



Научная статья

УДК 633.111.1:631.526.322

doi: 10.55186/25876740_2022_65_5_525

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИОЛЕТОВОЗЕРНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

В.С. Рубец¹, И.Н. Ворончихина², В.Н. Игонин¹, В.С. Сидоренко³, В.В. Ворончихин²

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия

³Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, Орловская обл., п. Стрелецкий, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты изучения комплекса признаков трех сортов яровой пшеницы с фиолетовым зерном (Иволга фиолетовая селекции Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Памяти Коновалова селекции Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур и Laval 19, Канада) в сравнении с красnozерным стандартом Злата. Полевой опыт проведен по методике Государственного сортоиспытания, лабораторные оценки — общепринятыми в селекции методами. Для анализа локализации антоцианов использован анатомический метод. Годы исследований были контрастными: 2020 г. — переувлажненным и умеренно теплым, 2021 — жарким и засушливым. Результаты обработаны статистически, с применением однофакторного дисперсионного анализа. Было показано, что фиолетовая окраска зерна сортов Иволга фиолетовая, Памяти Коновалова и Laval 19 определяется комплексом признаков аналогично пшенице эфиопской: наличием антоцианов в хлорофиллоносном слое перикарпия, ярко окрашенным экзокарпием, пигментацией семенной кожуры. В условиях ЦРНЗ сорта яровой пшеницы с фиолетовым зерном формируют низкую относительно стандарта урожайность зерна, низкую массу и стекловидность. Масса 1000 зерен не зависит от их окраски. Из элементов структуры урожая сорта различаются только по массе зерна с колоса. Сорт Laval 19 характеризуется раннеспелостью на уровне стандарта, сорта Иволга фиолетовая и Памяти Коновалова — среднеспелостью. Все сорта характеризуются низкостебельностью, высокой устойчивостью к полеганию и бурой ржавчине. Сорт Иволга фиолетовая высокоустойчив к мучнистой росе, Памяти Коновалова — к фузариозу колоса и септориозу.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорта, фиолетовое зерно, урожайность, масса 1000 зерен, натура, стекловидность, антоцианы

Original article

CHARACTERISTICS OF VIOLET-GREEN VARIETY OF SPRING SOFT WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL REGION OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

V.S. Rubets¹, I.N. Voronchikhina², V.N. Igonin¹, V.S. Sidorenko³, V.V. Voronchikhin²

¹Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

²Tsitsin Main Botanical Garden, Moscow, Russia

³Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops, Oryol region, p. Streletskiy, Russia

Abstract. The article presents the results of a study of a complex of traits of three varieties of spring wheat with purple grain (Ivolga violet breeding Russian Timiryazev State Agrarian University, Pamyat Konovalov breeding Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops and Laval 19, Canada) in comparison with the red grain standard Zlata. The field experiment was carried out according to the methodology of the State Variety Testing, laboratory evaluations were carried out by methods generally accepted in breeding. The anatomical method was used to analyze the localization of anthocyanins. The years of research were contrasting: 2020 — waterlogged and moderately warm, 2021 — hot and dry. The results were processed statistically using one-way ANOVA. It was shown that the violet color of the grain of the varieties Ivolga violet, Pamyati Konovalov and Laval 19 is determined by a set of features similar to Ethiopian wheat: the presence of anthocyanins in the chlorophyll-bearing layer of the pericarp, brightly colored exocarp, pigmentation of the seed coat. Under the conditions of the CRNZ, varieties of spring wheat with purple grain form a low grain yield relative to the standard, low nature and vitreousness. The mass of 1000 grains does not depend on their color. Of the elements of the crop structure, the varieties differ only in the mass of grain per ear. Variety Laval 19 is characterized by early ripeness at the level of the standard, varieties Ivolga violet and Pamyati Konovalov — medium maturity. All varieties are characterized by low stalks, high resistance to lodging and leaf rust. Variety Ivolga violet is highly resistant to powdery mildew, Memory of Konovalov — to fusariosis of the ear and septoria.

Keywords: spring wheat, varieties, purple grain, yield, weight of 1000 grains, nature, vitreous, anthocyanins

Введение. Основными стратегически важными сельскохозяйственными культурами, обеспечивающими продовольственную безопасность во многих странах, являются пшеница, кукуруза и рис. Пшеница самая распространенная культура, занимающая по объему посевных площадей второе место, уступая кукурузе. Однако по пищевой ценности из трех основных злаков пшеница является бесспорным лидером. Продукты, получаемые из зерна пшеницы,

весьма разнообразны и широко применяются на всех континентах. Хлеб — это основной продукт питания в России. Он относится к категории товаров, которые не имеют полноценных заменителей и обеспечивают первоочередные пищевые потребности человека [1].

