

УДК 57.047

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/26-2/09>

Печенкина В.А.

**ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОРТОВ *SECALE CEREALE* L.,
ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ В ПРЕДУРАЛЬЕ**

V.A. Pechenkina

**ECOLOGICAL-GENETIC ANALYSIS OF *SECALE CEREALE* L.
CULTIVARS GROWN IN CIS-URALS**

Аннотация. В работе представлен эколого-генетический анализ зараженности сортов озимой ржи (*Secale cereale* L.), возделываемых в условиях Предуралья, вирусами желтой карликовости ячменя (BYDV) и полосатой мозаики пшеницы (WSMV). Актуальность исследования обусловлена возрастающей ролью вирусных инфекций в снижении продуктивности зерновых культур, а также необходимостью выявления устойчивых генотипов в условиях изменяющегося климата при одновременном усилении фитосанитарной нагрузки на агроценозы. Цель работы – изучение зараженности вирусами желтой карликовости ячменя (BYDV) и полосатой мозаики пшеницы (WSMV) посевов озимой ржи в Предуралье. Для достижения поставленной цели использован метод обратной транскрипции с последующей полимеразной цепной реакцией в реальном времени (ОТ-ПЦР-РВ). Объектами исследования служили 8 сортов отечественной селекции, выращиваемые на территории Предуралья. Установлено, что вирус BYDV является доминирующим патогеном и выявляется у большинства исследованных сортов, тогда как WSMV характеризуется более низкой встречаемостью. Выявлены значительные различия между сортами по степени зараженности, что косвенно свидетельствует о генетически обусловленной устойчивости. Отдельные сорта продемонстрировали пониженную восприимчивость, что позволяет рассматривать их как перспективный исходный материал для дальнейшей селекции. Научная новизна работы заключается в получении новых данных о распространенности вирусных инфекций ржи в условиях Предуралья с использованием высокочувствительных методов диагностики. Практическая значимость результатов исследований заключается в возможности использования результатов при разработке мероприятий по фитосанитарному мониторингу и подбору устойчивых сортов. Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением спектра анализируемых патогенов и изучением молекулярных механизмов устойчивости растений.

Ключевые слова: озимая рожь, *Secale cereale* L., вирусные болезни растений, BYDV, WSMV, ПЦР в

Abstract. Ecological and genetic analysis of winter rye (*Secale cereale* L.) cultivars cultivated in the Cis-Ural region for infection with barley yellow dwarf virus (BYDV) and wheat streak mosaic virus (WSMV) is presented in this study. The relevance of this research stems from the growing impact of viral infections on grain crop productivity and the need to identify resistant genotypes in the context of climate change and increasing phytosanitary pressure on agroecosystems. The aim of this work was to assess the prevalence of Barley yellow dwarf virus (BYDV) and Wheat streak mosaic virus (WSMV) in winter rye crops in the Cis-Urals region. To achieve this, we used reverse transcription followed by real-time polymerase chain reaction (RT-PCR). The objects of study comprised eight domestically bred cultivars grown in the Cis-Ural region. It was established that BYDV is the dominant pathogen, detected in the majority of the studied cultivars, whereas WSMV exhibits a lower incidence rate. Significant inter-cultivar differences in infection rates were revealed, indirectly indicating genetically determined resistance. Certain cultivars demonstrated reduced susceptibility, positioning them as promising source material for further breeding. The scientific novelty of the work lies in obtaining new data on the prevalence of viral infections in rye within the Cis-Ural region using highly sensitive diagnostic methods. Practical significance of the research is attributed to the potential application of the results in developing phytosanitary monitoring strategies and selecting resistant cultivars. Future research prospects involve expanding the range of analyzed pathogens and investigating the molecular mechanisms of plant resistance.

