

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ / PLANT PROTECTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.223-230>
УДК 633.14:632.482.31



Влияние степени поражения спорыньей на элементы продуктивности сортов озимой ржи

© 2023. Л. М. Щеклеина ✉, Т. К. Шешегова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г.Киров, Российская Федерация

В условиях Кировской области (2020-2022 гг.) изучали 21 сорт озимой ржи селекции российских научных учреждений по характеру взаимоотношений в патосистеме «*Secale cereale* L. – *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.». При искусственной инокуляции цветков суспензией патогена все изучаемые сорта поражались спорыньей в пределах от 3,17 (Графит ФП) до 34,69 % (Саратовская 10) при засоренности зерна склероциями – от 0,13 (Графит ФП, Перепел) до 1,87 % (Янтарная), что свидетельствует об их восприимчивости к болезни. Однако с учетом признаков «поражение спорыньей», «засоренность зерна склероциями» и «урожайность» для дальнейшей селекции на устойчивость к спорынье можно рекомендовать сорта Перепел, Лика и Графит ФП селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого. Обнаружено влияние генотипа на биометрию склероциев. Об этом косвенным образом свидетельствует значительная изменчивость их параметров у разных сортов ржи, что следует учитывать при механической очистке зерна. На примере сорта Графит установлено достоверное ($P \geq 0.95$) снижение озерненности и продуктивности колоса при формировании в нем более двух склероциев, массы 1000 зерен – четырех склероциев. При увеличении их количества до 11 штук эта закономерность сохранялась, и вредоносность спорыньи достигала 64,05 % (озерненность колоса), 79,60 % (продуктивность колоса) и 46,32 % (крупность зерна). В процессе регрессионного анализа выявлено, что с увеличением зараженности колоса на 1-2 склероция количество зерен в колосе снижается на 4,96 шт., масса зерна с колоса – на 0,26 г, крупность зерна – на 2,49 г. Подобные расчеты с предварительным анализом степени поражения растений могут иметь прогностическое значение при оценке потенциальной вредоносности спорыньи.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., сорта, поражение, засорение зерна склероциями, биометрия склероциев, озерненность колоса, масса зерна с колоса, крупность зерна

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема FNWE-2022-0007).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Влияние степени поражения спорыньей на элементы продуктивности сортов озимой ржи. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(2):223-230.
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.223-230>

Поступила: 24.01.2023

Принята к публикации: 14.03.2023

Опубликована онлайн: 25.04.2023

Influence of the degree of ergot damage on the productivity elements of winter rye varieties

© 2023. Lucia M. Shchekleina ✉, Tatyana K. Sheshegova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

Under the conditions of the Kirov region in 2020-2022 there were studied 21 varieties of winter rye bred by Russian scientific institutions according to the nature of the relationship in the patho-system "*Secale cereale* L. – *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.". Under artificial inoculation of flowers with a suspension of the pathogen all the studied varieties were affected by ergot in the range from 3.17 (Graphite FP) to 34.69 % (Saratovskaya 10), with grain contamination with sclerotia – from 0.13 (Graphite FP, Quail) up to 1.87 % (Amber), which indicates their susceptibility to the disease. However, taking into account the signs of "damage by ergot", "contamination of grain with sclerotia" and "yield" for further breeding for ergot resistance, it is possible to recommend varieties Perepel, Lika and Graphite FP (bred by the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky). The influence of the genotype on the biometry of sclerotia has been revealed. This is indirectly evidenced by the significant variability of their parameters in different varieties of rye, which should be taken into account during the mechanical cleaning of grain. Using the Graphite variety as an example, a significant ($P \geq 0.95$) decrease in the grain content and productivity of an ear has been established when more than two sclerotia are formed in it, and four sclerotia form 1000 grains. With an increase in their number to 11 pieces, this pattern remained unchanged, and the harmfulness of ergot reached 64.05 % (ear grain size), 79.60 % (ear productivity) and 46.32 % (grain size). In the process of regression analysis,

it has been established that with an increase in infection of the ear by 1-2 sclerotia, the number of grains in the ear decreases by 4.96 pieces, the mass of grain per ear – by 0.26 g, the grain size – by 2.49 g. The similar calculations with a preliminary analysis of the degree of plant damage can be of prognostic value in assessing the potential harmfulness of ergot.