В настоящее время производство пищевых продуктов ориентировано на обеспечение населения продуктами здорового питания, которые не только в полной мере удовлетворяют

пищевые потребности человека, но и способствуют профилактике различных заболеваний. Хлеб, являясь продуктом повседневного массового потребления, идеально подходит для данной роли [2–4]. Поэтому поиск и использование в хлебопечении физиологически функциональных веществ природного происхождения, положительно влияющих на сохранение у населения здоровья, остается весьма актуальным.

К таким веществам относятся антоцианы, являющиеся источниками антиоксидантных соединений [5]. Они обладают антимуtagenным действием и способны противостоять развитию раковых заболеваний [6], также способствуют предотвращению развития сердечно-сосудистых заболеваний и используются для профилактики сахарного диабета и атеросклероза [7].

В настоящее время основным источником антоцианов являются фрукты и овощи, но многие ученые склоняются к мысли о возможности использования в качестве дополнительного источника антоцианов злаковые культуры. Так, например, фиолетовозерный рис активно используется в кардиологических центрах для питания пациентов с ишемической болезнью сердца.

Использование фиолетовозерных пшениц в качестве сырья для приготовления продуктов функционального питания представляет особый интерес [8]. Но стоит учитывать тот факт, что при помолке, антоцианы, содержащиеся в перикарпе зерна, попадают во фракцию отрубей. Поэтому, из фиолетовых пшениц, рекомендуется готовить хлеб из цельнозернового зерна. Также существуют работы по экстракции антоцианов из отрубей и последующее его применение в хлебопекарной промышленности [9]. Австрийские ученые Syed Jaafar S., Baron J., Siebenhandl-ehh S., Rosenau T. и др. работают над увеличением содержания антоцианов в зерновке пшеницы путем пирамидализации различных генов, ответственных за накопление антоцианов в разных слоях зерна [10].

В странах Азии, Европы и Северной Америки пшеница с фиолетовым зерном активно используется в производстве продуктов функционального питания [11]. В России данное направление развито очень слабо, поскольку в настоящий момент в Государственном реестре селекционных достижений отсутствуют фиолетовозерные сорта мягкой пшеницы [12]. Поэтому получение сортов с окрашенным зерном является актуальной задачей российской селекции.

Цель работы — провести сравнительную оценку сортов яровой пшеницы с фиолетовым зерном в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России по урожайности, элементам ее структуры, физическим качествам зерна, локализации его пигментов, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам для использования в селекционном процессе.

Материалы, методы и условия проведения исследований. Материалом послужили три сорта яровой мягкой пшеницы с фиолетовым зерном Иволга фиолетовая, Памяти Коновалова и Laval 19. В качестве стандарта использовали сорт Злата (табл. 1). Для сравнительной характеристики окраски зерна был использован образец *Triticum aethiopicum* с фиолетовой окраской зерна.

Приведем краткую характеристику упомянутых сортов. Сорт Иволга фиолетовая является изогенной фиолетовозерной линией сорта Иволга, созданного в РГАУ-МСХА и включенного в Госреестр по (2) Северо-Западному региону в 1992 г. По фенотипу походит на сорт Иволга. Имеет толстый прочный стебель, колос безостый, белый, зерно фиолетовое. Разновидность не определяется вследствие отсутствия такого сочетания признаков в определителях.

Сорт Памяти Коновалова является перспективным сортом, проходящим в настоящее время государственное сортоиспытание. Разновидность *uralicum*. Характеризуется белым

неопушенным остистым колосом и фиолетовым зерном. Сорт Laval 19 был создан в провинции Квебек Канады, включен в каталог ВИР в 1989 г. Низкорослый, с прочной соломиной, не полегает, устойчив к засухе. Колос остистый, белый, зерно фиолетовое. Разновидность *uralicum*. Сорт Злата (стандарт) получен из гибридной комбинации (Иволга × Прохоровка). Включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Центральному (3) и Средневолжскому (7) регионам. Разновидность *lutescens* (колос безостый, белый, неопушенный, зерно красное).

Работа была проведена на кафедре генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и в Отделе отдаленной гибридизации ГИС РАН. Площадь делянки 1 м², 3-кратная повторность, размещение систематическое, агротехника общепринятая для зоны. Посев кассетной сеялкой, уборка и обмолот вручную. В течение вегетации проводили полевые оценки согласно методике государственного сортоиспытания [13] — наступление фенологических фаз, устойчивость к основным листовым болезням пшеницы (листовой ржавчине, мучнистой росе, септориозу и фузариозу колоса). Лабораторный анализ физических свойств зерна проводили общепринятыми в селекции методами: массу 1000 зерен определяли ускоренным методом, общую стекловидность — на диафаноскопе, натуру — при помощи микропушки [14]. Для выявления локализации пигментов окраски зерна проводили анатомические срезы зерновки, фотографировали природную окраску препаратов при помощи фотонасадки на микроскоп Industrial Digital Camera «Tourcam».