Keywords: winter rye, *Secale cereale* L., plant viral diseases, BYDV, WSMV, real-time PCR, cultivar resistance, phytosanitary monitoring

реальном времени, устойчивость сортов, фитосанитарный мониторинг

Сведения об авторе: Печенкина Виктория Андреевна, ORCID: 0000-0003-4241-4482, p_viktoria2@mail.ru, ПГНИУ, ПФИЦ УрО РАН, г. Пермь, Россия

About the author: Viktoria A. Pechenkina, ORCID: 0000-0003-4241-4482, p_viktoria2@mail.ru, PSU, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

Печенкина В.А. Эколого-генетический анализ сортов *Secale cereale* L., возделываемых в предуралье // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2026. № 2(74). С. 98-108. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/26-2/09>

Pechenkina V.A. (2026). Ecological-Genetic Analysis of *Secale Cereale* L. Cultivars Grown in Cis-Urals. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, 2(74), 98-108. (in Russ.). <https://doi.org/10.36906/2311-4444/26-2/09>

Введение.

В последние десятилетия в агроэкосистемах отмечается усиление роли биотических стрессовых факторов, среди которых особое значение приобретают фитопатогенные вирусы. Их распространение связано с интенсификацией сельского хозяйства, изменением климатических условий и расширением ареалов насекомых-переносчиков вирусов, что приводит к увеличению фитосанитарной нагрузки на посевы зерновых культур.

Озимая рожь (*Secale cereale* L.) является одной из наиболее экологически пластичных зерновых культур, способной формировать стабильные урожаи в условиях пониженного плодородия почв, неблагоприятных температурных режимов и неустойчивого увлажнения. Высокий уровень адаптивности ржи во многом обусловлен перекрестным опылением, обеспечивающим значительное генетическое разнообразие и, как следствие, потенциал устойчивости к стрессовым факторам различной природы [4; 7; 10; 12]. Культура отличается исключительной зимостойкостью: в период перезимовки она противостоит комплексу неблагоприятных факторов – вымерзанию, выпреванию, вымоканию, образованию ледяных корок. Весной рожь эффективно использует запасы талых вод, что даёт ей дополнительное преимущество в регионах с неустойчивым увлажнением [10]. Рожь способна использовать агроклиматический потенциал различных регионов страны. Благодаря этим преимуществам рожь относится к стратегическим культурам России [12].

В современном мировом производстве зерна рожь играет меньшую роль, чем пшеница или ячмень, однако в Российской Федерации она остаётся одной из важнейших хлебных культур, особенно в регионах со сложными природно-климатическими условиями [4; 6; 10; 17]. Помимо высокой адаптивности, рожь представляет интерес и с точки зрения пищевой ценности. В её зерне содержится широкий спектр питательных и биологически активных веществ: белки, углеводы, пищевые волокна, макроэлементы (фосфор, калий, натрий, магний, кальций), микроэлементы (железо), витамины, ненасыщенные жирные кислоты [4].

Известно, что урожай озимой ржи и его качество зависят от действия факторов внешней среды и преодолеть их негативное влияние можно за счет создания экологически

устойчивых сортов. Важно учитывать характер адаптивных реакций сортов в различных экологических условиях [9; 13].

Несмотря на высокую устойчивость культуры к абиотическим факторам, биотические факторы представляют серьезную угрозу для реализации ее продукционного потенциала. Посевы озимой ржи поражаются болезнями практически в течение всего вегетационного периода. Симптомы инфицированности вирусами часто схожи с такими абиотическими факторами, как засуха, холод, переувлажнение, недостаток питательных веществ и др. Вирусы и вызываемые ими болезни распространяются шире из-за того, что идет активный обмен семенным фондом и интенсификация выращивания зерновых. В связи с чем необходим постоянный мониторинг вирусов современными молекулярно-генетическими методами диагностики [11; 15; 21].

Фитопатогенные вирусы являются серьезной угрозой для сельского хозяйства, в том числе для культуры ржи посевной (*Secale cereale* L.). Вирусные заболевания, такие как Желтая карликовость ячменя (BYDV – Barley yellow dwarf) и Полосатая мозаика пшеницы (WSMV – Wheat streak mosaic virus), способны нанести значительный ущерб урожаю злаковых культур [15; 21]. В связи с этим, исследование зараженности указанными вирусами сортов ржи является актуальной задачей.

