Исследовательская статья

https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-140

Устойчивость к болезням и адаптивность различных сортов озимой мягкой пшеницы в условиях предгорий Центрального Кавказа

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Ирина Рафиковна Манукян
E-mail: miririna.61@mail.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Манукян И.Р. Устойчивость к болезням и адаптивность различных сортов озимой мягкой пшеницы в условиях предгорий Центрального Кавказа. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2026;16(4). https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-140

ПОСТУПИЛА: 15.07.2026
ДОРАБОТАНА: 19.10.2026
ПРИНЯТА: 20.10.2026
ОПУБЛИКОВАНА ОНЛАЙН: 17.11.2026

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

COPYRIGHT: © 2026 Манукян И.Р.

И.Р. Манукян

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Федерального государственного научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия

АННОТАЦИЯ

ВВЕДЕНИЕ. Выведение сортов пшеницы с общей или неспецифической устойчивостью снижает селективное давление на патогены, замедляет их эволюцию и уменьшает риск эпидемий. Для предгорий Центрального Кавказа остается неизученной комплексная оценка сортов озимой мягкой пшеницы по устойчивости к бурой и желтой ржавчине, пиренофорозу в сочетании с экологической пластичностью.

ЦЕЛЬ. Провести сравнительный анализ адаптивности и устойчивости к болезням различных сортов озимой мягкой пшеницы в условиях предгорий Центрального Кавказа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследования проводили в 2022–2024 гг. Объект — 30 сортов озимой мягкой пшеницы из коллекции Всероссийского института растениеводства имени Н. И. Вавилова различного эколого-географического происхождения. Устойчивость к бурой ржавчине (*Puccinia triticina*), желтой ржавчине (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) и пиренофорозу (*Pyrenophora tritici-repentis*) оценивали на естественном инфекционном фоне; рассчитывали площадь кривой развития болезней и индекс устойчивости (ИУ).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Расоспецифической устойчивостью (ИУ < 0,1) к желтой ржавчине обладали 23,5 % сортов, к бурой — 16,7 %, к пиренофорозу — 16,6 %; высокой расонеспецифической устойчивостью — 53,3, 46,7 и 50,0 % соответственно. Наиболее адаптивными (КА > 100 %) были Zaritsa (166,6 %), Mereke 70 (156,9 %), Zhadira (147,0 %), Jadvisja (134,3 %), Пионерская 32 (130,4 %) и Soraja (127,5 %). Выявлена умеренная обратная корреляция между продуктивностью колоса и ИУ (r = –0,54... –0,64).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выделенные генотипы с высокой экологической пластичностью и комплексной устойчивостью (Arap, Soraja, Bogatka, Zaritsa, Jadvisja, Kredo, Пионерская 32, Губернатор Дона, Chornobrova, Zvytyaga) рекомендуются для селекционных программ, направленных на создание сортов озимой мягкой пшеницы, адаптированных к предгорьям Центрального Кавказа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озимая пшеница *(Triticum aestivum* L.), устойчивость к болезням, бурая ржавчина (*Puccinia tritici f. sp. tritici Eriks*.), желтая ржавчина (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*), пиренофороз *(Pyrenophoratritici-repentis* Died.), экологическая пластичность

Research article

https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-140

Disease resistance and adaptability of various winter soft wheat varieties in the foothills of the Central Caucasus

CORRESPONDENCE:
Irina R. Manukyan
E-mail: miririna.61@mail.ru

FOR CITATION:
Manukyan I.R. Disease resistance and adaptability of various winter soft wheat varieties in the foothills of the Central Caucasus. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2026;16(4). https://doi.org/10.31279/ABNC-2026-16-4-140

RECEIVED: 15.07.2026
REVISED: 19.10.2026
ACCEPTED: 20.10.2026
PUBLISHED ONLINE: 17.11.2026

DECLARATION OF COMPETING INTEREST:
none declared.

COPYRIGHT: © 2026 Manukyan I.R.

Irina R. Manukyan

The North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Breeding wheat varieties with general (non-specific) resistance reduces selective pressure on pathogens, slows their evolution and decreases the risk of epidemics. For the foothills of the Central Caucasus, a comprehensive assessment of winter soft wheat varieties for resistance to brown and yellow rust and pyrenophorosis combined with ecological plasticity remains unexplored.

AIM. To conduct a comparative analysis of adaptability and disease resistance of various winter soft wheat varieties in the foothills of the Central Caucasus.

MATERIALS AND METHODS. The studies were conducted in 2022–2024. The object was 30 winter soft wheat varieties from the collection at N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry of different ecological and geographical origin. Resistance to brown rust (*Puccinia triticina*), yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) and pyrenophorosis (*Pyrenophora tritici-repentis*) was assessed under natural infection background; the area under the disease progress curve and the resistance index (RI) were calculated.

RESULTS. Specific resistance (RI < 0.1) to yellow rust was found in 23.5% of varieties, to brown rust — in 16.7%, to pyrenophorosis — in 16.6%; high non-specific resistance — in 53.3, 46.7 and 50.0%, respectively. The most adaptable (AC > 100%) were Zaritsa (166.6%), Mereke 70 (156.9%), Zhadira (147.0%), Jadvisja (134.3%), Pionerskaya 32 (130.4%) and Soraja (127.5%). A moderate inverse correlation was revealed between ear productivity and RI (r = –0.54...–0.64).

CONCLUSION. The identified genotypes with high ecological plasticity and complex resistance (Arap, Soraja, Bogatka, Zaritsa, Jadvisja, Kredo, Pionerskaya 32, Gubernator Dona, Chornobrova, Zvytyaga) are recommended for breeding programs aimed at creating winter soft wheat varieties adapted to the foothills of the Central Caucasus.

KEYWORDS: winter wheat (*Triticum aestivum* L.), disease resistance, brown rust (*Puccinia tritici f. sp. tritici Eriks*.), yellow rust (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*), pyrenophorosis (*Pyrenophoratritici-repentis* Died.), ecological plasticity

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобальных климатических изменений особое значение приобретает разработка и внедрение в сельское хозяйство сортов растений с улучшенными адаптационными характеристиками. Основное направление научных исследований в этой области — создание сортов, которые не только отличаются высокой урожайностью, но и способны эффективно адаптироваться к местным почвенно-климатическим условиям. Кроме того, важно, чтобы такие сорта были устойчивы к биотическим и абиотическим факторам, что позволит минимизировать потери урожая в неблагоприятных условиях [1, 2].

Эффективность селекции для предгорной зоны Центрального Кавказа во многом зависит от правильного формирования селекционного материала, обладающего множеством хозяйственно полезных признаков. Современные сорта озимой мягкой пшеницы должны сочетать: адаптацию к широкому ареалу возделывания, устойчивость к болезням и вредителям, высокую и стабильную продуктивность [3, 4].