Keywords: *Secale cereale* L., *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., cultivars, infection, grain contamination with sclerotia, sclerotia biometry, ear grain size, grain weight per ear, grain size

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme FNWE-2022-0007).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Shchekleina L. M., Sheshegova T. K. Influence of the degree of ergot damage on the productivity elements of winter rye varieties. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(2):223-230. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.223-230>

Received: 24.01.2023

Accepted for publication: 14.03.2023

Published online: 25.04.2023

Спорынья зерновых культур, вызываемая грибом *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. (класс *Ascomycetes*), в последние годы прогрессирует во многих регионах Российской Федерации [1, 2, 3] и за рубежом, особенно в республиках Прибалтики, западных областях Беларуси, странах Центральной Европы [4, 5, 6]. Экономически значимый вред болезнь приносит растениям озимой ржи, но периодически поражает посевы пшеницы, тритикале, ячменя [7, 8, 9].

Данные о вредоносности этой болезни часто бывают занижены, поскольку о ней судят по проценту колосьев со склероциями. Однако при обмолоте зерна часть склероциев осыпается, попадает в почву или сохраняется с семенами в виде биологической примеси [10]. Уровень ущерба от спорыньи усиливается при сочетании основных факторов: наличия инфекции *C. purpurea* в природе (склероции на поверхности почвы и в семенном материале), нарушение агротехнологии (минимальные способы обработки почвы, короткоротационные зернонасыщенные севообороты, посев свежесобранными семенами и др.), благоприятные погодные условия в период прорастания склероциев и при заражении завязи.

Прямые потери урожая происходят за счет уменьшения продуктивности колоса, вследствие замещения некоторых зерен склероциями. Кроме того, на формирование склероциев расходуются большое количество питательных веществ, в результате чего задерживается развитие здоровых цветков, а зерно в них не завязывается либо формируется более мелкое и шуплое [11].

В исследованиях зарубежных ученых показан уровень ущерба от спорыньи в посевах

озимой ржи: от 6 % в Прибалтике [12] и 13 % в Беларуси¹ до 25 % в Германии². В России болезнь ежегодно фиксируется в Поволжском и Центральном регионах, а также в областях, граничащих с Беларусью [13]. Так, в Республике Татарстан с 2002 г. максимальное поражение посевов озимой ржи варьировало от 1,68 до 3,68 % [14]. В Кировской области отмечают ежегодное проявление болезни при среднем поражении посевов ржи от 0,02 до 1,70 %, при максимальном – 5,0-8,0 % [10]. Следует отметить, что при сильном поражении (более 3 склероциев в колосе) их содержание в урожае превышает допуски для продовольственного и фуражного зерна. Поэтому в настоящее время национальные стандарты исключают наличие склероциев спорыньи в оригинальных и высокорепродукционных семенах [15, 16, 17]. Биологическая опасность этой болезни заключается в том, что примесь склероциев в зерне или муке делает их ядовитыми для человека и животных [8].

Цель исследований – выявить уровень вредоносности спорыньи в зависимости от степени поражения колоса и генотипа озимой ржи.

Новизна исследований – впервые в условиях Кировской области изучено влияние спорыньи на элементы продуктивности сортов озимой ржи при искусственной инокуляции завязи водно-споровой суспензией гриба *C. purpurea*. Выявлены наименее поражаемые сорта, перспективные для селекции на устойчивость к спорынье. Статистически доказан уровень снижения элементов продуктивности колоса при разной степени его инфицирования.