Вирус WSMV может естественным образом инфицировать многие виды растений семейства злаковых. На зерновых культурах вирус WSMV обычно вызывает симптомы полосатой мозаики, но также может вызывать некроз побегов и общее замедление роста растений. В некоторых случаях симптомы WSMV можно спутать с симптомами других вирусов злаков [15; 18]. Вирусы желтой карликовости (YDV) передаются тлями и широко распространены в регионах, где возделываются зерновые культуры, вызывая значительные потери урожая и ухудшение качества зерна. Инфекция BYDV нарушает функцию флоэмы, приводя к уменьшению кущения, хлорозу листьев, замедлению роста и потерям урожая [16]. BYDV наносит наибольший вред в условиях прохладного климата, а вредоносность WSMV проявляется активнее в южных регионах [8]. Урожай зерновых культур при инфицировании BYDV снижается на 60%, а при инфицировании WSMV снижается на 18–65% [3].

Сложность диагностики вирусных заболеваний обусловлена сходством их симптоматики с проявлениями абиотических стрессов, а также известно, что несколько вирусов могут инфицировать хозяина и изменять проявление симптомов, все это затрудняет своевременное выявление инфекции при визуальной оценке [10; 20]. В связи с вышеперечисленным применение молекулярно-генетических методов, в частности ОТ-ПЦР в реальном времени, является наиболее надежным инструментом для точной идентификации патогенов.

В настоящее время остаётся недостаточно изученным уровень распространенности вирусных инфекций в посевах озимой ржи в условиях Предуралья, а также степень устойчивости современных сортов отечественной селекции к данным патогенам.

Отсутствие подобных данных ограничивает возможности научно обоснованного подбора сортов и разработки эффективных мер фитосанитарного контроля.

Цель работы – изучение зараженности вирусами желтой карликовости ячменя (BYDV) и полосатой мозаики пшеницы (WSMV) посевов озимой ржи в Предуралье.

Материал и методы.

В 2023 и 2024 годах на территории Предуралья были проведены исследования зараженности посевов озимой ржи вирусами WSMV и BYDV. В исследовании были использованы 8 сортов озимой ржи (*Secale cereale*) отечественной селекции: Ника 3, Викрас, Паром, Чусовая, Лика, Ритм, Памяти Кунакбаева и Графиня. Исследованные сорта включали как допущенные к использованию в Волго-Вятском регионе допуска (Паром, Памяти Кунакбаева, Лика, Графиня), так и находящиеся на государственном сортоиспытании (Ника 3, Викрас, Чусовая, Ритм). В местах выращивания сортов почва дерново-подзолистая [21]. Вблизи посевов находятся потенциальные места резервации вирусной инфекции.

Оценка наличия патогенов в образцах озимой ржи проведена методом ПЦР в реальном времени. Материалом для выделения РНК послужили фрагменты подфлаговых листьев, собранные во время генеративного периода. Выделение нуклеиновых кислот производилось из 20 мг растительного материала в стерильных условиях по модифицированному СТАВ методу [19], с использованием в качестве сорбента PVPP (polyvinylpolypyrrolidone) [5]. Всего было собрано и проанализировано 80 образцов (по 10 образцов каждого сорта) *S. cereale*. Концентрацию и качество нуклеиновых кислот определяли на спектрофотометре NanoDrop2000.

Методом обратной транскрипции выделенную РНК перевели в кДНК в процессе полимеразной цепной реакции в реальном времени (ОТ-ПЦР-РВ). Работы осуществлялись на термоциклере CFX96 (Bio-Rad, USA) с использованием реактивов производства ООО «НПФ Синтол». Наборы реактивов состояли из: реакционной смеси; положительного контрольного образца (ПКО), содержащего фрагменты кДНК исследуемого вируса; ДНК-полимеразы и обратной транскриптазы (synTaq+RT); отрицательного контрольного образца (ОКО). Каждый из использованных наборов реагентов специфичен для обнаружения фрагментов вирусов (Желтой карликовости ячменя и Полосатой мозаики пшеницы). Канал флуоресценции FAM (синий) качественно определяет наличие в пробе РНК вируса. Второй канал флуоресценции HEX (зеленый) является внутренним положительным контролем [1]. Каждая проба была проанализирована индивидуально.