Ключевой признак ценных сортов зерновых культур — устойчивость к болезням, которые ежегодно поражают посевы. Среди них — бурая и желтая ржавчины, а также пиренофороз. Данные заболевания наносят существенный урон сельскохозяйственному производству, что выражается в снижении урожайности пшеницы на уровне 50–70 %.

Северный Кавказ и юг Российской Федерации характеризуются разнообразием агроклиматических показателей, что создает благоприятные условия для формирования независимых патогенных популяций возбудителя бурой, или листовой (*Puccinia triticina* Eriks.), и желтой (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) ржавчин пшеницы. На расовый состав патогенов влияют климатические условия конкретного года, ассортимент и площади возделываемых сортов пшеницы, а также наличие сорной растительности, выступающей в роли резервуара инфекции [5]. Центральный Кавказ благодаря своим климатическим условиям благоприятен для развития патогена, что наносит значительный экономический ущерб аграрному сектору региона.

Устойчивость растений к паразитам классифицируется на два типа: расоспецифическую (вертикальную) и общую (горизонтальную, или расонеспецифическую). Вертикальная устойчивость быстро преодолевается патогенами из-за селективного давления, тогда как горизонтальная, контролируемая несколькими генами, более стабильна и не ослабевает при появлении новых рас [6, 7]. Поэтому создание сортов с горизонтальной устойчивостью является предпочтительным подходом в современной селекции. Выращивание сортов с общей или неспецифической устойчивостью снижает селективное давление на патогены, препятствует их эволюции в сторону повышенной вирулентности и уменьшает вероятность массовых вспышек болезней. Кроме того, такие сорта позволяют сократить затраты на химические и биологические средства защиты растений, что способствует улучшению фитосанитарной обстановки и стабилизации агроландшафтов [8].

Климатические особенности предгорной зоны Центрального Кавказа включают нестабильное увлажнение и неравномерное выпадение осадков в течение периода вегетации. Наблюдается тенденция к повышению температур годовых (1,3 °С) и сезонных (1,7 °С), а также перераспределение осадков между сезонами [9]. Такие условия требуют целенаправленного подбора генотипов, устойчивых к местным стрессовым факторам.

Несмотря на наличие отдельных исследований по устойчивости пшеницы к болезням в регионе, отсутствует комплексная сравнительная оценка сортов озимой мягкой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине, желтой ржавчине и пиренофорозу в сочетании с их экологической пластичностью в условиях предгорий Центрального Кавказа. Этот пробел затрудняет целенаправленный подбор генотипов для селекционных программ региона. Кроме того, требует уточнения вопрос о связи между уровнем устойчивости к патогенам и продуктивностью колоса в конкретных почвенно-климатических условиях предгорной зоны.

Целью исследований является сравнительный анализ адаптивности различных сортообразцов озимой мягкой пшеницы и устойчивости их к болезням в условиях предгорий Центрального Кавказа [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект и условия проведения исследования

Исследования проводили в 2022–2024 гг. Объект исследований — 30 сортов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения (таблица 1).

Таблица 1
Эколого-географическое происхождение сортов

Table 1
Ecological and geographical origin of the varieties

Страна происхождения	Сорта	Количество сортов
Казахстан	Arap, Anara, Farabi, Sapali, Rausin, Karasajj, Mereke 70, Zhadira, Soraja	9
Россия	Изюминка, Лидия, Губернатор Дона, Пионерская 32, Гром	5
Украина	Nyva odes'ka, Schedrist'odes'ka, Dausha, Chornobrova, Zvytyaga, Gurt, Batum, Poklyk	8
Польша	Bogatka, Fenezja, Alija	3
Беларусь	Zaritsa, Jadvisja, Kredo	3
Япония	Kanto 107	1
Молдова	Moldova 11	1
Итого	—	30

Площадь делянок 1 м^2, посев ручной, повторность трехкратная. Неспецифическую устойчивость сортов определяли в полевых условиях на естественном инфекционном фоне в динамике по фазам вегетации.

Погодные условия периода исследования

Климатические изменения в Республике Северная Осетия – Алания проявляются в тенденции к уменьшению количества осадков в осенне-зимний период, сопровождаемой повышением среднесуточных температур воздуха в критический для агропромышленного комплекса период посева озимой мягкой пшеницы. Годовое количество осадков составляет 734,8 мм, при этом более 60 % их объема приходится на весенне-летний период, особенно на май – июль. Март – апрель 2022 года характеризовался холодной и дождливой погодой.

Количество осадков в мае превысило норму на 30 %. В 2023 году наблюдалась почвенная засуха во время сева озимых культур в октябре, высокая температура воздуха в осенне-зимний период и марте. В 2024 году весна наступила рано. Апрель был теплым со средней месячной температурой 15,9 °С, что на 5,9 °С превышает норму. Осадков выпало 35 % от климатической нормы (49 мм). В целом 2024 год можно характеризовать как засушливый [9].

Оценка устойчивости к болезням

Устойчивость сортов оценивали к бурой ржавчине (*Puccinia triticina* Eriks.), желтой ржавчине (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) и пиренофорозу (*Pyrenophora tritici-repentis* Died., анаморфа *Drechslera tritici-repentis*) по общепринятым методикам [1].

По скорости нарастания болезней рассчитывали площадь кривой развития болезней (ПКРБ) [2]:

$$ПКРБ = 0{,}5\cdot(x_1 + x_2)\cdot(t_2 - t_1) + ... + 0{,}5\cdot(x_{n-1} + x_n) \times (t_n - t_{n-1}),$$

где x_1 – поражение при первом учете, %; x_2 – поражение при втором учете, %; x_n – поражение при последнем учете; $(t_2 - t_1)$ – количество дней между вторым и первым учетом; $(t_n - t_{n-1})$ – количество дней между последним и предпоследним учетом; n – количество учетов.

На основе ПКРБ определяли индекс устойчивости (ИУ) как отношение ПКРБ у тестируемого сорта к ПКРБ восприимчивого контроля

$$ИУ = ПКРБ\ тестируемый\ сорт\ /\ ПКРБ\ стандарт.$$

[1] Койшибаев М., Мумиджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур / Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. Анкара, 2016. 28 с.

[2] Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам *:* методическое пособие / под ред. Е. Е. Радченко. М. : Россельхозакадемия, 2008. 416 с.

Шкала оценки ИУ [3]:
< 0,1 – расоспецифическая устойчивость;
0,11–0,35 – высокоустойчивые;
0,36–0,65 – среднеустойчивые;
0,66–0,80 – низкая устойчивость;
0,81 – высокая восприимчивость [10].