Статистическую обработку результатов проводили однофакторным дисперсионным анализом посредством программ «Agros» и «DIANA» [9].

Годы исследований резко различались по метеорологическим условиям. Так, метеороло-

гические условия 2020 г. (рис. 1) способствовали максимально возможному развитию вегетативной массы растений, линейных размеров зерна, грибных заболеваний. Период от посева до начала выхода в трубку характеризовался пониженной температурой и достаточным количеством осадков, что способствовало хорошему кущению растений. Дальнейшая вегетация проходила при большом избытке воды на фоне достаточной теплообеспеченности. Это привело к формированию максимально возможного для яровой пшеницы урожая зерна.

В 2021 г. температура воздуха в течение почти всей вегетации превышала среднееголетние значения, что ускорило развитие растений в начале вегетации и не способствовало высокой урожайности. До цветения (III декада июня) растения находились в условиях достаточной влагообеспеченности. Формирование и наливание зерна проходили в условиях сильной засухи и высокой температуры. При этом наблюдалось сильное развитие грибных болезней.

Результаты и обсуждение. Известно, что фиолетовый цвет зерна может определяться как наличием антоциана в хлорофиллоносном слое перикарпия [15], так и сочетанием окраски перикарпия и алейронового слоя [10]. Во втором случае зерно пшеницы богаче антоцианами, что сказывается на полноценности его с точки зрения потребления.

Опытные сорта яровой пшеницы характеризуются фиолетовым зерном, в котором локализация пигментов неизвестна. Поперечный срез через зерновку белого, красного и фиолетового зерна приведен на рисунке 2. Видно, что у белого зерна глаз не видит окраски плодовой оболочки и семенной кожуры. У красного зерна перикарпий не окрашен, семенная оболочка имеет красную полосу пигмента. Фиолетовое зерно характеризуется наличием пигментированных перикарпия и семенной кожуры.

Таблица 1. Исследованные сорта яровой пшеницы
Table 1. Studied varieties of spring wheat

№ п/п	Название сорта	Разновидность	Происхождение
1	Иволга фиолетовая	<i>vigorovii</i>	РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
2	Памяти Коновалова	<i>uralicum</i>	ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур», г. Орел
3	Laval 19	<i>uralicum</i>	Канада, Квебек
4	Злата (стандарт)	<i>lutescens</i>	ФИЦ «Немчиновка», Верхневолжский ФАНЦ

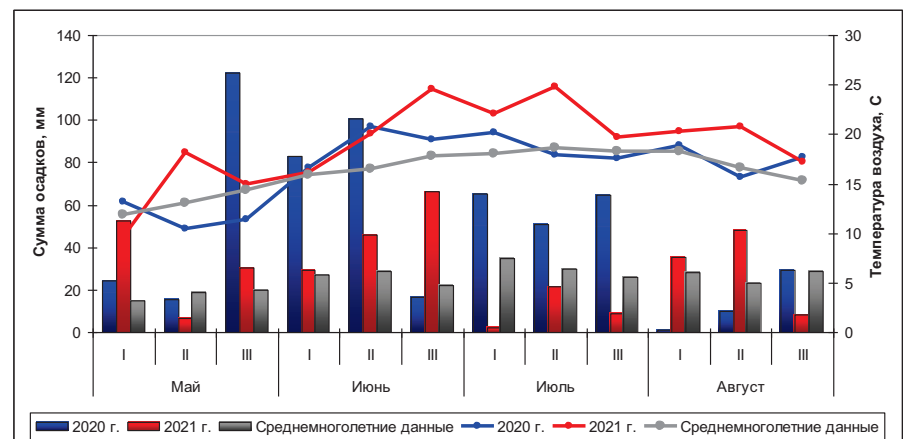
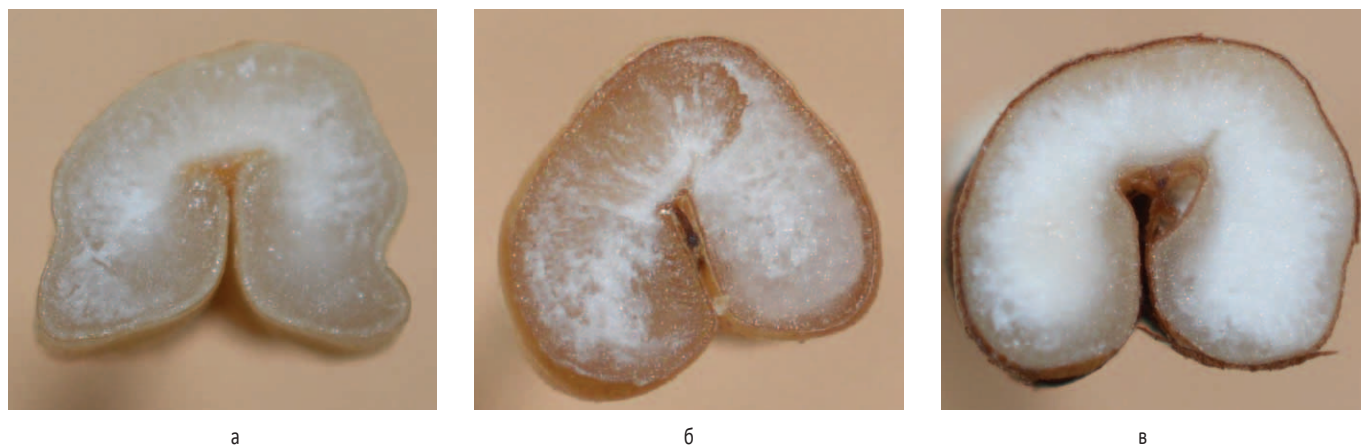