ПЦР-РВ проведена при условиях, предусмотренных в инструкции производителя ООО «НПФ Синтол». Интерпретация результатов ОТ-ПЦР-РВ проведена в программе Bio-Rad CFX Manager согласно инструкции компании ООО «НПФ Синтол».

Результаты и обсуждение.

В ходе исследования было проанализировано 8 сортов озимой ржи, возделываемых в Предуралье. Установлено, что доля образцов, инфицированных вирусом жёлтой

карликовости ячменя (BYDV), составила 43,8%, тогда как уровень заражённости вирусом полосатой мозаики пшеницы (WSMV) не превышал 11,3% (табл.). При этом наблюдается значительная вариабельность значений порогового цикла (St), отражающая различную степень вирусной нагрузки у исследованных растений.

Анализ зараженности по сортам показал значительную вариабельность восприимчивости сортов к вирусу BYDV. Установлено, что максимальная доля инфицированных растений отмечена у сорта Ритм (90%), а также у сортов Графиня (80%) и Лика (70%), что свидетельствует о их высокой восприимчивости к данному патогену. Средний уровень зараженности характерен для сортов Паром (60%), Ника 3 и Чусовая (по 50%). В то же время у сортов Викрас и Памяти Кунакбаева вирус не обнаружен (0%), что позволяет рассматривать их как потенциально устойчивые формы.

Наиболее низкие значения St (менее 15 циклов), зафиксированные у отдельных образцов сортов Ника 3 и Чусовая, свидетельствуют о высокой концентрации вируса и интенсивном развитии инфекционного процесса, а также может косвенно указывать на повышенную восприимчивость сортов. В то же время у ряда сортов (Викрас, Памяти Кунакбаева) вирус не обнаружен, что может указывать на их относительную устойчивость или отсутствие контакта с источником инфекции. Наиболее высокая встречаемость вируса отмечена у сортов **Паром, Лика и Ритм**, где фиксировались значения St в диапазоне 30–35 циклов, что свидетельствует о наличии вируса в умеренной концентрации.

Зараженность вирусом WSMV носила значительно более ограниченный характер и не превышала 20%. Наиболее часто данный вирус выявлялся у сортов Паром, Графиня и Лика (по 20%), тогда как у большинства сортов он не был обнаружен. Это может свидетельствовать о меньшей распространенности данного патогена в исследуемых агроценозах. Вирус WSMV выявлен преимущественно при значениях St выше 28–30 циклов, что указывает на низкую вирусную нагрузку и, вероятно, менее активное его распространение в агроценозе.

Таблица

Зараженность сортов озимой ржи вирусами BYDV (Вирус желтой карликовости ячменя) и WSMV (Вирус полосатой мозаики пшеницы) в условиях Предуралья с использованием метода ОТ-ПЦР-РВ

№	Сорт	BYDV, цикл	WSMV, цикл	№	Сорт	BYDV, цикл	WSMV, цикл
1	Викрас	-	-	41	Графиня	34,79	-
2		-	-	42		-	28,92
3		-	-	43		33,61	-
4		-	-	44		-	-
5		36,70	-	45		-	-
6		-	-	46		-	16,66
7		-	-	47		-	-
8		-	-	48		34,53	-
9		-	-	49		34,64	-
10		12,80	-	50		35,07	30,19