Оценка адаптивности и экологической пластичности

Для оценки на адаптивность к почвенно-климатическим условиям и устойчивости к болезням использовали различные критерии, в том числе коэффициент адаптивности (КА) Животкова и др. [11].

$$КА = \bar{X}_i / \bar{X}_{ij} \cdot 100,$$

где $\bar{X}_i$ – средняя продуктивность *i*-го сорта за годы испытания; $\bar{X}_{ij}$ – среднесортовая продуктивность за все годы испытаний. Коэффициент рассчитывается как отношение средней продуктивности сорта к средней урожайности всей анализируемой совокупности (%). При КА > 100 % сорт считается адаптивным.

Экологическую пластичность, или коэффициент регрессии урожайности на среду (b_i), оценивали по методу S. A. Eberhart, W. A. Russell. Коэффициент линейной регрессии (b_i) отражает реакцию сорта на изменения условий выращивания. Если (b_i > 1), сорт отличается высокой отзывчивостью и требует тщательного ухода. При оптимальных условиях агротехники сорта могут раскрыть свой потенциал. При (b_i < 1) сорт менее чувствителен к изменениям среды. Такие сорта лучше выращивать на экстенсивных участках, где они покажут максимальную урожайность при минимальных затратах. Если b_i = 1, изменение урожайности сорта полностью соответствует изменению условий выращивания [11].

Статистическая обработка

Статистическую обработку результатов исследований выполняли по Б. А. Доспехову с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2007 [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Устойчивость сортов к болезням

Северный Кавказ и юг Российской Федерации характеризуются разнообразием агроклиматических показателей, что создает благоприятные условия для формирования независимых патогенных популяций возбудителя бурой или листовой (*Puccinia tritici-foeminina* Eriks.) и желтой (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*) ржавчин пшеницы. На расовый состав патогенов влияют климатические условия конкретного года, ассортимент и площади возделываемых сортов пшеницы, а также наличие сорной растительности, выступающей в роли резервуара инфекции [14].

Центральный Кавказ характеризуется благодаря своими климатическими условиями, благоприятными для развития патогена, наносящего значительный экономический ущерб аграрному сектору региона [3, 5, 10]. В связи с этим разработка эффективных методов защиты от данного заболевания является актуальной задачей для данного региона.

Возбудитель бурой ржавчины пшеницы имеет биотрофный тип питания и пять видов спороношения. На злаковых культурах он формирует три типа спороношения: урединиоспоры, телиоспоры и споридии (базидиоспоры). В большинстве экосистем жизненный цикл этого патогена характеризуется укороченной формой, сводящейся к чередованию генераций урединиоспор без стадии на промежуточном хозяине [17].

Генотип растения-хозяина оказывает значительное влияние на вирулентность популяций P. triticina. Наличие или отсутствие у сорта генов устойчивости к патогену определяет степень его восприимчивости. Сорта, обладающие расоспецифической устойчивостью, создают селективное давление на популяцию патогена, что может привести к изменению частоты изолятов и накоплению вирулентных рас.

Устойчивость растений к паразитам классифицируется на два типа: расоспецифическую (вертикальную) и общую (горизонтальную, или расонеспецифическую). Вертикальная устойчивость основана на механизме сверхчувствительности, который позволяет растению быстро распознавать и уничтожать патоген. Горизонтальная устойчивость, в свою очередь, базируется на неспецифических особенностях растения, таких как анатомо-морфологические барьеры и биохимические механизмы. Она не ослабевает при появлении новых рас патогена и проявляется в удлинении инкубационного периода и снижении интенсивности спорообразования, что выражается в уменьшении количества пустул на листьях.

[3] Шутко А. П., Тутуржанс Л. В. Фитосанитарная диагностика болезней растений : учебное пособие. Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2018. 111 с.

Селекция на расоспецифическую устойчивость часто приводит к ее быстрой потере из-за селективного давления со стороны генотипа сорта на микроэволюционные процессы в популяции патогена. Более предпочтительным подходом является создание сортов с горизонтальной устойчивостью, контролируемой несколькими генами. Такая устойчивость характеризуется более высокой степенью стабильности, поскольку адаптация патогена к множественным генам устойчивости оказывается затруднительной, что позволяет сохранять ее на протяжении длительного времени.

Какой вид ржавчины будет преобладать, зависит от устойчивости сорта и климатических условий года. Желтая ржавчина развивается в прохладную и влажную погоду. Оптимальная температура для ее развития 9–11 °С и обильные осадки ранней весной. Листовая, или бурая ржавчина, напротив, предпочитает температуры выше 21 градуса и активизируется позже, после колошения.

Желтая пятнистость, известная также как пиренофороз, является значимым заболеванием, вызываемым патогенным грибом Pyrenophora tritici-repentis, который в анаморфной стадии представлен видом Drechslera tritici-repentis. Данное заболевание ежегодно наносит существенный ущерб посевам пшеницы, присутствуя в той или иной степени практически на всех полях. Пиренофороз характеризуется высокой скоростью развития при относительной влажности воздуха, превышающей 90 %.

Симптомы заболевания проявляются на листьях и стеблях растения в виде характерных желтых или светло-бурых пятен, имеющих более светлый центр и окружающую их хлоротичную зону. При интенсивном развитии инфекции пятна могут сливаться, приводя к массовому пожелтению и усыханию листьев. Инфекция сохраняет свою жизнеспособность в зимний период в форме мицелия и аскоспор, локализующихся на растительных остатках и семенах. Это обеспечивает ее успешное распространение в следующем вегетационном цикле. Фитопатоген способен инфицировать колос, вызывая образование удлиненных пятен на колосковых чешуях. Оболочка семян приобретает красноватый оттенок, а сами зерна покрываются грязновато-красными пятнами, что визуально напоминает поражение фузариозом.

Первые признаки пиренофороза появляются ранней весной, когда растения выходят в трубку. Это мелкие округлые пятна желто-коричневого цвета с хлоротичным ореолом [18–20]. Наиболее восприимчивы к пиренофорозу озимые сорта пшеницы, однако и другие зерновые культуры также подвержены данному заболеванию. На восприимчивых сортах пшеницы степень поражения может достигать 70 %, что ведет к преждевременному усыханию листьев и значительному снижению урожайности, вплоть до 60 %.

В исследовании использовались сорта различного происхождения (таблица 1).

Результаты оценки устойчивости к болезням образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) представлены в таблице 2.

