

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К ТИФУЛЕЗНОЙ СНЕЖНОЙ ПЛЕСЕНИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ РЖИ ИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ

С.Ю. Павлова, М.Л. Пономарева

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: swetlanapavlova00@mail.ru

Аннотация. Поражение озимой ржи патогенами снежной плесени приводит к снижению урожайности и качества продукции. Грибы рода *Typhula* являются одними из наиболее распространенных возбудителей снежной плесени. Использование наиболее устойчивых сортов в селекции ржи может привести к уменьшению вредоносности заболевания. Целью данного исследования была оценка устойчивости к тифулезной снежной плесени отечественных сортов озимой ржи.

Ключевые слова: озимая рожь, тифулезная снежная плесень, *Typhula incarnata*, *Typhula ishikariensis*, устойчивость.

RESISTANCE TO TYPHULA SNOW MOLD OF DOMESTIC WINTER RYE VARIETIES FROM THE GENETIC COLLECTION

S.Yu. Pavlova, M.L. Ponomareva

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation
e-mail: swetlanapavlova00@mail.ru

Abstract. Infection of winter rye by pathogens of snow mold leads to a decrease in yield and product quality. Fungi of the genus *Typhula* are among the most common pathogens of snow mold. The use of the most resistant varieties in rye breeding can lead to a reduction in the harmfulness of the disease. The purpose of this study was to assess the resistance to *Typhula* snow mold of domestic varieties of winter rye.

Keywords: winter rye, *Typhula* snow mold, *Typhula incarnata*, *Typhula ishikariensis*, resistance.

Введение. Озимая рожь считается одной из наиболее значимых продовольственных культур. По пищевой и физиологической ценности зерно ржи имеет много преимуществ [1], поскольку является источником полезных минералов, витаминов и других биоактивных соединений, положительно влияющих на организм человека.

Рожь характеризуется способностью давать высокие урожаи даже при выращивании в условиях экологических стрессов, в частности крайне низких температур, засухи и низкого плодородия почвы [2]. Относительно высокая устойчивость к сложным почвенно-климатическим условиям обусловлена хорошо развитой корневой системой, что позволяет ее возделывать на бедных землях, непригодных для большинства других зерновых культур. Нетребовательный характер выращивания ржи является одним из основных преимуществ культуры над другими злаками [3].

Однако рожь подвержена воздействию различных факторов окружающей среды. Выпревание, которое наблюдается при длительном снежном покрове, может привести к гибели посевов. Если при этом верхний слой подтает, а затем температура опустится ниже 0°C, то образуется ледяная корка и прекращается воздухообмен. В этих условиях создается благоприятная среда для развития крайне вредоносного заболевания озимой ржи - снежной плесени.

К возбудителям снежной плесени относят ряд низкотемпературных (или психрофильных/психротолерантных, или криофильных) грибов и оомицетов, сходных по экологии и био-

логии [4]. Патогены инфицируют растения, как правило, в осенний период, активно развиваются под снежным покровом и в начале весны, когда сохраняются пониженные температуры [5]. На сегодняшний момент доминирующими возбудителями снежной плесени являются представители рода *Microdochium* (*M. nivale*, *M. majus*), вызывающие розовую снежную плесень, *Sclerotinia* (*S. borealis*), вызывающую снежный ожог, а также *Typhula* (*T. ishikariensis*, *T. incarnata*), вызывающие крапчатую и серую снежную плесень соответственно.

Возбудители рода *Typhula* чаще всего поражают ослабленные растения, когда почва не успевает промерзнуть до установления снежного покрова или почва переувлажнена, при отклонении обычных температур в зимний и весенний период.

Симптомы заболевания, вызываемые базидиальными грибами рода *Typhula*, обычно проявляются в виде круглых, водянистых или соломенных пятен, которые впоследствии могут сливаться. Пораженные листья выглядят слипшимися, имеют серую либо темно-зеленую окраску, а поверхность покрывается войлочным мицелием грязно-серого цвета. На отмерших листовых пластинках заметны небольшие (0,5–3 мм) круглые красно-коричневые, затем чернеющие склероции.

Целью данной работы является оценка устойчивости отечественных сортов озимой ржи из генетической коллекции к возбудителям тифулезной снежной плесени.