11	Ника 3	12,28	-	51	Памяти Кунакбаева	-	-
12		-	-	52		-	-
13		-	-	53		-	-
14		24,45	-	54		-	-
15		28,40	-	55		-	-
16		-	-	56		-	-
17		30,13	-	57		-	-
18		32,35	-	58		-	-
19		-	-	59		-	-
20		-	-	60		-	31,92
21	Чусовая	6,08	-	61	Лица	30,18	-
22		1,60	-	62		-	-
23		2,38	-	63		33,44	32,60
24		30,90	-	64		-	-
25		-	-	65		-	-
26		-	-	66		-	-
27		-	-	67		-	-
28		-	-	68		-	21,63
29		31,45	-	69		-	-
30		-	-	70		34,59	-
31	Паром	32,72	-	71	Ритм	-	30,62
32		34,46	-	72		30,52	-
33		-	1,26	73		20,93	-
34		28,86	-	74		32,67	-
35		31,36	-	75		33,61	-
36		27,71	-	76		34,53	-
37		31,77	3,22	77		34,79	-
38		-	-	78		35,07	-
39		-	-	79		13,79	-
40		-	-	80		19,13	-

Примечание: BYDV – Barley yellow dwarf (Вирус желтой карликовости ячменя), WSMV – Wheat streak mosaic virus (Вирус полосатой мозаики пшеницы), цикл – пороговый цикл (Сt), № – порядковый номер образца, - – отсутствие патогена

В результате молекулярно-генетического анализа установлено, что заражённость исследованных сортов озимой ржи вирусами BYDV и WSMV носит неравномерный характер и существенно варьирует в зависимости от сорта. Анализ распределения инфицированных растений показывает, что в условиях Предуралья формируется устойчивый инфекционный фон, обусловленный наличием переносчиков и благоприятными условиями для циркуляции вирусов. Выявленные различия в зараженности сортов отражают их генетически обусловленную устойчивость к вирусным инфекциям. Сорта с низкой частотой инфицирования могут рассматриваться как перспективные для возделывания в условиях повышенного фитосанитарного риска.

Полученные результаты указывают на выраженную сортовую специфику устойчивости, что подтверждает значительную роль сорта в формировании устойчивости к вирусным инфекциям и подчеркивает необходимость учета данного фактора при подборе сортов для возделывания в условиях повышенного фитосанитарного риска. Результаты

также согласуются с тем фактом, что вирус желтой карликовости ячменя наносит наибольший вред в условиях прохладного климата.

По наблюдениям НИИСХ Северо-Востока и Фаленской селекционной станции на территории Нечерноземной зоны России из-за засоренности злаковыми сорняками посевов и обочин полей, а также из-за распространения тлей усиливается вирусная нагрузка на посевах зерновых культур, особенно часто появляются болезни с симптомами желтух, покраснения, закукливания [2]. На исследованной территории были отмечены злаковые сорняки по обочинам полей, что является негативным фактором для фитосанитарной обстановки посевов. Согласно данным фитосанитарного обзора на исследованной территории в 2023 и 2024 годах был резкий скачок засоренности злаковыми тлями, которые являются переносчиками вирусов (особенно BYDV) [3; 22; 23]. Все это может объяснять присутствие вирусов, а также большое число зараженных BYDV растений в посевах озимой ржи. Таким образом, для выращивания в условиях повышенной вирусной нагрузки в условиях Предуралья рекомендуются сорта озимой ржи Викрас и Памяти Кунакбаева, поскольку они оказались менее восприимчивы к вирусам в проведенном исследовании.

Заключение.

Проведенное исследование позволило установить особенности распространения вирусных инфекций в посевах озимой ржи в условиях Предуралья. Показано, что вирус желтой карликовости ячменя является доминирующим патогеном (43,8% зараженности исследованных проб), тогда как вирус мозаики пшеницы встречается реже (11,3% зараженности исследованных проб). Выявлены существенные различия в степени зараженности между сортами, что свидетельствует о наличии генетически обусловленной устойчивости. Установлено, что отдельные сорта (Викрас и Памяти Кунакбаева) характеризуются пониженной восприимчивостью к вирусной инфекции и могут быть рекомендованы для использования в селекционных программах и производстве.

Применение метода ОТ-ПЦР-РВ подтвердило его высокую чувствительность и информативность при диагностике фитопатогенов, что делает его эффективным инструментом фитосанитарного мониторинга. Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных данных при выборе устойчивых сортов и разработке мер по снижению вирусной нагрузки в агроценозах Предуралья. Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением спектра изучаемых вирусов, анализом взаимодействия патогенов и растений, а также использованием молекулярных маркеров устойчивости.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (тема No 122032200247-7).