Таблица 2
Характеристика сортов озимой мягкой пшеницы по устойчивости к болезням

Table 2
Characteristics of winter soft wheat varieties for disease resistance

№ п/п	Сорт	Желтая ржавчина			Бурая ржавчина			Пиренофороз		
		Тип реакции	ПКРБ, у. е.	ИУ	Тип реакции	ПКРБ, у. е.	ИУ	Тип реакции	ПКРБ, у. е.	ИУ
1	Arap	MR	440	0,48	MS	498	0,53	MS	334	0,38
2	Anara	MS	469	0,51	S	658	0,70	S	598	0,68
3	Farabi	S	828	0,90	S	771	0,82	MS	493	0,56
4	Sapali	R	64	0,07	MR	461	0,49	MR	545	0,62
5	Rausin	MR	295	0,32	MR	376	0,40	MR	317	0,36
6	Karasajj	MR	184	0,20	MS	451	0,48	MS	466	0,53
7	Mereke 70	MS	440	0,48	S	602	0,64	MS	450	0,51

Продолжение

№ п/п	Сорт	Желтая ржавчина			Бурая ржавчина			Пиренофороз		
		Тип реакции	ПКРБ, у. е.	ИУ	Тип реакции	ПКРБ, у. е.	ИУ	Тип реакции	ПКРБ, у. е.	ИУ
8	Zhadira	*R*	55	0,06	*MR*	94	0,10	*MR*	62	0,07
9	Soraja	*R*	28	0,03	*R*	99	0,05	*MR*	88	0,09
10	Bogatka	*R*	0	0	*R*	19	0,02	*MR*	264	0,30
11	Fenezja	*R*	0	0	*R*	019	0	*R*	26	0,03
12	Zaritsa	*R*	0	0	*R*	19	0,02	*R*	70	0,08
13	Jadvisja	*R*	0	0	*R*	0	0	*R*	26	0,03
14	Kredo	*MS*	533	0,58	*MR*	254	0,27	*MR*	167	0,19
15	Изюминка	*MS*	110	0,12	*MR*	94	0,10	*S*	634	0,72
16	Лидия	*S*	782	0,85	*S*	771	0,82	*MS*	581	0,66
17	Губернатор Дона	*MS*	570	0,62	*MR*	178	0,19	*MR*	343	0,39
18	Пионерская 32	*MR*	570	0,62	*MR*	461	0,49	*R*	343	0,39
19	Moldova 11	*MR*	665	0,87	*MS*	743	0,79	*MR*	405	0,46
20	Kanto 107	*S*	875	0,95	*S*	865	0,92	*MR*	449	0,51
21	Nyva odes'ka	*MR*	350	0,38	*MS*	606	0,73	*MR*	387	0,44
22	Schedrist'odes'ka	*MS*	470	0,51	*S*	818	0,87	*MS*	607	0,69
23	Dausha	*MR*	350	0,38	*S*	780	0,83	*MS*	651	0,74
24	Chornobrova	*MR*	440	0,47	*MR*	606	0,73	*MR*	352	0,40
25	Zvytyaga	*MR*	295	0,32	*MR*	376	0,40	*MS*	590	0,67
26	Gurt	*MR*	295	0,32	*MS*	545	0,58	*S*	590	0,67
27	Batum	*MS*	650	0,71	*MS*	602	0,64	*MS*	677	0,77
28	Poklyk	*MS*	570	0,62	*S*	790	0,84	*MS*	695	0,79
29	Alija	*MS*	680	0,74	*MS*	647	0,69	*MS*	765	0,87
30	Гром	*S*	920	1,0	*S*	940	1,0	*S*	880	1,0

Примечание: *R* – устойчивый тип реакции; *MR* – умеренно-устойчивый; *MS* – среднеустойчивый; *S* – восприимчивый тип.

Note: *R* – resistant reaction type; *MR* – moderately resistant; *MS* – intermediate resistance; *S* – susceptible reaction type.

Расоспецифической устойчивостью (ИУ < 0,1) к желтой ржавчине обладали 23,5 % сортообразцов (Sapali, Zhadira, Soraja, Bogatka, Fenezja, Zaritsa, Jadvisja), высокой расонеспецифической устойчивостью (ИУ = 0,11–0,65) — 53,3 % (Arap, Anara, Rausin, Karasaj, Mereke 70, Изюминка, Губернатор Дона, Пионерская 32, Nyva odes'ka, Schedrist' odes'ka, Chornobrova, Zvytyaga, Kredo, Dausha, Gurt, Poklyk), слабой расонеспецифической устойчивостью (ИУ = 0,66–0,8) — 6,6 % (Alija, Batum), восприимчивым типом реакции (ИУ > 0,81) — 16,6 % (Farabi, Kanto 107, Гром, Moldova 11, Лидия) (таблица 1).

Расоспецифической устойчивостью к бурой ржавчине обладали 16,7 % образцов (Soraja, Bogatka, Fenezja, Jadvisja, Zaritsa), высокой расонеспецифической устойчивостью — 46,7 % (Arap, Anara, Rausin, Karasajj, Mereke 70, Sapali, Zhadira, Kredo, Изюминка, Губернатор Дона, Пионерская 32, Zvytyaga, Gurt, Batum), слабой расонеспецифической устойчивостью — 13,3 % (Moldova 11, Nyva odes'ka, Chornobrova, Alija), восприимчивым типом реакции — 23,3 % (Farabi, Лидия, Schedrist'odes'ka, Dausha, Kanto 107, Poklyk, Гром).

На основании результатов оценки устойчивости к пиренофорозу выявлено, что 16,6 % исследованных сортообразцов (Zhadira, Soraja, Fenezja, Zaritsa, Jadvisja) демонстрируют расоспецифическую устойчивость. В то же время 50,0 % образцов (Arap, Anara, Farabi, Sapali, Rausin, Karasajj, Mereke 70, Bogatka, Kredo, Губернатор Дона, Пионерская 32, Nyva odes'ka, Chornobrova, Moldova 11, Kanto 107) обладают высокой расонеспецифической устойчивостью. Восприимчивый тип реакции был выявлен у образцов Alija, Гром, что составляет 6,7 %. Наконец, 26,7 % сортообразцов (Изюминка, Лидия, Schedrist' odes'ka, Dausha, Zvytyaga, Gurt, Batum, Poklyk) характеризуются слабой расонеспецифической устойчивостью (таблица 3).

Образцы по типу реакции на желтую ржавчину разделились на группы: восприимчивые (*S*) – 13,3 %, устойчивые (*R*) – 23,4, среднеустойчивые (*MR*) – 33,3, средневосприимчивые (*MS*) – 30,0 %. По типу реакции к бурой ржавчине восприимчивый тип (*S*) показали 30,0, устойчивый тип (*R*) – 16,7, среднюю устойчивость (*MR*) – 30,0 и среднюю восприимчивость (*MS*) – 23,3 %. По типу реакции на пиренофороз 13,3 % образцов проявили восприимчивость (тип *S*), 13,3 % – устойчивость (тип *R*). 36,7 % образцов показали среднюю устойчивость (тип *MR*) и среднюю восприимчивость (тип *MS*) (таблица 3).

В целом, у исследуемых сортов озимой пшеницы наблюдается более высокая степень устойчивости к желтой ржавчине и пиренофорозу по сравнению с бурой ржавчиной.