Методы исследования. Объектом исследований служили 50 отечественных сортов озимой ржи из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИГРР). Для оценки устойчивости исходного материала к возбудителям снежной плесени, в частности к грибам рода *Typhula*, были проведены исследования в контролируемых лабораторных условиях, а также параллельно в полевых условиях на инфекционно-провокационном фоне в 2022-2023 гг. При достижении растениями стадии 13 по шкале Цадокса осенью на полевой инфекционный участок для тестирования генетических ресурсов озимой ржи была внесена смесь из 10 наиболее вирулентных штаммов *Typhula* (00179, 00180, 00120, 5, 6, 00175, 7, 00119, 9, 00186). Оценка развития болезни проводилась в весенний период через 5-7 дней после таяния снега. Симптомы поражения оценивались визуально для каждого генотипа по 9-балльной шкале. По итогам комплексной оценки образцы были распределены на разные группы устойчивости.

Лабораторный анализ устойчивости образцов проводился путем инокуляции отсеченных листьев проростков длиной 3 см (detached leaf assay, DLA) к двум возбудителям из рода *Typhula*. В течение периода лабораторного скрининга проводилась трехкратная оценка поражения листовой пластины на 4, 6 и 9 день после заражения патогеном. После завершения фитопатологической оценки были вычислены степень поражения отсеченного листа (%), скорость развития заболевания (%/день) и распространенность заболевания (%). Основным показателем устойчивости сортов к заболеванию являлась скорость нарастания болезни, выражаемая площадью под кривой развития болезни (ПКРБ). ИВ рассчитывали, как отношение ПКРБ в исследуемом генотипе и стандарте (Тантана). По итогам исследования образцы были распределены на разные группы в соответствии с индексом восприимчивости.

Таблица 1. Соответствие групп устойчивости баллу поражения и индексу восприимчивости.

Группы устойчивости	В полевых условиях, балл поражения	В лабораторных условиях, индекс восприимчивости
Устойчивые	1-2	0.10-0.35
Умеренно-устойчивые	3-4	0.36-0.65
Умеренно-восприимчивые	5-6	0.66-0.80
Восприимчивые	7-9	>0.80

Результаты и обсуждения. В ходе исследований были отобраны 17 отечественных сортов образцов из генетического фонда озимой ржи на устойчивость к возбудителям *T. incarnata* и

T.ishikariensis, которые были комплексно охарактеризованы как в полевых, так и в лабораторных условиях. Оценка посевов на жестком инфекционном фоне показала, что средняя поражаемость озимой ржи патогенами была высокой и составляла 7,4 баллов (CV=6,9%) (табл.2). Климатические условия в осенне-зимний период 2021-2022 гг. оказались достаточно благоприятными для развития снежной плесени, что обусловило высокую пораженность генофонда озимой ржи. Результаты эксперимента показали, что в наименьшей степени тифулезной снежной плесенью поражались сорта Ника 3 и Роксана (6,5 баллов), которые были отнесены к группе умеренно-восприимчивых сортов. Стандартный сорт озимой ржи Тантана проявил восприимчивость к тифулезной снежной плесени (7,5 баллов). Такое серьезное повреждение привело к изреживанию и гибели части растений на делянках. В связи с этим урожайность сильно варьировала от 56,5 г/м² у сорта Синильга до 629,3 г/м² у Ника 3.

Таблица 2. Поражение *Typhula* и индекс восприимчивости отечественных сортов озимой ржи.

Образец	Урожайность, г/м ²	Восприимчивость		
		В условиях искусственного инфекционного фона, балл	В лабораторных условиях, индекс	
			<i>T.incarnata</i>	<i>T.ishikariensis</i>
Ника 3	629,3	6,5	0,70	1,13
Роксана	217,2	6,5	0,53	0,22
Новая эра	497,8	7,0	0,43	1,24
Память Попова	297,4	7,0	0,74	1,11
Орловская 9-2	199,4	7,0	0,48	0,51
Чишминская 3-2	582,5	7,0	0,72	0,74
Крона 2	203,7	7,0	0,63	1,14
Тантана (стандарт)	244,5	7,5	1,00	1,00
Ольга	217,7	7,5	0,20	1,20
Фаленская 4	151,9	7,5	0,49	1,07
Державинская 50	147,6	7,5	0,38	1,03
Солнышко	275,5	7,5	0,03	0,97
Ника 4	283,6	8,0	0,33	1,38
Синильга	56,5	8,0	0,46	0,69
Грань	216,2	8,0	0,55	0,41
Славия	283	8,0	0,77	0,79
Таловская 2	110,2	8,0	0,51	0,22
Среднее	271,4	7,4	0,53	0,87