Рисунок 1. Метеорологические условия лет исследований (2020-2021 гг.)
Figure 1. Meteorological conditions of the years of research (2020-2021)



а

б

в

Рисунок 2. Поперечный срез зерновок с различной окраской: а) белое, б) красное, в) фиолетовое
Figure 2. Cross section of grains with different colors: a) white, b) red, c) purple

В зрелом зерне пшеницы плодовая оболочка представлена слоями паренхиматических и хлорофиллоносных клеток [15].

На анатомическом срезе через зерновку пшеницы эфиопской видно, что все слои перикарпия (паренхиматические клетки экзокарпия и хлорофиллоносный слой эндокарпия) окрашены (рис. 3, п, х). При этом паренхиматические клетки отличаются яркой оранжевой окраской, а хлорофиллоносные — фиолетовой. Под фиолетовым слоем располагается светлый слой семенной оболочки с яркой красной полосой пигмента (рис. 3, СК). Алевроновый слой (АС) не окрашен. Таким образом, фиолетовая окраска зерна использованного образца пшеницы эфиопской определяется пигментами всех составляющих компонентов перикарпия и семенной кожуры. Причем ярко выраженный фиолетовый цвет выявлен только в нижнем слое перикарпия. Это соответствует результатам исследований по анатомии пшеницы начала XX века [16 — 19].

У белого зерна паренхиматические клетки плодовой оболочки прозрачные, слегка желтоватые, хлорофиллоносный слой не окрашен. Семенная кожура светлая, алевроны не окрашены (рис. 4 а).

У красного зерна перикарпий и алевроновый слой также практически бесцветны, тогда

как семенная кожура содержит яркую полосу красного пигмента (рис. 4, б).

У сортов с фиолетовым зерном окраска паренхиматического слоя перикарпия более яркая, почти красная, а хлорофиллоносного слоя — антоциановая (рис. 4, в, г, е). Эндокарпий представлен трубчатými (или мешковидными) клетками, содержащими антоциан (рис. 4, д). Кроме того, в семенной кожуре фиолетовозерных сортов просматриваются красные слои. Во всех случаях алевроновый слой не окрашен.

Таким образом, исследования показали, что у опытных сортов пшеницы мягкой фиолетовый цвет зерна определяется окраской перикарпия, причем антоциан выявлен только в хлорофиллоносном слое перикарпия. Аналогичная окраска оболочек зерна характерна для фиолетовозерных разновидностей пшеницы эфиопской (*Triticum aethiopicum*) [11].

Условия вегетации оказали существенное влияние на формирование урожайности зерна всех сортов пшеницы (табл. 2). В 2020 году все сорта показали высокие значения для яровой пшеницы — 417-593 г/м². При этом все сорта с фиолетовым зерном оказались достоверно менее урожайны, чем стандарт Злата. В 2021 году урожайность всех сортов оказалась на четверть меньше. При этом фиолетовозерные сорта снова уступали стандарту, хотя и статистически недостоверно. В среднем по годам только сорт Памяти Коновалова уступил достоверно стандарту, остальные сорта были с ним на уровне. В целом, можно отметить, что сорта с фиолетовым зерном в условиях ЦРНЗ характеризуются низкими значениями основного хозяйственно полезного показателя — урожайности.

Из элементов структуры урожая только у массы зерна с колоса были выявлены достоверные различия между сортами (табл. 2).

