> – 16.0 <i>Stemphylium spp.</i> – 8.0
<i>Falenskaya 4</i>	36.0	<i>Cladosporium spp.</i> – 16.0 <i>F. sporotrichoides</i> – 12.0 <i>Alternaria spp.</i> – 8.0
<i>Snezhana</i>	52.0	<i>Alternaria spp.</i> – 36.0 <i>Cladosporium spp.</i> – 8.0 <i>Bipolaris sorokiniana</i> – 8.0
<i>Grafinya</i>	66.0	<i>Alternaria spp.</i> – 36.0 <i>Cladosporium spp.</i> – 20.0 <i>F. sporotrichoides</i> – 8.0 <i>Bipolaris sorokiniana</i> – 2.0
<i>Alfa</i>	68.0	<i>F. avenaceum spp.</i> – 40.0 <i>Cladosporium spp.</i> – 16.0 <i>Alternaria spp.</i> – 12.0
<i>Chulpan 7</i>	76.0	<i>Curvularia spp.</i> – 32.0 <i>Cladosporium spp.</i> – 20.0 <i>F. avenaceum spp.</i> – 12.0 <i>Alternaria spp.</i> – 12.0
<i>Volkhova</i>	52.0	<i>Alternaria spp.</i> – 36.0 <i>Cladosporium spp.</i> – 8.0 <i>Bipolaris sorokiniana</i> – 8.0
<i>Solnechnaya</i>	84.0	<i>Alternaria spp.</i> – 40.0 <i>Stemphylium spp.</i> – 16.0 <i>Cladosporium spp.</i> – 12.0 <i>F. sporotrichoides</i> – 8.0 <i>F. avenaceum spp.</i> – 8.0
<i>Average</i>	63.3	

достоверная (при $P \geq 0,99$) – $r = 0,79$. В связи с этим можно полагать, что густота общего и продуктивного стеблестоя, обусловленная выносивостью к снежной плесени, в определенной мере усиливает проявление белоколосости и белостебельности в биоценозе. Вполне вероятно, что эта тенденция будет усиливаться на почвах, бедных по уровню плодородия, и при недостатке элементов питания для растений – в загущенных биоценозах.

При фитопатологическом анализе корневой системы у разных по происхождению и уровню белоколосости тест-сортов выявлено преобладание в популяциях пораженных растений с частотой от 52,1 % (Альфа) до 93,0 % (Волхова) (таблица 4). Оценивая развитие болезни по шкале М. Ф. Григорьева, лишь один сорт Альфа можно характеризовать как среднеустойчивый к корневым гнилям, остальные – восприимчивые.

Не установлено значимой связи между инфицированием колоса и корневой системы растений. Коэффициент корреляции (r) между белоколосостью и поражением корневыми гнилями составил 0,15, белоколосостью и развитием корневых гнилей – 0,30.

Озерненность пораженных колосьев была крайне низкая. У тест-сортов завязалось в среднем по 14,1 зерновки в одном растении (таблица 5), что по отношению к здоровым колосьям составляет 6,7 %. Однако присутствовала существенная внутривидовая дифференциация признака, поскольку количество зерен изменялось от 5,9 штук на растение (Графиня) до 28,0 штук на растение (Волхова). Сформировавшиеся немногочисленные зерновки были также мелкими и шуплыми. Масса 1000 зерен изменялась от 10,2 (Фаленская 4) до 15,7 (Чулпан 7) г, что на 50,0–64,1 % меньше, чем у непораженных растений этих сортов. Среди изученных тест-сортов к относительно выносливым (толерантным) можно считать сорт северо-западного экотипа Волхова [9], который имел наиболее высокие значения элементов продуктивности у пораженных растений.

В процессе микробиологического анализа зерновок с пораженных колосьев выявлена их высокая инфицированность, которая в среднем по сортименту составила 63,3 % (таблица 6). Однако присутствовала значительная внутривидовая изменчивость признака: от 36,0 % (Фаленская 4) до 84,0 % (Солнечная). Данное обстоятельство свидетельствует о том, что мелкое и шуплое зерно не всегда является признаком патологии и зараженности.