Последний сорт в 2,5 раза превысил стандарт по урожайности. Толерантностью к изучаемой болезни на искусственном инфекционном фоне также обладали Чишминская 2-3 (582,5 г/м²) и Новая Эра (497,8 г/м²), которые несмотря на довольно высокий уровень поражения оказались способными сохранять урожайность за счет восстановительных механизмов. Остальные сортообразцы показали высокую восприимчивость к возбудителям *T.incarnata* и *T.ishikariensis* и крайне низкую продуктивность.

Использование полевого инфекционного фона предполагает необходимость дополнительного инфицирования растений и во многом зависит от неконтролируемых взаимодействий «генотип-среда» и «патоген-среда» [6]. Лабораторные методы тестирования лишены этих недостатков и позволяют получать важную информацию о норме реакции генотипа на патоген.

Поэтому для более детальной оценки устойчивости сортообразцов озимой ржи к тифулезной снежной плесени был проведен лабораторный анализ в контролируемых условиях путем инокуляции 10 отсеченных листьев каждого сортообразца. Для инокуляции растений использовали местные штаммы возбудителей изучаемых заболеваний. По результатам проведенного тестирования был рассчитан индекс восприимчивости и выявлены образцы, которые имеют повышенную устойчивость или восприимчивость к данным патогенам. Установлено, что

T. ishikariensis является более вирулентным патогеном в консорциуме снежной плесени в сравнении с *T. incarnata*. ИВ сортообразцов озимой ржи к *T. incarnata* колебался в пределах 0,03-1,00, тогда как к *T. ishikariensis* составлял 0,22-1,38. Наибольшую устойчивость к *T. ishikariensis* проявил сорт Роксана (ИВ=0,22), который также показал наиболее высокий результат в условиях искусственного инфекционного фона. К *T. incarnata* минимальный индекс восприимчивости был у сорта Солнышко (0,03).

Также по данным исследований *in vitro* было проведено ранжирование образцов по уровню устойчивости к возбудителям тифулеза (рисунок 1). По данным анализа можно отметить, что из числа исследуемых генотипов озимой ржи 3 образца были устойчивы к *T. Incarnata*, и 2 - к *T. ishikariensis*. Остальные сортообразцы отнесены к классам от умеренно-устойчивого до восприимчивого. Показано, что 60% образцов имели высокую восприимчивость к возбудителю *T.ishikariensis*.