¹Буга С. Ф., Немкович А. И. Спорынья озимой ржи. НТИ и рынок. 1997;(7):22-23.

²Jank B. Mutterkorn – ein Problem in Durumweizen im Jahre 1985. *Gesunde Pflanzen*. 1986;38(5):219-221.

Материал и методы. Исследования проводили в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2020-2022 гг. Изучали 21 сорт озимой ржи отечественной селекции, отличающиеся по восприимчивости к спорынье. Посев проводили на фитопатологическом участке на делянках площадью 1 м² в трехкратной повторности. При создании инфекционного фона применяли авторскую методику [18] с использованием патогенных штаммов *S. purpurea* (P-20/с, P-22) из рабочей коллекции лаборатории иммунитета и защиты растений. Инокулюм в виде водно-споровой суспензии с титром 10⁵ конидий/мл вносили с помощью шприца в завязь цветков средней части колоса при формировании зеленых пыльников (фаза 51 по шкале Zadoks). В каждом повторении сорта заражали по 10-15 растений.

В фазу восковой спелости зерна проводили анализ проявления спорыньи на сортах. Учитывали два показателя: «поражение» – в процентах по отношению к общему количеству инокулированных растений и «засоренность зерна склероциями» – в процентах к массе зерна. Характеристику по устойчивости к спорынье давали на основании шкалы Т. Миеданер с соавт. (T. Miedaner et al.) [19]. Далее анализировали влияние интенсивности поражения спорыньей на величины урожайобразующих показателей (озерненность колоса, масса зерна с колоса и крупность зерна) и определяли биометрические показатели склероциев (длина, ширина, масса).

Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного 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 и их обсуждение. Выявлено, что при искусственной инокуляции *S. purpurea* данный набор изучаемых сортов поражался спорыньей в пределах от 3,17 до 34,69 % (табл. 1), хотя ранее иммунологические показатели на отчасти другом генофонде озимой ржи были выше [3]. Следует отметить, что на проявление этой болезни значительное влияние оказывают сезонные климатические факторы. Наши расчеты показали, что в растительно-микробных взаимодействиях «*Secale cereale* – *Claviceps purpurea*» вклад фактора «год» в формирование величины признаков «поражение» и «засоренность зерна склероциями» достигал 36,6 и 29,1 %, вклад фактора

«генотип» – 17,1 и 27,5 % соответственно [18]. К сожалению, высокая зависимость проявления спорыньи от условий года и неучтенных факторов ограничивают возможности классической селекции в данном направлении. Поэтому, как и в отношении других болезней, возбудителями которых являются неспециализированные патогены, селекция ржи должна быть ориентирована на поиск толерантных популяций, а также биотипов непоражаемых или с наименьшим количеством склероциев в колосе. Среди анализируемого генофонда, величина признака «поражение» у новых популяций селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока варьировала от 3,17 (Графит ФП) до 21,57 % (Батист), сортов других НИУ РФ – от 11,90 (Викрас) до 34,69 % (Саратовская 10). Несмотря на то, что согласно шкале [19] весь изученный генофонд характеризуется восприимчивостью к спорынье, определенную иммунологическую ценность представляют новые популяции селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока – Графит ФП, Перепел и Лика. В течение трех лет они поражались существенно меньше стандарта и других сортов.

Для более объективной характеристики изучаемых генотипов по устойчивости к спорынье мы провели анализ засоренности зерновой массы склероциями. Признак варьирует в широких пределах – от 0,13 (Графит ФП, Перепел) до 1,87 % (Янтарная), что также свидетельствует о существенных различиях по восприимчивости к болезни.

С учетом двух иммунологических признаков для дальнейшей селекции в этом направлении можно рекомендовать сорта Перепел, Лика, Графит ФП, Садко и Чусовая. Следует отметить, что популяция Перепел создана с участием источников, выделенных на инфекционном фоне *S. purpurea*; Графит ФП – с привлечением источников устойчивости к *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett и *S. Purpurea*. Сорт Лика проходит государственное испытание с 2021 г.