Здоровых зерновок у изучаемых тест-сортов было от 16 % до 64 %. Следует также учитывать латентное (бессимптомное) заражение семян грибами – продуцентами микотоксинов. Поэтому, несмотря на отсутствие четких симптомов поражения и низкую инфицированность семян, всегда имеется опасность скрытой инфекции. Высев таких семян сопровождается изреженностью всходов, зараженностью корневой системы и основания стебля. В видовой структуре микрофлоры зерна были идентифицированы представители 6 родовых таксонов (*Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Stemphylium spp.*, *Curvularia spp.*, *Helminthosporium spp.*, *Fusarium spp.*) с частотой от 3 до 5 в каждом сорте. Выделенные сообщества микроорганизмов мы условно разделили на 2 группы: грибы с темноокрашенным

мицелием, куда вошли штаммы *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Stemphylium spp.*, *Curvularia spp.*, *Helminthosporium spp.* (в основном *Bipolaris sorokiniana*) и грибы с розовоокрашенным мицелием *Fusarium spp.* (*F. sporotrichoides*, *F. avenaceum spp.*).

При оценивании характера инфицирования семян ржи выявлено доминирование грибов с темноокрашенным мицелием. Наибольшую частоту встречаемости этой группы микромицетов занимают виды *Alternaria spp.* (8,0–40,0 %), затем *Cladosporium spp.* (8,0–20,0 %), выделенные из каждой пробы зерновок. Многие виды *Alternaria spp.* и *Cladosporium spp.* вызывают такие заболевания, как оливковая плесень, чернь колоса и черный зародыш и практически всегда присутствуют в контаминанте зерна и патоконплексе корневых инфекций зерновых культур. Гельминтоспориозная инфекция с небольшой частотой (2,0–8,0 %) обнаружена на зерне только трех сортов ржи: Снежана, Графиня и Волхова. Виды *Curvularia spp.* и *Stemphylium spp.* принято считать условно-патогенными грибами и сопутствующей микрофлорой зерна. Особой опасности они не представляют. Фузариозная инфекция с частотой от 8,0 до 40,0 % диагностирована на зерновках пяти сортов озимой ржи. Среди фузариозных грибов идентифицированы только два вида: *F. sporotrichoides* (8,0–12,0 %) и *F. avenaceum* (8,0–40,0 %). Следует отметить, что вид *F. avenaceum* считается одним из наиболее агрессивных фузариев, и он сильнее развивается в условиях достаточного и избыточного увлажнения. Его основной ареал – северо-западный и центральный регионы РФ, Приморский край [2, 15]. Однако в 2019 году такие условия в период вегетации растений сложились и в Кировской области, что, вероятно, усилило видовую контаминацию зерна ржи свежего урожая. По нашим данным [16], вид *F. sporotrichoides* является одним из основных возбудителей фузариоза колоса и зерна озимой ржи в Кировской области. Среди других видов фузариев он наиболее вредоносен, так как снижает озерненность колоса до 26 %, а продуктивность растений – до 78 %. По данным Н. П. Шипиловой с соавторами (1998) [12], виды секции *Sporotrichiella* могут приводить и к скрытым формам поражения колоса, вызывая точечное потемнение и штриховатость колосковых чешуй.

Полученная информация по уровню фузариозного поражения зерна и белоколосости трудносопоставима. Оценивая степень инфицирования зерновок у сортов Фаленская 4, Графиня, Альфа, Чулпан 7 и Волхова с их белоколосостью, можно констатировать отсутствие значимой связи между этими признаками.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В наших исследованиях выявлена тенденция положительной связи между корневой инфекцией и белоколосостью растений озимой ржи ($r = 0,15$ и $r = 0,30$), но при этом не получено явных свидетельств о зависимости характера и степени инфицирования зерновок от состояния признака. На уровень белоколосости в значительной мере влияет густота стеблестоя, обусловленная в региональных условиях выносивостью к снежной плесени ($r = 0,29$ и $r = 0,79$). Установлен доминирующий вклад генотипа в изменчивость признака белоколосости у озимой ржи, который у новых популяций селекции ФАНЦ Северо-Вос-

тока составил 68,4 %, у сортов отечественной селекции – среды, выраженное в повторениях полевого опыта, на 59,4 %. Обнаружено также значительное влияние микропатогенеза, которое составило 31,0 % и 39,6 %.