Адаптивность и экологическая пластичность

Стабильное проявление продуктивности сортов в разнообразных агроэкологических условиях является ключевым индикатором их адаптивной способности, что имеет первостепенное значение для селекционной практики и агрономических исследований. Адаптивные характеристики генотипа традиционно оцениваются с использованием коэффициента адаптивности (КА), который позволяет количественно определить степень приспособленности сорта к конкретным условиям выращивания [11].

Среди них особо выделяются: Zaritsa с коэффициентом адаптивности 166,6; Mereke 70 с КА 156,9; Zhadira с КА 147,0; Jadvisja с КА 134,3; Пионерская 32 с КА 130,4; Soraja с КА 127,5 % (таблица 4).

Таблица 3
Распределение сортов озимой пшеницы по типу реакции к болезням, %

Table 3
Distribution of winter wheat varieties by degree of resistance to diseases, %

Тип устойчивости	Желтая ржавчина	Бурая ржавчина	Пиренофороз
Устойчивость, *R*	23,4	16,7	13,3
Средняя устойчивость, *MR*	33,3	30,0	36,7
Средняя восприимчивость, *MS*	30,0	23,3	36,7
Восприимчивость, *S*	13,3	30,0	13,3

Таблица 4
Характеристика сортов озимой мягкой пшеницы по признаку «вес зерна с колоса» и адаптивности

Table 4
Characteristics of winter soft wheat varieties based on the "grain weight per ear" trait and adaptability

	Сорт	Средний вес зерна колоса, г			*M±m*	b_i	КА
		2022	2023	2024			
1	Arap	1,3	1,1	1,1	1,16±0,06	2,5	113,7
2	Anara	0,5	0,4	0,6	0,5±0,06	2,8	49,0
3	Farabi	0,6	0,4	0,7	0,57±0,10	0,7	55,8
4	Sapali	1,0	0,6	0,9	0,8±0,18	0,9	88,2
5	Rausin	0,6	0,7	0,8	0,7±0,13	1,4	68,6

Продолжение

	Сорт	Средний вес зерна колоса, г			M±m	b_i	КА
		2022	2023	2024			
6	Karasajj	1,0	0,9	1,1	1,0±0,08	1,5	98,0
7	Mereke 70	1,2	1,3	1,3	1,2±0,17	0,8	116,9
8	Zhadira	1,6	1,5	1,5	1,5±0,04	0,6	147,0
9	Soraja	1,3	1,1	1,4	1,3±0,11	0,7	127,5
10	Bogatka	1,1	1,1	1,2	1,2±0,12	0,8	117,6
11	Fenezja	1,0	1,1	1,2	1,1±0,07	0,6	117,6
12	Zaritsa	1,4	1,4	2,1	1,7±0,29	1,5	166,6
13	Jadvisja	1,6	1,1	1,4	1,37±0,18	1,3	134,3
14	Kredo	1,1	1,3	1,2	1,2±0,07	1,3	117,6
15	Изюминка	0,9	1,1	0,9	0,97±0,08	1,5	88,2
16	Лидия	0,9	0,6	0,8	0,77±0,11	1,8	95,0
17	Губернатор Дона	0,8	0,7	1,1	0,87±0,15	1,7	85,3
18	Пионерская 32	1,4	1,3	1,3	1,33±0,04	0,5	130,4
19	Moldova 11	0,9	0,9	0,8	0,88±0,04	1,4	86,3
20	Kanto 107	0,6	0,5	0,8	0,63±011	1,5	62,7
21	Nyva odes'ka	1,0	0,7	0,8	0,83±0,08	0,8	81,4
22	Schedrist'odes'ka	1,0	0,7	0,7	0,8 ±0,80	0,6	78,4
23	Dausha	0,8	0,9	0,6	0,8±0,11	0,8	78,4
24	Chornobrova	1,5	1,0	1,5	1,3±0,2	1,4	118,2
25	Zvytyaga	1,2	1,1	1,3	1,2±0,07	0,6	117,6
26	Gurt	0,8	0,8	1,0	0,9±0,08	0,5	88,2
27	Batum	1,1	1,1	1,0	1,07±0,11	1,0	100,8
28	Poklyk	1,0	1,0	1,1	1,03±0,04	0,6	100,1
29	Alija	0,9	0,7	0,8	0,80±0,11	1,2	78,4
30	Гром st.	1,2	1,1	1,1	1,13±0,15	1,1	110,8
	$\bar{x}$	1,06	0,9	1,1	$\bar{x}ij$ = 1,02	—	—
	Индекс условий	0,04	–0,12	0,08	—	—	—

Примечание: M – среднее арифметическое; *m* – стандартная ошибка среднего арифметического; КА – коэффициент адаптивности; b_i – коэффициент линейной регрессии.

Note: M – arithmetic mean; *m* – standard error of the mean; AC(KA) – adaptability coefficient; b_i – linear regression coefficient.

Биологическую возможность сорта приспосабливаться к условиям выращивания характеризует коэффициент пластичности (b_i). Согласно проведенной оценке, наиболее пластичными ($b_i > 1$) были сортообразцы: Arap, Anara, Rausin, Karasajj, Zaritsa, Jadvisja, Kredo, Изюминка, Лидия, Губернатор Дона, Moldova 11, Kanto 107, Chornobrova, Alija, Гром. Данная группа сортов отличается высокой отзывчивостью на улучшение условий возделывания.

Следующая группа сортов с менее пластичным и стабильным генотипом ($b_i < 1$): Farabi, Sapali, Mereke 70, Soraja, Bogatka, Fenezja, Пионерская 32, Schedrist'odes'ka, Dausha, Zvytyaga, Gurt, Poklyk.

Наибольший интерес представляют сорта с комплексом хозяйственно ценных признаков. Они отличаются высокой экологической пластичностью и комплексной устойчивостью к ржавчинам и пиренофорозу. Среди таких генотипов можно выделить Arap, Soraja, Bogatka Zaritsa, Jadvisja, Kredo, Пионерская 32, Губернатор Дона, Chornobrova, Zvytyaga.

Связь устойчивости к болезням с продуктивностью

Анализ корреляции выявил умеренную обратную связь между продуктивностью колоса и индексами устойчивости к заболеваниям. При оценке желтой ржавчины коэффициент корреляции составил –0,539, бурой ржавчины — –0,635 и –0,629 (таблица 5). Отрицательное значение коэффициента указывает на то, что рост пораженности растения листовыми пятнистостями ведет к снижению урожайности.

Заболевания оказывают многостороннее негативное воздействие на растение. Они уменьшают фотосинтетическую поверхность, снижая площадь листьев, участвующих в фотосинтезе. Это приводит к недостатку энергии и пластических веществ, необходимых для формирования урожая. Физиологические процессы нарушаются, транспорт ассимилятов к репродуктивным органам блокируется, что мешает закладке и наливу зерна, а также снижает озерненность колоса. Патогены истощают растение, в результате чего зерно становится щуплым. Больное растение часто образует меньшее количество стеблей и зерен, что напрямую снижает общую продуктивность [21–25].