Литература

1. Артемьева Т.А., Карпухин М.Ю. Сравнение методов ИФА и ПЦР анализа при определении вирусной патологии у растений картофеля // Молодежь и наука. 2019. № 78. С. 35.
2. Баталова Г.А. Селекция зерновых культур на иммунитет на северо-востоке Европейской территории России // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 8-11.
3. Богоутдинов Д.З., Кастальева Т.Б., Гирсова Н.В. Вирусные заболевания зерновых культур в Самарской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. №. 4 (204). С. 46-52.
4. Кибкало И.А., Сафонова И.В. Изучение современных сортов озимой ржи по технологическим свойствам зерна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2026. № 187(1). С. 98-110.
5. Нечаева Ю.С., Бельтюкова Н.Н., Пришнивская Я.В., Тайман К.Е. Оптимизация методик выделения ДНК некоторых хвойных видов растений Пермского края // Материалы международной конференции «Синтез знаний в естественных науках: Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование». Пермь, 2011. С. 278-282.
6. Овеснов С.А. Конспект флоры Пермской области. Пермский областной комитет по охране природы. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 1997. 252 с.
7. Парфенова Е.С., Псарева Е.А. Адаптивность сортов озимой ржи по урожайности в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. Т. 25. № 4. С. 561-570. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.561-570>
8. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Лозовая Е.Н., Башкирова И.Г., Каримова Е.В., Калашников А.А., Шнейдер Ю.А. Вирус полосатой мозаики пшеницы (*Tritimovirus tritici*) - распространенность на пшенице в Российской Федерации и генетические особенности выявленных изолятов // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 2. С. 94-102. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2025-97-2-94-102>
9. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 617-626.
10. Чугаева В.В., Бudyко А.С., Карпович О.Н. Хозяйственная и биологическая характеристика нового сорта озимой тетраплоидной ржи залесная // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №. 2. С. 47-50.
11. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., Уткина Е.И. Иммунологическая характеристика сортов озимой ржи // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 4. С. 30-35.
12. Яркова Т.М., Машкин В.С. Анализ и повышение эффективности производства зерна озимой ржи в Пермском крае // Научный аспект. 2023. Т. 9. № 12. С. 1050-1055.
13. Devi B.M., Guruprasath S., Balu P., Chattopadhyay A., Thilagar S.S., Dhanabalan K.V., Choudhary M., Moparthi S., Jailani A.A.K. Dissecting Diagnostic and Management

Strategies for Plant Viral Diseases: What Next?. *Agriculture*. 2024. 14. 284. <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04280-4>

14. Hafeez A., Ali B., Javed M. A., Saleem A., Fatima M., Fathi A., ... Souady F. A. Plant breeding for harmony between sustainable agriculture, the environment, and global food security: an era of genomics-assisted breeding // *Planta*. 2023. Т. 258. №. 5. С. 97. <https://doi.org/10.1007/s00425-023-04252-7>

15. Khorina N.A., Lopatkin A.A., Zhivaeva T.S., Prikhodko Y.N., Shneyder Y.A. Barley stripe mosaic virus—a serious pathogen affecting the export potential of the Russian Federation // *Plant H. Quar.* 2023. Т. 1. С. 32-46.