Высокой урожайностью (1010...1120 г/м²) отличались сорта Перепел, Лика, Батист, Графит ФП, Симфония, Графит, Эврика и Марусенька, что достоверно (при $P \geq 0,95$) выше стандарта Фаленская 4. Наименее продуктивными (700...840 г/м²) были восприимчивые к спорынье сорта, среди которых Янтарная, Викрас, Саратовская 7 и Солнышко, что косвенно подтверждает обусловленность значительной вариабельности признака «урожайность» патогенезом спорыньи.

Таблица 1 – Проявление спорыньи при искусственной инокуляции и влияние болезни на продуктивность сортов озимой ржи (в среднем за 2020-2022 гг.) /
Table 1 – The manifestation of ergot during artificial inoculation and the impact of the disease on the productivity of winter rye varieties (average for 2020-2022)

Сорт / Variety	Происхождение / Origin	Поражение спорыньей, % / Ergot damage, %	Засоренность зерна склероциями, % / Grain contamination with sclerotia, %	Масса зерна, г/м² / Grain weight, g/m²	Биометрия 1 склероция / Biometrics 1 sclerotia		
					длина, мм / length, mm	ширина, мм / width, mm	масса, г / weight, g
Фаленская 4 – стандарт / Falenskaya 4 – standard	ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока / Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky	16,67	0,30	740,0	16,67±5,55	2,67±0,33	0,09±0,05
Фаленская крупнозерная / Falenskaya krupnozernaya		9,84	0,58	840,0	21,33±2,91	3,33±0,67	0,15±0,07
Батист / Batist		21,57	0,75	1060*	25,33±8,82	3,67±0,88	0,25±0,14
Лика / Lika		8,33	0,29	1080*	19,00±5,86	3,67±0,88	0,18±0,12
Гармония / Garmoniya		14,89	0,49	760	19,33±4,06	3,33±0,67	0,14±0,06
Симфония / Simfoniya		18,92	0,38	1040*	20,00±4,93	3,33±0,33	0,14±0,08
Перепел / Perepel		3,85	0,13	1120*	14,00±4,93	3,33±0,88	0,10±0,06
Графит / Grafit		14,63	0,47	1020*	21,00±6,81	3,00±0,58	0,15±0,07
Графит ФП / Grafit FP		3,17	0,13	1060*	14,33±2,60	2,67±0,33	0,06±0,02
Садко / Sadko		7,14	0,54	840	17,00±3,21	3,33±0,33	0,11±0,05
Дана / Dana	Ленинградский НИИСХ / Leningrad Research Agriculture Institute	26,09	0,86	1000*	17,00±5,86	3,33±0,88	0,15±0,09
Эра / Era		23,40	0,78	920	22,33±9,35	4,00±1,53	0,28±0,23
Эврика / Evrika		11,11	0,52	1010*	18,00±9,07	3,00±1,00	0,16±0,12
Янтарная / Yantarnaya	Уральский НИИСХ / Ural Research Institute of Agriculture	33,33	1,87	700	17,67±6,17	3,67±0,88	0,18±0,11
Чусовая / Chusovaya		6,67	0,19	840	16,67±5,67	3,33±0,67	0,13±0,07
Дарвет / Darvet		26,32	0,92	780	17,93±8,53	4,00±0,58	0,24±0,15
Викрас / Vikras	ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока / Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region	11,90	0,45	720	22,33±6,01	4,00±1,15	0,17±0,07
Саратовская 7 / Saratovskaya 7		16,67	0,31	900	16,33±2,73	3,00±1,00	0,08±0,04
Саратовская 10 / Saratovskaya 10		34,69	1,78	840	20,67±4,33	3,67±0,88	0,21±0,10
Солнышко / Solnyshko		27,08	1,07	820	21,33±6,98	4,00±1,00	0,15±0,08
Марусенька / Marusen'ka		13,11	0,47	1000*	19,67±6,17	3,00±0,58	0,11±0,07
НСР ₀₅ / LSD ₀₅		4,43	0,13	-	-	-	-

* Превышение достоверно к стандарту Фаленская 4 при P ≥ 0,95 / Significant excess to the Falenskaya 4 standard at P ≥ 0,95

Как правило, уровень инфекционной нагрузки *S. purpurea* определяет не только количество склероциев в природе, но и их размер, так как крупные склероции образуют больше головчатых стром с плодовыми телами и аскоспорами^{3,4}.