Библиографический список

1. Багинова И. В., Соболев В. А., Цыбиков Б. Б. Зараженность семян зерновых культур корневыми гнилями в Бурятии // Актуальные вопросы развития аграрного сектора байкальского региона: материалы научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова». Улан-Удэ, 2019. С. 28–32.
2. Орина А. С., Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Лоскутов И. Г. Симбиотические взаимоотношения грибов *Fusarium* и *Alternaria*, колонизирующих зерно овса // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 986–994.
3. Заушинцева А. В., Сайнакова А. Б., Ложкина О. В. Поражение озимой ржи корневыми гнилями в таежной зоне Западной Сибири // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. Т. 1. № 2 (58). С. 11–14.
4. Овсянкина А. В., Сударенков Г. В., Корнюков Д. А. Видовой состав возбудителей корневой гнили и болезней колоса на посевах пшеницы в Оренбургской области // Теория и практика паразитарных болезней животных. 2016. № 17. С. 308–310.
5. Ovsyankina A. V. [et al.] The species ratio of root rot pathogens and wheat diseases at fields of the Orenburg region // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. No. 61 (1). Pp. 276–281.
6. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С., Гильмуллина Л. Ф. Особенности селекции озимой ржи на адаптивность в Республике Татарстан // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 5. С. 11–14.
7. Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Маннапова Г. С. [и др.]. Болезни озимой ржи в Среднем Поволжье и генетические источники устойчивости // Успехи современной науки. 2017. Т. 1. № 10. С. 130–138.
8. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С., Илалова Л. В. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 9 (150). С. 27–34.
9. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (6). С. 780–786. DOI 10.18699/VJ19.552.
10. Тершукова Ю. В., Жичкина Л. Н. Причины белоколосости в посевах яровой пшеницы // Актуальные проблемы современной науки и образования. Биологические науки: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет». Уфа, 2010. Том II. С. 354–357.
11. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Парфенова Е. С., Шамова М. Г. Влияние снежной плесени на урожайность озимой ржи в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (4). С. 315–323. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323.
12. Шипилова И. П., Нефедова Л. И., Иващенко В. Г. Диагностика фузариозного поражения колоса и заражения зерна на Северо-Западе России // Сборник методических рекомендаций по защите растений. Санкт-Петербург, 1998. С. 208–220.
13. Щеклеина Л. М. Характер цветения сортов озимой ржи различного эколого-географического происхождения // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы международной научно-практической конференции. Киров, 2015. С. 286–289.
14. Апаева Н. Н., Манишкин С. Г. Влияние приемов обработки почвы на развитие корневых гнилей и урожайность яровой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 11 (65). Часть 3. С. 99–102.
15. Gagkaeva T. Yu., Gavrilo O. P., Orina A. S., Blinova E. V., Loskutov I. G. Response of wild *Avena* species to fungal infection of grain // The Crop Journal. 2017. No. 5 (6). Pp. 499–508. DOI: 10.1016/j.cj.2017.04.005.
16. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Щенникова И. Г., Мартянова А. Н. Зависимость грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 58–62.

Об авторах:

Люция Муллахметовна 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
Татьяна Кузьмовна Шешегова¹, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией иммунитета и защиты растений, ORCID 0000-0003-2371-4949, AuthorID 745717; +7 912 731-64-56, sheshegova.tatyana@yandex.ru

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

Ear leucochroism on winter rye cultivars in agroecological conditions of Kirov region