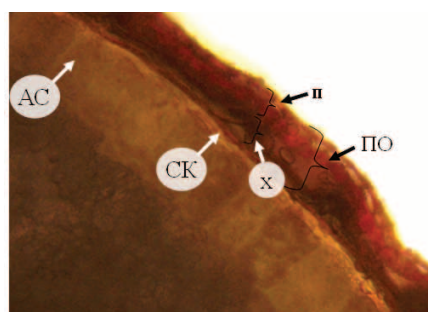


Рисунок 3. Поперечный срез зерновки пшеницы эфиопской с фиолетовой окраской зерна. Обозначения: ПО — плодовая оболочка, ее составные части: п — паренхиматические клетки; х — хлорофиллоносный слой; СК — семенная кожура; АС — алевроновый слой
Figure 3. Transverse section of a grain of Ethiopian wheat with a purple grain color. Designations: PO — fruit membrane, its components: p — parenchymatous cells; x — chlorophyll-bearing layer; SC — seed coat; AC — aleurone layer

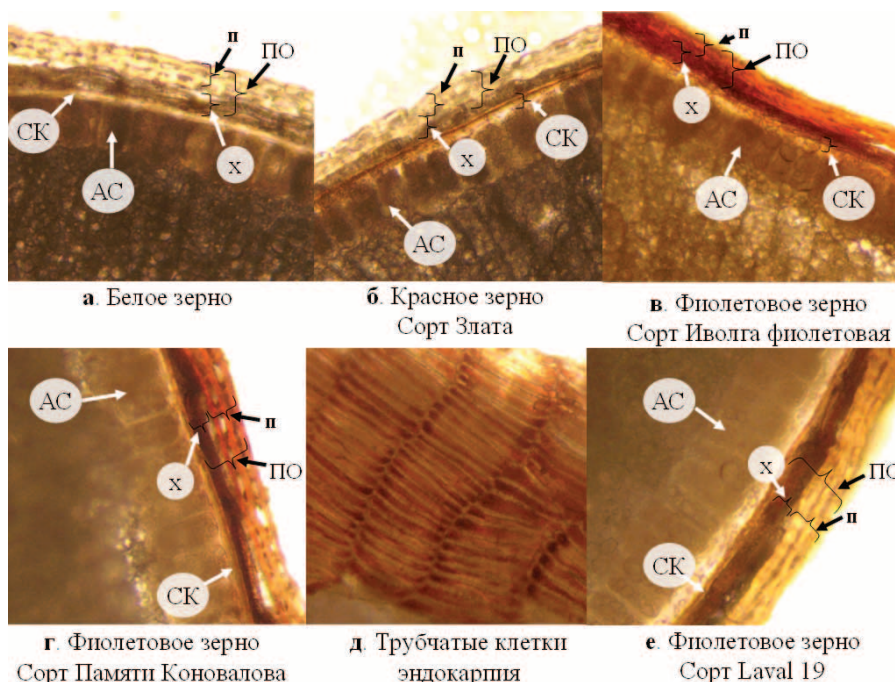


Рисунок 4. Поперечный срез зерновки пшеницы с разной окраской зерна. Обозначения: ПО — плодовая оболочка, ее составные части: п — паренхиматические клетки; х — хлорофиллоносный слой; СК — семенная кожура; АС — алевроновый слой
Figure 4. Cross section of a grain of wheat with different grain colors. Designations: PO — fruit membrane, its components: p — parenchymatous cells; x — chlorophyll-bearing layer; SC — seed coat; AC — aleurone layer



Сорт Иволга фиолетовая имел достоверно более высокое значение признака относительно двух других фиолетовозерных сортов и не отличался от стандарта.

Для средней полосы России большое значение имеет продолжительность вегетационного периода, особенно для яровых зерновых культур, у которых уборка часто совпадает с периодом дождей. Поэтому особенно ценятся среднеранние и раннеспелые сорта. Сорт стандарт характеризовался самым коротким вегетационным периодом во все годы исследований (табл. 2). Ему почти не уступал канадский сорт Laval 19. Остальные сорта созревали почти на неделю позднее.

Очень важным показателем является устойчивость к полеганию, поскольку определяет возможность механизированной уборки, технологические и посевные качества зерна. Высота растений является одним из факторов, определяющих устойчивость растений пшеницы к полеганию. Все изученные сорта характеризовались небольшой высотой и высокой устойчивостью к полеганию (табл. 3). Самыми низкорослыми оказались сорта Памяти Коновалова и Laval 19. Они же показали максимальные баллы устойчивости к полеганию. Сорта Иволга фиолетовая и Злата были на 15-20 см выше, что почти не сказалось на их устойчивости к полеганию.

Листовые болезни снижают площадь фотосинтезирующей поверхности и истощают растения, что негативно сказывается на их продуктивности. Поэтому для зоны избыточного увлажнения, каковой является ЦРНЗ, важное значение приобретает устойчивость сортов пшеницы к основным листовым болезням.