Результаты регрессионного анализа демонстрируют отрицательную зависимость (нисходящая линия тренда) между развитием болезней и продуктивностью. Это указывает на то, что по мере увеличения степени поражения растений их продуктивность снижается. Статистический анализ подтвердил наличие негативной причинно-следственной связи между развитием болезней и продуктивностью растительных культур (рисунок 1).

Таблица 5
Матрица корреляций между индексом устойчивости к болезням и продуктивностью колоса

Table 5
Correlation matrix of disease resistance indices and grain weight per ear

Параметр	ИУ желтая ржавчина	ИУ бурая ржавчина	ИУ пиренофороз	Вес зерна с колоса, г
ИУ желтая ржавчина	1			
ИУ бурая ржавчина	0,780795	1		
ИУ пиренофороз	0,522881	0,721002	1	
Вес зерна с колоса, г	–0,53952	–0,63522	–0,62937	1

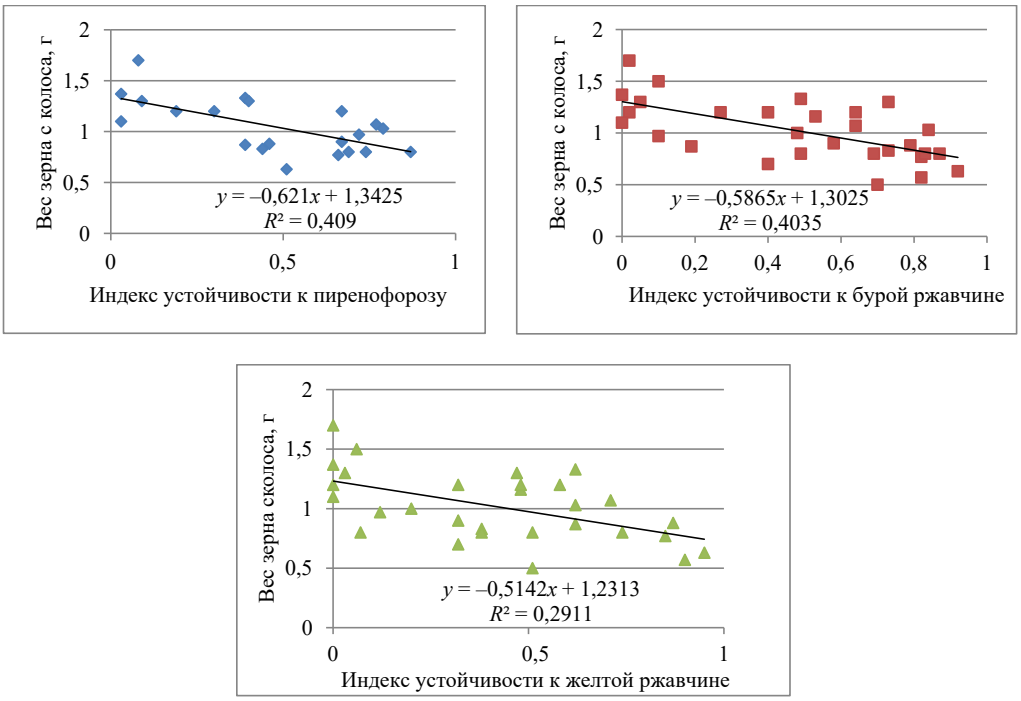

Рисунок 1
Зависимость веса зерна колоса от индекса устойчивости к пиренофорозу (слева), бурой ржавчине (в центре) и желтой ржавчине (справа)

Figure 1
Relationship between grain weight per ear and the resistance index for tan spot (left), leaf rust (centre), and stripe rust (right)

Коэффициент детерминации (R^2) показывает, какая часть вариабельности продуктивности обусловлена развитием ржавчины. Низкий коэффициент R^2 может свидетельствовать о том, что на продуктивность влияют и иные факторы, такие как погодные условия, плодородие почвы, сорт растения, а также методы возделывания.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Устойчивость к болезням

Полученные результаты согласуются с данными литературы о том, что устойчивость к желтой ржавчине и пиренофорозу у изученных сортов выше, чем к бурой ржавчине . Это может быть связано с климатическими особенностями региона: желтая ржавчина развивается в прохладную и влажную погоду с оптимальной температурой 9–11 °C и обильными осадками ранней весной, тогда как бурая ржавчина предпочитает температуры выше 21 °C и активизируется позже, после колошения. Пиренофороз характеризуется высокой скоростью развития при относительной влажности воздуха, превышающей 90 % [17–19].

Сорта с расоспецифической устойчивостью (ИУ< <0,1) к желтой ржавчине (Sapali, Zhadira, Soraja, Bogatka, Fenezja, Zaritsa, Jadvisja) и бурой ржавчине (Soraja, Bogatka, Fenezja, Jadvisja, Zaritsa) представляют особую ценность, поскольку демонстрируют полную устойчивость на естественном инфекционном фоне. Однако, как показывает практика, фокусировка селекционных усилий на создании расоспецифической устойчивости к патогенам не всегда приносит ожидаемые результаты. Данный подход лишь способствует ускорению микроэволюционных процессов в популяциях патогенов, что, в свою очередь, приводит к снижению эффективности существующих защитных механизмов растений [6, 20]. Аналогичные выводы получены в исследованиях, показавших, что сорта, обладающие расоспецифической устойчивостью, создают селективное давление на популяцию *Puccinia triticina*, что ведет к накоплению вирулентных рас и преодолению устойчивости [18].

Более предпочтительным является создание сортов с горизонтальной устойчивостью, контролируемой несколькими генами. Такая устойчивость характеризуется более высокой степенью стабильности, поскольку адаптация патогена к множественным генам устойчивости оказывается затруднительной [7]. Сорта с горизонтальной устойчивостью характеризуются замедлением развития заболеваний и увеличением латентного периода, что позволяет минимизировать применение активных методов борьбы с фитопатогенами.

Адаптивность и экологическая пластичность

Выявленные сорта с высокими показателями адаптивности (Zaritsa, Mereke 70, Zhadira, Jadvisja, Пионерская 32, Soraja) подтверждают данные о том, что стабильное проявление продуктивности в разнообразных агроэкологических условиях является ключевым индикатором адаптивной способности [1, 2]. Коэффициент адаптивности выше 100 % указывает на то, что эти сорта превышают среднесортовую продуктивность и, следовательно, являются адаптивными к условиям предгорий Центрального Кавказа.