L. M. Shchekleina¹✉, T. K. Sheshegova¹

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

✉E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Abstract. The purpose of the study is to study the effect of environment and genotype on the expression of ear leucochroism in winter rye plants. **Methods.** The research was carried out in the laboratory of immunity and plant protection of FASC of the North-East. The conditions and peculiarities of the expression of ear leucochroism and stalk albinism in 48 domestic varieties of winter rye was studied in field and laboratory experiments. In tested populations, count of such biotypes, phytopathological and microbiological analysis of root system and grain in affected plants were done. Repetition in *in vivo* studies – 2-fold, *in vitro* – 4-fold. **Results.** Five cultivars of a rye bred in FASC of the North-East (Sarmat, Falenskaya universal'naya, Garmoniya, Grafinya, and Perepel) with defeat up to 0.10 %, and 11 domestic cultivars of some Russian research institutions (Moskovskaya 2, Saratovskaya 7, Marusenka, Talovskaya 33, Pamyaty Bambysheva, Solnechnaya, Antares, HBAK-285/15, Slavia, Talovskaya 41, and Alpha) with defeat up to 0.07 % are revealed at a state of this trait at the indicator – 0.31 %. A positive link was found between root infection and plant ear leucochroism ($r = 0.15$ and $r = 0.30$), but there was no clear evidence of the dependence of the nature and degree of grain infection on the state of the trait. The level of ear leucochroism is significantly affected by the density of the plant stand due to the resistance to snow mold in regional conditions ($r = 0.29$ and $r = 0.79$). The dominant contribution of the genotype to the variability of the sign of ear leucochroism, which amounted to 68.4 % in new populations bred in FASC of the North-East, and in cultivars of domestic breeding – 59.4 %, has been established. A significant effect of the microenvironment (31.0 % and 39.6 %) on pathogenesis, expressed in field test repeats, was also found.

Keywords: winter rye, cultivar, ear leucochroism, grain and root damage, grain microorganism structure.

For citation: Shchekleina L. M., Sheshegova T. K. Belokolosost' na sortakh ozimoy rzhi v agroekologicheskikh usloviyakh Kirovskoy oblasti [Ear leucochroism on winter rye cultivars in agroecological conditions of Kirov region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 02 (193). Pp. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-27-36. (In Russian.)

Paper submitted: 17.01.2020.

References

1. Baginova I. V., Sobolev V. A., Tsybikov B. B. Zarazhennost' semyan zernovykh kul'tur kornevymi gnilyami v Buryatii [Contamination of grain seeds with root rot in Buryatia] // Aktual'nyye voprosy razvitiya agrarnogo sektora baykal'skogo regiona: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Dnyu rossiyskoy nauki FGBOU VO "Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya imeni V. R. Filippova". Ulan-Ude, 2019. Pp. 28–32. (In Russian.)
2. Orina A. S., Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Loskutov I. G. Simbioticheskiye vzaimootnosheniya gribov Fusarium i Alternaria, koloniziruyushchikh zerno ovsa [Symbiotic relationship of Fusarium and Alternaria fungi colonizing oat grain]. Sel'skokhozyajstvennaya biologiya. 2017. V. 52. (No. 5). Pp. 986–994. (In Russian.)
3. Zaushintsena A. V., Saynakova A. B., Lozhkina O. V. Porazheniye ozimoy rzhi kornevymi gnilyami v tayezhnoy zone Zapadnoy Sibiri [The defeat of winter rye by root rot in the taiga zone of Western Siberia] // Bulletin of the Kemerovo State University. 2014. Vol. 1. No. 2 (58). Pp. 11–14. (In Russian.)
4. Ovsyankina A. V., Sudarenkov G. V., Konyukhov D. A. Vidovoy sostav vozбудiteley kornevoy gnili i bolezney kolosa na posevakh pshenitsy v Orenburgskoy oblasti [Species composition of root rot pathogens and ear diseases on wheat crops in the Orenburg region] / Theory and practice of parasitic animal diseases Teoriya i praktika parazitarnykh bolezney zhivotnykh. 2016. No. 17. Pp. 308–310.
5. Ovsyankina A. V. [et al.] The species ratio of root rot pathogens and wheat diseases at fields of the Orenburg region // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. No. 61 (1). Pp. 276–281.
6. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Gilmullina L. F. Osobennosti selektsii ozimoy rzhi na adaptivnost' v Respublike Tatarstan [Features of winter rye selection for adaptability in the Republic of Tatarstan]. Achievements of Science and Technology of AIC. 2015. Vol. 29. No. 5. Pp. 11–14. (In Russian.)
7. Ponomarev S. N., Ponomareva M. L., Mannapova G. S. [et al.]. Bolezni ozimoy rzhi v Srednem Povolzh'ye i geneticheskiye istochniki ustoychivosti [Winter rye diseases in the Middle Volga region and genetic sources of sustainability] // Uspekhi sovremennoy nauki. 2017. No. 1 (10). Pp. 130–138. (In Russian.)
8. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Ilalova L. V. Fitosanitarnyy monitoring naiboleye vredonosnykh bolezney ozimoy rzhi v respublike Tatarstan [Phytopathological monitoring of the most harmful diseases of winter rye in the Republic of Tatarstan] // The bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University, 2019. No. 9 (150). Pp. 27–34. (In Russian.)
9. Safonova I. V., Aniskov N. I., Kobylansky V. D. Baza dannykh geneticheskikh resursov kolleksii ozimoy rzhi VIR kak sredstvo klassifikatsii geneticheskogo raznoobraziya, analiza istorii kolleksii i effektivnogo izucheniya i sokhraneniya [Da-