Биометрические показатели склероциев имеют первостепенное значение при механической очистке зерновой массы. Очистку и сортировку зерна ржи от различных примесей осуществляют преимущественно с помощью воздушно-решетно-триерных машин, но иногда используются пневмосортировальные столы, фотосепараторы и другие устройства. При этом следует учитывать, что физико-механические свойства склероциев спорыньи имеют близкие значения аналогичным параметрам зерна ржи, что затрудняет их разделение [20].

В наших исследованиях масса одного склероция изменялась от 0,06 до 0,28 г. Наиболее крупными (0,20...0,28 г) они формировались на сортах Эра, Батист, Дарвет, Саратовская 10; самыми легковесными (0,06...0,10 г) – Графит ФП, Перепел, Саратовская 7 и Фаленская 4;

самыми длинными (25 мм) – у сорта Батист, короткими (14,00...14,33 мм) – Перепел, Графит ФП. Можно полагать, что исходя из биометрии склероциев, наиболее трудноотделимыми при разных способах механической очистки зерна они могут быть у сортов Эра, Дарвет и Батист, вероятно, из-за их высокой массы.

На примере популяции Графит выполнен более детальный анализ изменчивости элементов продуктивности растений при разной степени поражения колоса спорыньей. В непораженном колосе количество зерен в среднем составило 59. Значения признаков «озерненность колоса» и «масса зерна с колоса» достоверно снижались уже при формировании в нем двух склероциев (табл. 2). При наличии одного склероция количество зерен в колосе снижалось на 1,33 шт., продуктивность колоса – на 0,07 г. Далее при увеличении количества склероциев до 11 штук эта закономерность сохранялась, и вредоносность спорыньи достигла 64,05 % (озерненность колоса) и 79,60 % (продуктивность колоса).

Таблица 2 – Влияние степени поражения спорыньей на элементы продуктивности растений озимой ржи сорта Графит (в среднем за 2020-2022 гг.) /

Table 2 – Influence of the degree of ergot damage on the elements of productivity of winter rye plants of the Graphit variety (average for 2020-2022)

Количество склероциев в колосе / The number of sclerotia in the spike	Количество зерен в колосе / Number of grains in the ear		Масса зерна с колоса / The mass of grain per the ear		Масса 1000 зерен / Weight of 1000 grains	
	шт. / pcs	вредоносность, % / harmfulness, %	г / g	вредоносность, % / harmfulness, %	г / g	вредоносность, % / harmfulness, %
Непораженные колосья / Unaffected ears						
0 (контроль) / 0 (control)	59,33±2,40	-	2,50±0,07	-	42,23±0,50	-
Пораженные колосья / Affected ears						
1	58,00±1,53	2,24	2,43±0,02	2,80	41,90±0,97	0,78
2	52,00±1,73	12,35	2,12±0,08	15,20	40,77±0,20	3,46
3	42,33±0,88	28,65	1,70±0,04	32,00	39,87±0,20	5,59
4	38,33±0,88	35,40	1,41±0,03	43,60	36,53±0,15	13,50
6	35,00±0,58	41,01	1,23±0,02	50,80	34,67±0,33	17,91
7	32,33±3,53	45,51	0,98±0,11	60,80	30,30±0,15	28,25
8	25,00±0,58	57,86	0,76±0,03	69,60	26,87±0,59	36,37
11	21,33±2,40	64,05	0,51±0,06	79,60	22,67±1,76	46,32
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	5,81	-	0,18	-	2,16	-
P, %	4,79	-	3,98	-	2,05	-

³Немкович А. И. Биологическое обоснование защиты озимой ржи от спорыньи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Прилуки: Белорусский НИИ защиты растений, 1999. 18 с.