Разделение сортов по коэффициенту пластичности (b_i) на две группы — с высокой отзывчивостью на улучшение условий ($b_i > 1$) и с меньшей чувствительностью к изменениям среды ($b_i < 1$) — имеет важное практическое значение. Сорта первой группы (Arap, Anara, Rausin, Karasajj, Zaritsa, Jadvisja, Kredo, Изюминка, Лидия, Губернатор Дона, Moldova 11, Kanto 107, Chornobrova, Alija, Гром) требуют тщательного ухода и могут раскрыть свой потенциал при оптимальных условиях агротехники. Сорта второй группы (Farabi, Sapali, Mereke 70, Soraja, Bogatka, Fenezja, Пионерская 32, Schedrist' odes'ka, Dausha, Zvytyaga, Gurt, Poklyk) лучше выращивать на экстенсивных участках, где они покажут максимальную урожайность при минимальных затратах. Этот вывод согласуется с методическими подходами, изложенными в работах [12, 21].

Наибольший интерес представляют сорта с комплексом хозяйственно ценных признаков: Arap, Soraja, Bogatka, Zaritsa, Jadvisja, Kredo, Пионерская 32, Губернатор Дона, Chornobrova, Zvytyaga. Они сочетают высокую экологическую пластичность с комплексной устойчивостью к ржавчинам и пиренофорозу, что делает их ценным генетическим материалом для селекционных программ. Подобные результаты были получены нами в исследованиях, где комплексная устойчивость к болезням сочеталась с высокой адаптивностью у сортов озимой пшеницы в условиях Северо-Кавказского региона [22].

Связь устойчивости с продуктивностью

Обратная корреляционная связь между продуктивностью колоса и индексами устойчивости к заболеваниям (от –0,539 до –0,635) подтверждает, что рост пораженности растения ведет к снижению урожайности. Это объясняется тем, что заболевания уменьшают фотосинтетическую поверхность, нарушают физиологические процессы и транспорт ассимилятов к репродуктивным органам, что мешает закладке и наливу зерна. Аналогичные данные получены в исследованиях, показавших, что развитие ржавчины изменяет донорно-акцепторные отношения (source–sink relations) и снижает налив зерна у пшеницы [14–16].

Коэффициент детерминации (R^2) составил 0,3–0,4, что свидетельствует о влиянии дополнительных факторов, не учтенных в рамках данного исследования. К таким факторам можно отнести погодные условия конкретных лет, плодородие почвы, агротехнические приемы, а также генетические особенности сортов, не связанные с устойчивостью к болезням. Это согласуется с литературными данными о том, что продуктивность пшеницы определяется сложным взаимодействием генотипа, среды и агротехники [1, 2, 21].

Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, период исследований составил 2022–2024 гг., что может быть недостаточно для оценки стабильности сортов в долгосрочной перспективе. Во-вторых, оценка проводилась на естественном инфекционном фоне, что не позволяет контролировать инфекционную нагрузку. В-третьих, погодные условия годов исследования различались (2022 г. — холодная и дождливая весна, 2023 г. — почвенная засуха, 2024 г. — засушливый год), что могло повлиять на развитие патогенов и продуктивность сортов. В-четвертых, низкий коэффициент детерминации указывает на то, что устойчивость к болезням — не единственный фактор, определяющий продуктивность.

Практическая значимость

Устойчивые сорта озимой пшеницы играют ключевую роль в снижении потерь урожая, вызванных фитопатогенными инфекциями, а также минимизируют необходимость применения химических средств защиты растений. Особое внимание в данном контексте уделяется поиску генетического материала с высокой экологической пластичностью и неспецифической устойчивостью к фитопатогенам. Горизонтальная устойчивость растений, обусловленная наличием множественных механизмов защиты, является важнейшим фактором их долгосрочной резистентности к болезням.

Комбинация таких сортов с оптимальными агротехническими методами является эффективным инструментом для минимизации или полного отказа от химических средств защиты. Выделенные генотипы (Arap, Soraja, Bogatka, Zaritsa, Jadvisja, Kredo, Пионерская 32, Губернатор Дона, Chornobrova, Zvytyaga) представляют собой ценный генетический материал для селекции сортов озимой мягкой пшеницы, адаптированных к специфическим условиям предгорной зоны Центрального Кавказа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате комплексной оценки 30 сортов озимой мягкой пшеницы в предгорьях Центрального Кавказа выделены генотипы, сочетающие высокую экологическую пластичность с устойчивостью к бурой ржавчине, желтой ржавчине и пиренофорозу: Arap, Soraja (Казахстан), Bogatka (Польша), Zaritsa, Jadvisja, Kredo (Беларусь), Пионерская 32, Губернатор Дона (Россия), Chornobrova, Zvytyaga (Украина). Установлена умеренная обратная корреляция между продуктивностью колоса и поражением болезнями (r = –0,54…–0,64; R^2 = 0,3–0,4), что указывает на влияние и других факторов среды.