tabase of genetic resources of the VIR winter rye collection as a means of classifying genetic diversity, analyzing the history of the collection, and effectively studying and preserving it] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 23 (6). Pp. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552. (In Russian.)

10. Tershukova Yu. V., Zhichkin L. N. Prichiny belokolososti v posevakh yarovoy pshenitsy [Causes of white-wheat in spring wheat crops] // Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya. Biologicheskiye nauki: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem GOU VPO "Bashkirskiy gosudarstvennyy universitet". 2010. Pp. 354–357. (In Russian.)

11. Utkina E. I., Kedrova L. I., Parfenova E. S., Shamova M. G. Vliyaniye snezhnoy pleseni na urozhaynost' ozimoy rzhi v usloviyakh Kirovskoy oblasti [The influence of snow mold on the yield of winter rye in the conditions of the Kirov region] // Agrarian Science Euro-North-East. 2019. No. 20 (4). Pp. 315–323. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.4.315-323. (In Russian.)

12. Shipilova I. P., Nefedova L. I., Ivaschenko V. G. Diagnostika fuzarioznogo porazheniya kolosa i zarazheniya zerna na Severo-Zapade Rossii // Sbornik metodicheskikh rekomendatsiy po zashchite rasteniy [Diagnosis of Fusarium spike lesion and grain infection in the North-West of Russia]. Saint Petersburg, 1998. Pp. 208–220. (In Russian.)

13. Shchekleina L. M. Kharakter tsveteniya sortov ozimoy rzhi razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya [The nature of the flowering varieties of winter rye of various ecological and geographical origin] // Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy i rasteniyevodstve: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kirov, 2015. Pp. 286–289. (In Russian.)

14. Apayeva N. N., Manishkin S. G. Vliyaniye priyemov obrabotki pochvy na razvitiye kornevykh gniley i urozhaynost' yarovoy pshenitsy [The impact of soil processing on root rot development and spring wheat productivity] / The International Scientific Journal. 2017. No. 11 (65). Part 3. Pp. 99–102.

15. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S., Blinova E. V., Loskutov I. G. Response of wild Avena species to fungal infection of grain // The Crop Journal. 2017. No. 5 (6). Pp. 499–508. DOI: 10.1016/j.cj.2017.04.005.

16. Sheshhegova T. K., Shchekleina L. M., Shchennikova I. G., Martyanova A. N. (2017) Zavisimost' gribnoy infektsii zernovykh kul'tur ot sezonnoy dinamiki klimaticheskikh faktorov [The dependence of fungal infection of crops on the seasonal dynamics of climatic factors] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2017. Vol. 31. No. 4. Pp. 58–62. (In Russian.)

Authors' information:

Lucia M. Shchekleina¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, laboratory of immunity and protection of plants, ORCID 0000-0002-3589-5524, AuthorID 485437; +7 912 708-26-33, immunitet@fanc-sv.ru

Tatyana K. Sheshhegova¹, doctor of biological sciences, leading researcher, head of the laboratory of immunity and protection of plants, ORCID 0000-0003-2371-4949, AuthorID 745717; +7 912 731-64-56, sheshhegova.tatyana@yandex.ru

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