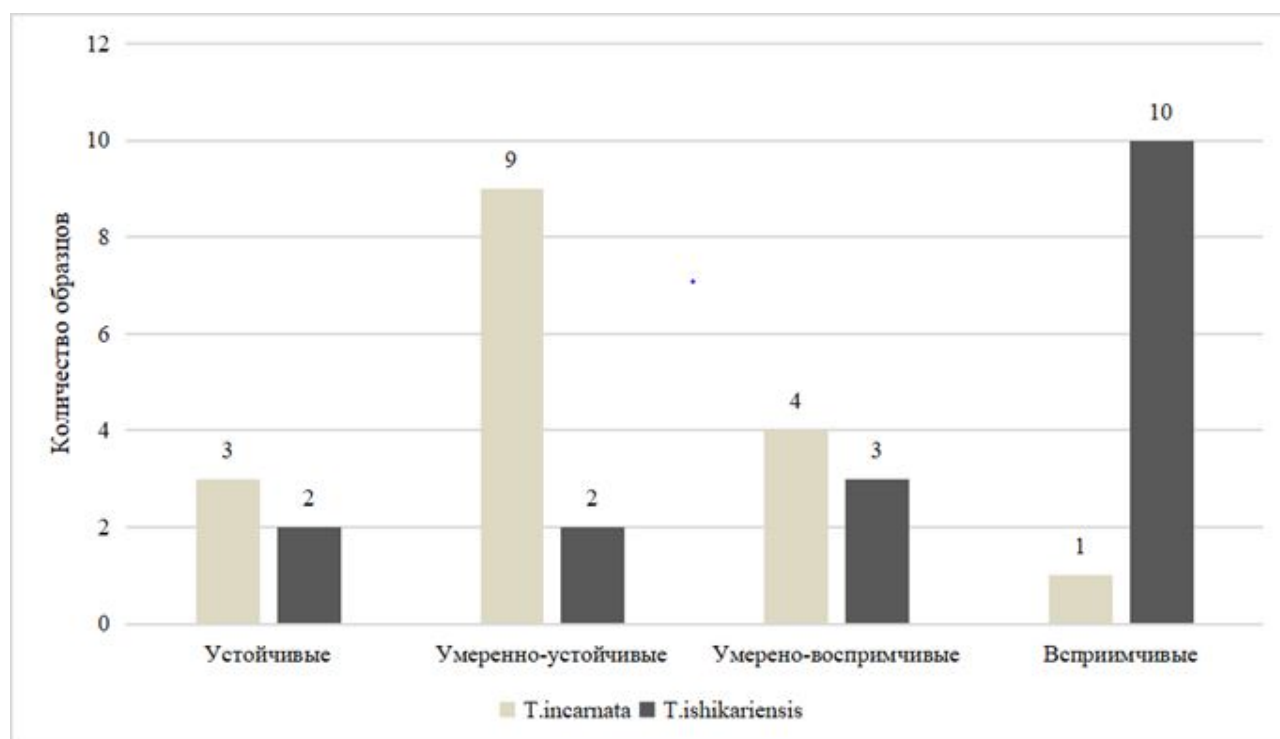


Рисунок 1. Количество образцов, соответствующих каждой группе устойчивости в лабораторных условиях

Таким образом, в ходе исследования был проведен параллельный мониторинг отечественных сортообразцов озимой ржи из генетической коллекции к возбудителям *T. incarnata* и *T. ishikariensis*, вызывающим серую и крапчатую снежную плесень, в полевых и лабораторных условиях. Результаты показали, что отдельные сортообразцы показали схожие результаты по устойчивости к патогену в контролируемых и неконтролируемых условиях. Сорта Ника 3, Роксана, Солнышко проявили наиболее высокую устойчивость к тифулезу.

Библиографический список

1. Korzun V., Ponomareva M.L., Sorrells M.E. Economic and Academic Importance of Rye. In: Rabanus-Wallace, M.T., Stein, N. (eds) The Rye Genome // Compendium of Plant Genomes. – 2021. doi:10.1007/978-3-030-83383-1_1
2. Targonska-Karasek M., Boczkowska M., Podyma W., Pasnik M., Niedzielski M., Rucinska A., Nowak-Zyczynska Z., Rakoczy-Trojanowska M. Investigation of obsolete diversity of rye (*Secale cereale* L.) using multiplexed SSR fingerprinting and evaluation of agronomic // J Appl Genet. – 2020. – 61(4) – С.513-529. doi:10.1007/s13353-020-00579-z.

3. Bahrani H., Båga M., Larsen J., Graf R.J., Laroche A., Chibbar R.N. The Relationships between Plant Developmental Traits and Winter Field Survival in Rye (*Secale cereale* L.) // Plants. – 2021. – № 11. – 2455. doi:10.3390/plants10112455
4. Hoshino T., Matsumoto N. Cryophilic fungi to denote fungi in the cryosphere // Fungal Biology Reviews. – 2012. – №26. – Pp.102-105. doi:10.1016/J.FBR.2012.08.003
5. Ткаченко О. Б., Овсянкина А. В., Шуковская А. Г. Снежные плесени: развитие представлений и способы защиты растений // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – №. 1. – С. 16-29. doi: 10.15389/agrobiology.2015.1.16rus
6. Тырышкин Л. Г. Ювенильная устойчивость сортов зерновых культур к болезням // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – №50. – С. 37-41.