⁴Пшедецкая Л. И. Биологические особенности спорыньи на культурных и луговых злаках, как материал для обоснования мероприятий по борьбе с ней: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1953. 20 с.

По признаку «крупность зерна» также наблюдали тенденцию к снижению (на 0,33-19,56 г), но достоверное изменение отмечалось только при формировании четырех и более склероциев в колосе. У непораженных растений сорта Графит масса 1000 зерен в среднем составила 42,23 г. При формировании 11 склероциев крупность зерна уменьшалась наполовину, и вредоносность спорыньи по этому признаку достигала 46,32 %.

Регрессионный анализ также показывает уровень возможного снижения значений показателей продуктивности растений в связи с поражением колоса спорыньей (табл. 3). Урав-

нения линейного тренда между количеством склероциев в колосе, массой зерна с колоса и количеством зерен в колосе подтвердили, что с увеличением зараженности колоса на 1-2 склероция количество зерен в колосе снижается на 4,96 шт., масса зерна с колоса – на 0,26 г, крупность зерна – на 2,49 г. Величина коэффициента детерминации $R^2 = 0,931-0,988$ характеризуется как высокая. После мониторинга ржаных посевов по степени поражения растений подобные расчеты могут иметь прогностическое значение для оценки потенциальной вредоносности спорыньи.

Таблица 3 – Зависимость показателей продуктивности растений озимой ржи от степени поражения колоса спорыньей /

Table 3 – Dependence of indicators of productivity of winter rye plants on the degree of ergot damage of ears

Показатель / Indicator	Уравнение регрессии / Regression Equation	Коэффициент детерминации, R^2 / Determination coefficient, R^2
Количество зерен в колосе / The number of grains in the ear	$y = -4,9617x + 65,197$	0,981
Масса зерна с колоса / The mass of grain per ear	$y = -0,2617x + 2,8083$	0,988
Масса 1000 зерен / Weight of 1000 grains	$y = -2,4867x + 47,533$	0,931

Заключение. Таким образом, установлено существенное снижение озерненности и продуктивности колоса при формировании в нем более двух склероциев, массы 1000 зерен – четырех. Вредоносность спорыньи достигала 2,40...64,05 % (озерненность колоса), 2,80...79,60 % (продуктивность колоса) и 0,78...46,32 % (крупность зерна). Для дальнейшей селекции на устойчивость к спорынье рекомендуются сорта Перепел, Лика, Графит ФП, Садко и Чусовая,

которые при искусственной инокуляции *C. purpurea* поражаются значительно меньше, а новые популяции Перепел, Лика и Графит ФП селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока отличаются также высокой урожайностью (1060-1120 г/м²). При механической очистке ржи следует учитывать биометрические особенности склероциев спорыньи, характерные для зерновой массы того или иного сорта.

Список литературы

1. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С., Илалова Л. В. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан. Вестник КрасГАУ. 2019;(9):27-34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41172898> EDN: UMBDMO
2. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Развитие спорыньи на низкопентозановой диплоидной озимой ржи. Зерновое хозяйство России. 2021;(4):73-78. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-73-78> EDN: GCKNZY
3. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Сорта озимой ржи, умеренно устойчивые к спорынье. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022;183(4):229-238. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-229-238> EDN: DHRDBQ
4. Урбан Э. П., Гордей С. И., Артюх Д. Ю., Гордей И. С. Направления, методы и результаты селекции ржи (*Secale cereal L.*) в Беларуси. Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2022;60(2):160-170. DOI: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170> EDN: VTNHNC
5. Kodisch A., Wilde P., Schmiedchen B., Fromme F.-J., Rodemann B., Tratwal A., Oberforster M., Wieser F., Schiemann A., Jorgensen N., Miedaner T. Ergot infection in winter rye hybrids shows differential contribution of male and female genotypes and environment. Euphytica. 2020;216:65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02600-2>
6. Miedaner T., Kodisch A., Raditschnig A., Eifler J. Ergot alkaloid contents in hybrid rye are reduced by breeding. Agriculture. 2021;11(6):526. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060526>