Изученные сорта характеризовались высокой устойчивостью к бурой ржавчине (*Puccinia triticina*) — на уровне 7 баллов (табл. 3). Высокая устойчивость к мучнистой росе (*Blumeria graminis*) выявлена у сорта Иволга фиолетовая — на уровне 8. Сорта Памяти Коновалова и Злата оказались менее устойчивыми — на уровне 6 баллов. Сильнее всего поражен был канадский сорт Laval 19. В 2020 году вследствие избытка осадков в посевах яровой пшеницы наблюдалось распространение фузариоза колоса (*Fusarium* sp.). Сильное поражение отмечено у сортов Иволга фиолетовая и Laval 19. Иммуниет — у Памяти Коновалова и Злата. В 2021 г. наблюдалось сильное поражение растений пшеницы болезнью, вызываемой другим факультативным паразитом — септориозом (*Septoria nodorum*). Относительную устойчивость показал сорт Памяти Коновалова (табл. 3). Остальные сорта оказались средне и слабо устойчивыми.

Физические свойства зерна характеризуют его потребительские и посевные качества. Масса 1000 зерен является сортоспецифическим признаком, слабо варьирующим по годам. Она характеризует способность сорта накапливать запасные вещества в эндосперме. Несмотря на сильное варьирование метеорологических условий в годы исследований, масса 1000 зерен у сортов пшеницы изменялась мало, сохраняя ранги между сортами. Так, наиболее крупным зерном характеризовались сорта Памяти Коновалова и Злата, наиболее мелким — Иволга фиолетовая (табл. 4). Натура и стекловидность зерна у сортов с фиолетовым зерном была достоверно ниже, чем у краснозерного стандарта.

Выводы. 1. Фиолетовая окраска зерна сортов Иволга фиолетовая, Памяти Коновалова и Laval 19 определяется комплексом признаков аналогично пшенице эфиопской: наличием антоцианов в хлорофиллоносном слое перикарпия, ярко окрашенным экзокарпием, пигментацией семенной кожуры.

2. В условиях ЦРНЗ сорта яровой пшеницы с фиолетовым зерном формируют низкую относительно стандарта урожайность зерна, низкую натуру и стекловидность. Масса 1000 зерен не зависит от их окраски. Из элементов структуры урожая сорта различаются только по массе зерна с колоса.

Таблица 2. Характеристика фиолетовозерных сортов пшеницы по урожайности, элементам ее структуры и продолжительности вегетационного периода
Table 2. Characteristics of violet-grain varieties of wheat in terms of yield, elements of its structure and duration of the growing season

Сорт	Урожайность зерна с делянки, г/м ²			Продуктивная кустистость	Масса зерна с растения, г	Масса зерна с колоса, г	Продолжительность вегетационного периода, дней		
	2020 г.	2021 г.	\bar{x}				2020 г.	2021 г.	\bar{x}
Иволга фиолетовая	417,1 a*	358,2	387,7 ab	1,13	0,83	0,74 b	93	77	85
Памяти Коновалова	450,8 a	284,1	367,5 a	1,45	0,78	0,54 a	96	77	85
Laval 19	463,0 a	352,1	407,6 ab	1,28	0,57	0,44 a	91	70	80
Злата (стандарт)	593,0 b	408,4	500,7 b	1,15	0,71	0,62 ab	91	68	80
НСР ₀₅	115,6	126,7	128,2	0,26	0,34	0,17	—	—	—

* — буквами обозначены достоверные различия между вариантами по критерию Дункана. Одинаковые буквы обозначают отсутствие различий, разные — их наличие. Отсутствие букв означает отсутствие достоверных различий между вариантами.

Таблица 3. Устойчивость фиолетовозерных сортов пшеницы к абиотическим и биотическим факторам
Table 3. Resistance of violet-grain wheat varieties to abiotic and biotic factors

Сорт	Высота растений, см			Устойчивость, балл										
				к полеганию			к бурой ржавчине			к мучнистой росе			к фузариозу колоса	
	2020 г.	2021 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.
Иволга фиолетовая	105	75	90	4,5	4,0	4,3	7	7	7	9	7	8	3	5
Памяти Коновалова	85	65	75	5,0	4,0	4,5	5	7	6	7	5	6	9	7
Laval 19	85	65	75	5,0	5,0	5,0	7	7	7	3	5	4	4	4
Злата (стандарт)	115	85	100	5,0	4,0	4,5	7	7	7	9	3	6	9	5

Таблица 4. Характеристика фиолетовозерных сортов пшеницы по физическим свойствам зерна (2020-2021 гг.)
Table 4. Characteristics of purple-grain varieties of wheat according to the physical properties of grain (2020-2021)

Сорт	Масса 1000 зерен, г			Натура зерна, г/л			Стекловидность зерна, %		
	2020 г.	2021 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	\bar{x}	2020 г.	2021 г.	\bar{x}
Иволга фиолетовая	36,2 a*	33,6 a	34,9	735 a	729 a	732 a	26 a	36 a	31
Памяти Коновалова	42,3 ab	39,8 c	41,1	747 a	762 b	755 a	21 a	27 a	24
Laval 19	38,4 a	36,5 ab	37,5	724 a	751 b	738 a	9 a	39 ab	24
Злата (стандарт)	43,6 b	36,7 b	40,2	795 b	795 c	795 b	71 b	51 b	61
НСР ₀₅	4,1	2,6	5,2	25,3	30	34	22	8	32

* — буквами обозначены достоверные различия между вариантами по критерию Дункана. Одинаковые буквы обозначают отсутствие различий, разные — их наличие. Отсутствие букв означает отсутствие достоверных различий между вариантами.