16. Kim N.K. Lee H.J., Kim S.M., Jeong R.D. Incidence and distribution of Barley yellow dwarf virus infecting oats in Korea // *Research in Plant Disease*. 2022. Т. 28. №. 1. С. 32-38. <https://doi.org/10.5423/RPD.2022.28.1.32>

17. Pomortsev A.V., Dorofeev N.V., Zorina S.Y., Katysheva N.B., Sokolova L.G., Zhuravkova A. S., Mikhailova E. V. Evaluation of population and hybrid varieties of winter rye in the conditions of Eastern Siberia // *Agronomy*. 2023. Т. 13. №. 5. С. 1431. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051431>

18. Pozhylov I., Snihur H., Shevchenko T., Budzanivska I., Liu W., Wang X., Shevchenko O. Occurrence and characterization of wheat streak mosaic virus found in mono-and mixed infection with high plains wheat mosaic virus in winter wheat in Ukraine // *Viruses*. 2022. Т. 14. №. 6. С. 1220. <https://doi.org/10.3390/v14061220>

19. Rogers S.O., Bendich A.J. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues // *Plant Molecular Biology*. 1985. V. 1. № 19. P. 69-76.

20. Roy S.D., Ramasamy S., Obbineni J.M. An evaluation of nucleic acid-based molecular methods for the detection of plant viruses: a systematic review // *VirusDisease*. 2024. Т. 35. № 2. С. 357-376. <https://doi.org/10.1007/s13337-024-00863-0>

21. Tanu, Singh V.K., Pandey A., Gahlaut V., Kumar A. Viral Challenges in Wheat: Comprehensive Diagnosis and Innovative Management Approaches // *Current Microbiology*. 2025. Т. 82. № 7. С. 294. <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04280-4>

22. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Пермском крае в 2023 г. Федеральное бюджетное учреждение «Россельхозцентр». URL: <https://clck.ru/3UDXuR> (дата обращения: 02.03.2026).

23. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Пермском крае в 2024 г. Федеральное бюджетное учреждение «Россельхозцентр». URL: <https://clck.ru/3UDXto> (дата обращения: 02.03.2026).

24. Почвенная карта РФ. URL: <https://soil-db.ru/map> (дата обращения: 29.03.2026).

References

1. Artemyeva, T.A., & Karpukhin, M. Yu. (2019). Comparison of ELISA and PCR analysis methods for detecting viral pathology in potato plants. *Youth and Science*. (78). 35. (in Russ.)

2. Batalova, G.A. (2017). Breeding of grain crops for immunity in the northeast of the European territory of Russia. *Grain Economy of Russia*. 3(51). 8-11. (in Russ.)
3. Bogoutdinov, D Z., Kastaleva, T.B., & Girsova, N.V. (2017). Viral diseases of grain crops in Samara Oblast: Bulletin of Orenburg State University. 4(204). 46-52. (in Russ.)
4. Kibkalo, I.A., & Safonova, I.V. (2026). Study of modern winter rye varieties for grain technological properties. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 187(1). 98-110. (in Russ.)
5. Nechaeva, Yu.S., Beltyukova, N.N., Prishnivskaya, Ya.V., & Taiman, K.E. (2011). Optimization of DNA extraction methods for some coniferous plant species of Perm Krai. In *Proceedings of the international conference "Synthesis of knowledge in natural sciences: The Mine of the Future: projects, technologies, equipment"*. 278-282. (in Russ.)
6. Ovesnov, S.A. (1997). *Synopsis of the flora of Perm Oblast*. Perm: Perm State National Research University. 252. (in Russ.)
7. Parfenova, E.S., & Psareva, E.A. (2024). Adaptability of winter rye varieties for grain yield in the conditions of Kirov Oblast. *Agricultural Science of Euro-North-East*. 25(4). 561-570. (in Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.561-570>
8. Prikhodko, Yu.N., Zhivaeva, T.S., Lozovaya, E.N., Bashkirova, I.G., Karimova, E.V., Kalashnikov, A.A., & Shneyder, Yu.A. (2025). Wheat streak mosaic virus (*Tritimovirus tritici*) – prevalence on wheat in the Russian Federation and genetic characteristics of the revealed isolates. *Grain Economy of Russia*. 17(2). 94-102. (in Russ.). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2025-97-2-94-102>
9. Rybas, I.A. (2016). Increasing adaptability in grain crop breeding: *Agricultural Biology*. 51(5). 617-626. (in Russ.)
10. Chugaeva, V.V., Budko, A.S., & Karpovich, O.N. (2025). Economic and biological characteristics of a new winter tetraploid rye variety Zalesnaya. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. (2). 47-50. (in Russ.)
11. Sheshegova, T.K., Shchekleina, L.M., & Utkina, E.I. (2018). Immunological characterization of winter rye varieties. *Agricultural Science of Euro-North-East*. (4). 30-35. (in Russ.)
12. Yarkova, T.M., & Mashkin, V.S. (2023). Analysis and improvement of winter rye grain production efficiency in the Perm region. *Scientific aspect*. 9(12). 1050-1055. (in Russ.)
13. Devi, B.M., Guruprasath, S., Balu, P., Chattopadhyay, A., Thilagar, S.S., Dhanabalan, K.V., Choudhary, M., Moparthy, S., Jailani, A.A.K. (2024) Dissecting Diagnostic and Management Strategies for Plant Viral Diseases. *What Next?: Agriculture*. 14(2). 284. <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04280-4>
14. Hafeez, A., Ali, B., Javed, M.A., Saleem, A., Fatima, M., Fathi, A., ... & Soudy, F.A. (2023). Plant breeding for harmony between sustainable agriculture, the environment, and global food security: an era of genomics-assisted breeding. *Planta*. 258(5). 97. <https://doi.org/10.1007/s00425-023-04252-7>