7. Кадыров А. М. Изучение устойчивости ярового ячменя к поражению спорыньей (*C. purpurea*). Земледелие и селекция в Белоруссии. 2003;(39):225-229.
8. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Антипова Т. В., Желифонова В. П., Козловский А. Г. Поиск генотипов ржи и пшеницы, устойчивых к *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. и не накапливающих эргоалкалоиды в склероциях гриба. Сельскохозяйственная биология. 2021;56(3):549-558.
DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.3.549rus> EDN: FNETQQ
9. Щеклеина Л. М. Спорынья в посевах яровой пшеницы и поиск устойчивых сортов. Биосфера. 2022;14(4):432-435. Режим доступа: <http://21bs.ru/index.php/bio/article/view/765/533> EDN: FADDSW
10. Щеклеина Л. М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):134-143. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143> EDN: LBQKTQ
11. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Проблема спорыньи злаков (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.): история и современность (обзор). Теоретическая и прикладная экология. 2013;(1):5-12.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19100654&ysclid=ld1sbrs11y443494750> EDN: QBZMBJ
12. Dabkevičius Z., Semaškiene R. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in cereal crops of Lithuania. Biologie. 2001;(3)8-10. URL: elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/B-08.pdf
13. Назарова Л. Н., Соколова Е. А. Прогрессирующие грибы, паразитирующие на зерне. Агро XXI. 2000;(4):2-3.
14. Хазиев А. З., Пономарева М. Л. Ущерб от спорыньи на озимой ржи и меры его предупреждения. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2007;2(2):80-82.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12899922> EDN: KWHNGL
15. Буга С. Ф. Нельзя недооценивать протравливание семян. Защита и карантин растений. 2007;(3):30-31.
16. Гончаренко А. А. Современное состояние производства, методы и перспективы направления селекции озимой ржи в РФ. Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: мат-лы Всеросс. научно-практ. конф. Уфа: Башкирский НИИ СХ, 2009. С. 40-76.
17. Miedaner T., Geiger H. H. Biology, genetics and management of ergot (*Claviceps spp.*) in rye, sorghum and pearl mille. Toxins. 2015;(7):659-778.
18. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье: методическое пособие. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. 27 с.
19. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H. H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. Book of abstracts: International Symposium on Rye Breeding & Genetics Minsk: Belarus. 2010. P. 83.
20. Сысуев В. А., Саитов В. Е., Фарафонов В. Г., Саитов А. В. Статистическая оценка интервала значений удельной массы зерна озимой ржи Фаленская 4 и склероциев спорыньи. Успехи современного естествознания. 2017;(10):48-53.
Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36559&ysclid=lejgmts5b7273931594> EDN: ZQNRXZ