3. Сорт Laval 19 характеризуется раннеспелостью на уровне стандарта, сорта Иволга фиолетовая и Памяти Коновалова — среднеспелостью.

4. Все сорта характеризуются низкостебельностью, высокой устойчивостью к полеганию и бурой ржавчине. Сорт Иволга фиолетовая высокоустойчив к мучнистой росе, Памяти Коновалова — к фузариозу колоса и септориозу.

Список источников

1. Калинин Н.И. Статистические исследования потребления хлеба и хлебобулочных изделий в Российской Федерации // *Известия Тульского государственного университета*. 2014. № 3. С. 96-105.

2. Доценко В.А., Кононенко И.А. Новый вид хлеба в питании здорового и больного человека // *Гигиена и санитария*. 2013. № 2. С. 55-58.

3. Калинина И.В., Науменко Н.В., Фекличева И.В. Формирование потребительских достоинств хлебобулочных изделий путем внесения дополнительных сырьевых компонентов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2015. № 3(2). С. 10-17.

4. Anderson J.W., Randles K.M. Carbohydrate and fiber recommendations for individuals with diabetes: a quantitative assessment and meta-analysis of the evidence // *J. Am. Coll. Nutr.* 2004. № 23. P. 5-17.

5. Abdel-Aal E.-S.M., Abou-Arab A.A. Fractionation of blue wheat anthocyanin compounds and their contribution to antioxidant properties // *J. Agric. Food Chem.* 2008. V. 56. P. 11171-11177.

6. Cvorovic J., Tramer F. Oxidative stress-based cytotoxicity of delphinidin and cyanidin in colon cancer cells // *Arch. Biochem. Biophys.* 2010. V. 501. P. 151-157.

7. Milbury P.E., Graf B. Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) anthocyanins modulate heme oxygenase-1 and glutathione-S-transferase-pi expression in ARPE-19 cells // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007. V. 48. P. 2343-2349.

8. Шуплецова О.Н., Щенникова И.Н. Генетические источники селекции ячменя (*Hordeum vulgare*) в Волго-Вятском регионе // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019. № 180(1). С. 82-88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-82-88.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

10. Syed Jaafar S., Baron J. Increased anthocyanin content in purple pericarp x blue aleurone wheat crosses // *Plant Breeding*. 2013. V. 132. P. 546-552.

11. Василова Н.З., Асхадуллин Д.Ф. Фиолетовозерный сорт яровой мягкой пшеницы Надира // *Зерновые и крупяные культуры*. 2021. № 4(40). С. 66-75. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-66-75.

12. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформгротех», 2021. 719 с.

13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Под общ. редакцией М.А. Федина. М., 1988. 122 с.

14. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур: Учебное пособие. Под ред. профессора В.В. Пильнева. СПб.: Лань, 2014. 448 с.

15. Носатовский А.И. Пшеница. Биология. М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1950. 407 с.

16. Александров В.Г. К морфологии зерновых злаков. ДАН. Том XVII. 1937. Вып. 7. С. 6-10.

17. Алявдина А.А. Наружные покровы зерновки пшеницы, как проводящая система. ДАН СССР. 1939. Том XXV. С. 4-8.

18. Николаевская Т.С., Петрова Л.Р. Структура перикарпия зерновки и цветковых чешуй злаков. Л.: Наука, 1989. 87 с.

19. Полонский В.И., Лоскутов И.Г. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // *Вавилонский журнал генетики и селекции*. 2018. № 22(3). С. 343-352. DOI: 10.18699/VJ18.370.

References

1. Kalinin N.I. (2014). *Statisticheskiye issledovaniya potrebleniya khleba i khlebobulochnyykh izdeliy v Rossiyskoy Federatsii* [Statistical studies of bread and bakery products consumption in the Russian Federation]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 3, pp. 96-105.

2. Dotsenko V.A., Kononenko I.A. (2013). *Novyy vid khleba v pitanii zdorovogo i bol'nogo cheloveka* [A new type of bread in the nutrition of a healthy and sick person]. *Gigiyena i sanitariya*, no. 2, pp. 55-58.

3. Kalinina I.V., Naumenko N.V., Feklicheva I.V. (2015). *Formirovaniye potrebitel'skikh dostoinstv khlebobulochnyykh izdeliy putem vnesheniya dopolnitel'nykh syr'yevykh komponentov* [Formation of consumer advantages of bakery products by introducing additional raw materials]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevyye i biotekhnologii*, no. 3(2), pp. 10-17.