15. Khorina, N.A., Lopatkin, A.A., Zhivaeva, T.S., Prikhodko, Y.N., & Shneyder, Y.A. (2023). Barley stripe mosaic virus—a serious pathogen affecting the export potential of the Russian Federation. *Plant H.* 1. 32-46.
16. Kim, N.K., Lee, H.J., Kim, S.M., & Jeong, R.D. (2022). Incidence and distribution of Barley yellow dwarf virus infecting oats in Korea. *Research in Plant Disease.* 28(1). 32-38. <https://doi.org/10.5423/RPD.2022.28.1.32>
17. Pomortsev, A.V., Dorofeev, N.V., Zorina, S.Y., Katysheva, N.B., Sokolova, L.G., Zhuravkova, A.S., & Mikhailova, E.V. (2023). Evaluation of population and hybrid varieties of winter rye in the conditions of Eastern Siberia. *Agronomy.* 13(5). 1431. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051431>
18. Pozhylov, I., Snihur, H., Shevchenko, T., Budzanivska, I., Liu, W., Wang, X., & Shevchenko, O. (2022). Occurrence and characterization of wheat streak mosaic virus found in mono-and mixed infection with high plains wheat mosaic virus in winter wheat in Ukraine. *Viruses.* 14(6). 1220. <https://doi.org/10.3390/v14061220>
19. Rogers, S.O., & Bendich, A.J. (1985). Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues. *Plant molecular biology.* 5(2). 69-76.
20. Roy, S.D., Ramasamy, S., & Obbineni, J.M. (2024). An evaluation of nucleic acid-based molecular methods for the detection of plant viruses: a systematic review. *Virus Disease.* 35(2). 357-376. <https://doi.org/10.1007/s13337-024-00863-0>
21. Tanu, Singh, V.K., Pandey, A., Gahlaut, V., & Kumar, A. (2025). Viral Challenges in Wheat: Comprehensive Diagnosis and Innovative Management Approaches. *Current Microbiology.* 82(7). 294. <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04280-4>
22. Review of the phytosanitary condition of agricultural crops in the Perm Territory in 2023 // Federal State Budgetary Institution “Russian Agricultural Center” (FSBI “Rosselkhoztsentr”). URL: <https://clck.ru/3UDXuR> (reference’s date: 02.03.2026).
23. Review of the phytosanitary condition of agricultural crops in the Perm Territory in 2024 // Federal State Budgetary Institution “Russian Agricultural Center” (FSBI “Rosselkhoztsentr”). URL: <https://clck.ru/3UDXto> (reference’s date: 02.03.2026).
24. Soil map of the Russian Federation. URL: <https://soil-db.ru/map> (accessed: 29.03.2026)

дата поступления: 07.04.2026

дата принятия: 08.06.2026

© Печенкина В.А., 2026