References

1. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Ilalova L. V. Phytosanitary monitoring of the most harmful winter rye diseases in the republic of Tatarstan. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2019;(9):27-34. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41172898>
2. Kobylansky V. D., Solodukhina O. V. Ergot development on low-pentosan diploid winter rye. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2021;(4):73-78. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-73-78>
3. Shchekleina L. M., Sheshhegova T. K. Winter rye cultivars moderately resistant to ergot. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2022;183(4):229-238. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-229-238>
4. Urban E. P., Gordey S. I., Artyukh D. Yu., Gordey I. S. Directions, methods and results of rye (*Secale cereale* L.) breeding in Belarus. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series. 2022;60(2):160-170. (In Belarus). DOI: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170>
5. Kodisch A., Wilde P., Schmiedchen B., Fromme F.-J., Rodemann B., Tratwal A., Oberforster M., Wieser F., Schiemann A., Jorgensen N., Miedaner T. Ergot infection in winter rye hybrids shows differential contribution of male and female genotypes and environment. *Euphytica*. 2020;216:65.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02600-2>
6. Miedaner T., Kodisch A., Raditschnig A., Eifler J. Ergot alkaloid contents in hybrid rye are reduced by breeding. *Agriculture*. 2021;11(6):526. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060526>
7. Kadyrov A. M. Study of ergot resistance of spring barley. (*C. purpurea*). *Zemledelie i selektsiya v Belorussii*. 2003;(39):225-229. (In Belarus).

8. Sheshegova T. K., Shchekleina L. M., Antipova T. V., Zhelifonova V. P., Kozlovskiy A. G. Search for rye and wheat genotypes which are resistant to *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. and hamper accumulation of ergoalkaloids in sclerotia. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2021;56(3):549-558. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.3.549rus>
9. Shchekleina L. M. Ergot in spring wheat and the search for resistant wheat varieties. *Biosfera*. 2022;14(4):432-435. (In Russ.). URL: <http://21bs.ru/index.php/bio/article/view/765/533>
10. Shchekleina L. M. Influence of weather factors on separate periods of fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul development and level of ergot harmfulness in Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):134-143. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>
11. Shchekleina L. M., Sheshegova T. K. The problem of ergot grains (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.): past and present (review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* = Theoretical and Applied Ecology. 2013;(1):5-12. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19100654&ysclid=ld1sbrs11y443494750>
12. Dabkevičius Z., Semaškiene R. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in cereal crops of Lithuania. *Biologie*. 2001;(3):8-10. URL: elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/B-08.pdf
13. Nazarova L. N., Sokolova E. A. Progressive fungi parasitizing on grain. *Agro XXI*. 2000;(4):2-3. (In Russ.).
14. Khaziev A. Z., Ponomareva M. L. Ergot damage of winter rye and measures of prevention. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2007;2(2):80-82. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12899922>
15. Buga S. F. Seed dressing should not be underestimated. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2007;(3):30-31. (In Russ.).
16. Goncharenko A. A. Modern state of production, methods and prospects for the direction of winter rye breeding in the Russian Federation. Winter rye: breeding, seed production, technology and processing: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference. Ufa: *Bashkirskiy NIISKh*, 2009. pp. 40-76.
17. Miedaner T., Geiger H. H. Biology, genetics and management of ergot (*Claviceps spp.*) in rye, sorghum and pearl mille. *Toxins*. 2015;(7):659-778.
18. Sheshegova T. K., Shchekleina L. M., Kedrova L. I., Utkina E. I. Selection of winter rye for resistance to ergot: methodological guide. Kirov: *FGBOU VO Vyatskaya GSKhA*, 2018. 27 p.
19. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H. H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. Book of abstracts: International Symposium on Rye Breeding & Genetics Minsk: Belarus. 2010. P. 83.
20. Sysuev V. A., Saitov V. E., Farafonov V. G., Saitov A. V. Statistical evaluation of value interval of grain specific weight of winter rye Falenskaya 4 and ergot sclerotia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2017;(10):48-53. (In Russ.). URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36559&ysclid=lejmqmts5b7273931594>

Сведения об авторах

✉ **Щеклеина Люция Муллаахметовна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3589-5524>, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Шешегова Татьяна Кузьмовна, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2371-4949>

Information about the authors

✉ **Lucia M. Shchekleina**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Laboratory of Immunity and Plant Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a, Lenin Street, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3589-5524>, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Tatyana K. Sheshegova, DSc in Biological Sciences, leading researcher, the Laboratory of Immunity and Plant Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a, Lenin Street, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2371-4949>

✉ – Для контактов / Corresponding author