Выделенные сорта рекомендуются для включения в селекционные программы, направленные на создание устойчивых к болезням сортов озимой мягкой пшеницы для предгорной зоны Центрального Кавказа. Ограничениями исследования являются короткий период (2022–2024 гг.), естественный инфекционный фон и различающиеся погодные условия годов. Перспектива дальнейших работ — расширение набора патогенов, увеличение срока испытаний и оценка стабильности урожайности в производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Галушко Н.А., Соколенко Н.И. Адаптивность сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Северо-Кавказского региона. *Достижения науки и техники АПК.* 2022;36(5):50-54. https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_5_50
   Galushko N.A., Sokolenko N.I. Adaptability of winter wheat varieties cultivated in the North Caucasus region. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex.* 2022;36(5):50-54. (In Russ) https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_5_50
2. Манукян И.Р., Басиева М.А., Мирошникова Е.С. и др. Оценка экологической пластичности сортов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа. *Аграрный вестник Урала*. 2019;183(4):20-26. https://doi.org/10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.463001583
   Manukyan I.R., Basieva M.A., Miroshnikova E.S. et al. Assessment of ecological plasticity of winter wheat varieties in the conditions of a foothill zone of the Central Caucasus. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2019;183(4):20-26. (In Russ) https://doi.org/10.32417/article_5cf94f63b4d0f7.463001583
3. Манукян И.Р. Комплексная оценка исходного материала для селекции озимой мягкой пшеницы в условиях Центрального Кавказа. *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* 2022;101:129-134. https://doi.org/10.21515/1999-1703-101-129-134
   Manukyan I.P. Comprehensive assessment of the source material for winter soft wheat selection in the Central Caucasus. *Trudy KuBGAU*. 2022;(101):129-134. (In Russ.) https://doi.org/10.21515/1999-1703-101-129-134
4. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Адаптивность селекционных линий твердой пшеницы из Италии в условиях Среднего Поволжья. *Достижения науки и техники АПК*. 2021;35(3):28-32. https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-103055
   Malchikov P.M., Myasnikova M.G. Adaptability of durum wheat breeding lines from Italy in the conditions of the Middle Volga region. *Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*. 2021;35(3):28-32. (In Russ.) https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-103055
5. Волкова Г.В., Кудинова О.А., Ваганова О.Ф. Разнообразие фенотипов вирулентности популяции Puccinia triticina в различных агроклиматических зонах Северного Кавказа. *Российская сельскохозяйственная наука.* 2019;(6):23-26. https://doi.org/10.31857/S2500-26272019623-26
   Volkova G.V., Kudinova O.A., Vaganova O.F. Diversity of virulence phenotypes of Puccinia triticina in different agroclimatic zones of the North Caucasus. *Russian Agricultural Sciences*. 2019;(6):23-26. (In Russ.) https://doi.org/10.31857/S2500-26272019623-26
6. Singh R.P., Huerta-Espino J., Bhavani S. et al. Race non-specific resistance to rust diseases in CIMMYT spring wheats. *Euphytica*. 2011;179:175-186. https://doi.org/10.1007/s10681-010-0322-9
7. Планк Я.Е. ван дер. *Устойчивость растений к болезням*. М.: Колос, 1972.254.
   Planck J.E. van der. *Plant resistance to diseases.* Moscow: Kolos, 1972.254. (In Russ.)
8. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю. и др. Фитосанитарные проблемы пшеничного поля и эффективность средств защиты от болезней. *Агрохимия.* 2020;10:45-50. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-3-3
   Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu. et al. Phytosanitary problems of wheat field and effectiveness of meansfor protection against diseases. *Agrohimia*. 2020;(10): 45-50. (In Russ) https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-3-3
9. Корчагина Е.А., Гедуева М.М., Атаев З.В. и др. Геоэкологические исследования на территории северного склона Большого Кавказа. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021;2(100):126-138. https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-2-100-126-138
   Korchagina E.A., Gedueva M.M., Ataev Z.V. et al. Geoecological research in the territory of the Northern slope of the Great Caucasus. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021;2(100):126-138. (In Russ.) https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-2-100-126-138
10. Абрамова А., Вафин И., Медведев Н. и др. Совершенствование системы защиты яровой пшеницы с учетом мониторинга динамики листостебельных микозов и применения биопрепаратов в Республике Татарстан, Россия. *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(4):57-68. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-57-68
    Abramova A., Vafin I., Medvedev N. et al. Improving the spring wheat protection system through monitoring the dynamics of leaf and stem mycoses and application of bio-logical preparations

in the Republic of Tatarstan, Russia. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(4):57-68. (In Russ.) https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-4-57-68

11. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности. *Селекция и семеноводство*. 1994;2:3-7.
    Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield. *Breeding and Seed Production.*1994;2:3-7. (In Russ.)
12. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 1966;6(1):36-40.
13. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта* (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и переработанное. М.: Агропромиздат, 1985.351
    Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment* (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2014.416 (In Russ.)
14. Robert C., Bancal M.-O., Nicolas P. et al. Analysis and modelling of effects of leaf rust and Septoria tritici blotch on wheat growth. *Journal of Experimental Botany*. 2004;55(399):1079-1094. https://doi.org/10.1093/jxb/erh108
15. Bancal M.-O., Robert C., Ney B. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. *Annals of Botany*. 2007;100(4):777-789. https://doi.org/10.1093/aob/mcm163
16. He C., Zhang Y., Zhou W. et al. Study on stripe rust (*Puccinia striiformis*) effect on grain filling and seed morphology building of special winter wheat germplasm Huixianhong. *PLOS ONE*. 2019;14(5):e0215066. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215066
17. Chen W., Wellings C., Chen X. et al. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Molecular Plant Pathology*. 2014;15(5):433-446. https://doi.org/10.1111/mpp.12116
18. Bolton M.D., Kolmer J.A., Garvin D.F. Wheat leaf rust caused by Puccinia triticina. *Molecular Plant Pathology*. 2008;9(5):563-575. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00487.x
19. Шутко А.П., Ситников В.Н., Есаулко А.Н. и др. Желтая пятнистость озимой пшеницы: к вопросу о методологии фитосанитарного мониторинга. *International Agricultural Journal*. 2024;6:2138-2153. https://doi.org/10.55186/25880209_2024_8_6_37
    Shutko A.P., Sitnikov V.N., Esaulko A.N. et al. Winter wheat yellow spot: towards the question of phytosanitary monitoring methodology. *International Agricultural Journal.* 2024;6:2138-2153. (In Russ.) https://doi.org/10.55186/25880209_2024_8_6_37
20. Губин А.С., Богданов О.Е., Рязанов Г.С. Неспецифический и специфический иммунитет высших растений. *Наука и образование.* 2023;6(1):74-77.
    Gubin A.S., Bogdanov O.E., Ryazanov G.S. Nonspecific and specific immunity higher plants. *Science and Education*. 2023;6(1):74-77. (In Russ.)
21. Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1963;14:742-754. https://doi.org/10.1071/AR9630742
22. Manukyan I.R., Abiev V.B. Ways of creating rational agrochenosis of winter wheat for the foothill area conditions of the Central Caucasus. *Volga Region Farmland*. 2019;1(1):2-5. https://doi.org/10.26177/VRF.2019.1.1.001
23. Аль-Аттафи М.К.Р., Есаулко А.Н., Котова А.С. Оптимизация содержания в почве макро- и микроэлементов в посевах подсолнечника в условиях зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2025;15(2):74-84. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84
    Al-Attafi M.K.R., Yesaulko A.N., Kotova A.S. Optimization of the content of macro- and microelements in sunflower crops in the conditions of the zone of unstable moisture of the central circaucasus. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2025;15(2):74-84. (In Russ.) https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-2-74-84
24. Пахомов В.И., Брагинец А.В., Бахчевников О.Н. и др. Новый подход к предпосевной обработке семян: влияние низкотемпературного и микроволнового воздействия на урожайность озимой пшеницы. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2026;16(2):43-56. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-2-43-56

Pakhomov V.I., Braginets A.V., Bakhchevnikov O.N. et al. New approach to pre-sowing seed treatment: the effect of low temperature and microwave exposure on the yield of winter wheat. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2026;16(2):43-56. (In Russ.) https://doi.org/10.31279/2949-4796-2026-16-2-43-56

25. Кекало А.Ю. Немченко В.В., Заргарян Н.Ю. и др. *Защита зерновых культур от болезней.* Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017.172.
Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu. et al. *Protection of grain crops from diseases.* Kurtamysh: Kurtamysh Printing House LLC, 2017.172. (In Russ.)

Сведения об авторе

Ирина Рафиковна Манукян —
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства федерального государственного научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия

https://orcid.org/0000-0002-1620-4302

SPIN-код: 7302-7857

miririna.61@mail.ru

About the author

Irina R. Manukyan —
Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture of the Vladikavkaz cientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia

https://orcid.org/0000-0002-1620-4302

miririna.61@mail.ru