4. Anderson J.W., Randles K.M. (2004). Carbohydrate and fiber recommendations for individuals with diabetes: a quantitative assessment and meta-analysis of the evidence. *J. Am. Coll. Nutr.*, no. 23, pp. 5-17.

5. Abdel-Aal E.-S.M., Abou-Arab A.A. (2008). Fractionation of blue wheat anthocyanin compounds and their contribution to antioxidant properties. *J. Agric. Food Chem.*, no. 56, pp. 11171-11177.

6. Cvorovic J., Tramer F. (2010). Oxidative stress-based cytotoxicity of delphinidin and cyanidin in colon cancer cells. *Arch. Biochem. Biophys.*, vol. 501, pp. 151-157.

7. Milbury P.E., Graf B. (2007). Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) anthocyanins modulate heme oxygenase-1 and glutathione-S-transferase-pi expression in ARPE-19 cells. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, vol. 48, pp. 2343-2349.

8. Shupletsova O.N., Shchennikova I.N. (2019). *Geneticheskiye istochniki seleksii yachmenya (Hordeum vulgare) v Volgo-Vyatskom regione* [Genetic sources of barley breeding (*Hordeum vulgare*) in the Volga-Vyatka region]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, no. 180(1), pp. 82-88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-82-88.

9. Dospikhov B.A. (2012). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Book on demand. 352 p.

10. Syed Jaafar S., Baron J. (2013). Increased anthocyanin content in purple pericarp x blue aleurone wheat crosses. *Plant Breeding*, vol. 132, pp. 546-552.

11. Vasilova N.Z., Askhadullin D.F. (2021). *Fioletovozernyy sort yarovoy myagkoy pshenitsy Nadira* [Violet grain variety of spring soft wheat Nadira]. *Zernovyye i krupyanyye kul'tury*, no. 4(40), pp. 66-75. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-66-75.

12. *Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T.1. «Sorta rasteniy» (ofitsial'noye izdaniye)* (2021) [State register of selection achievements approved for use. T.1. «Varieties of Plants» (official publication)] Moscow: *Rosinformagrotech*. 719 p.

13. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Tekhnologicheskaya otsenka zernovykh, krupyanykh i zernobobovykh kul'tur* (1988) [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Technological assessment of grain, cereal and leguminous crops]. 122 p.

14. *Praktikum po seleksii i semenovodstvu polevykh kul'tur: Uchebnoye posobiye / Pod red. professora V.V. Pyl'neva* (2014) [Workshop on selection and seed production of field crops: Textbook, ed. V.V. Pylnev]. St. Petersburg: *Lan*, 448 p.

15. Nosatovskiy A.I. (1950). *Pshenitsa. Biologiya* [Wheat. Biology]. Moscow: State publishing house of agricultural literature, 407 p.

16. Aleksandrov V.G. (1937). *K morfologii zernovykh zlakov* [To the morphology of grain cereals]. DAN, Volume XVII, issue. 7, pp. 6-10.

17. Alyavdina A.A. (1939). *Naruzhnyye pokrovy zernovki pshenitsy, kak provodyashchaya sistema* [The outer integument of the pericarp of the grain as a conducting system]. DAN USSR, Volume XXV, pp. 4-8.

18. Nikolaevskaya T.S., Petrova L.R. (1989). *Struktura perikarpia zernovki i tsvetkovykh cheshuy zlakov* [The structure of the pericarp of the caryopsis and lemmas of cereals]. *Leninograd: Nauka*, 87 p.

19. Polonskiy V.I., Loskutov I.G. (2018). *Selektsiya na sodержaniye antioksidantov v zerne kak perspektivnoye napravleniye dlya polucheniya produktov zdorovogo pitaniya* [Breeding for the content of antioxidants in grain as a promising direction for obtaining healthy food]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, no. 22(3), pp. 343-352. DOI: 10.18699/VJ18.370.

Информация об авторах:

Рубец Валентина Сергеевна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1870-7242>, Valentina.rubets50@gmail.com

Ворончихина Ирина Николаевна, научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9569-2852>, yarinkapanfilova@gmail.com

Игонин Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры генетики, селекции и семеноводства, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8218-4285>, selection@rgau-msha.ru

Сидоренко Владимир Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по селекционной работе, Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур, office@vniizbk.orel.ru

Ворончихин Виктор Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5763-0877>, vitya.voronchihin@gmail.com

Information about the authors:

Valentina S. Rubets, doctor of biological sciences, associate professor department of genetics, plant breeding and seed production, Russian Timiryazev State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1870-7242>, Valentina.rubets50@gmail.com

Irina N. Voronchikhina, researcher in Distant hybridization department, Tsitsin Main Botanical Garden, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9569-2852>, yarinkapanfilova@gmail.com.

Vladimir I. Igonin, candidate of agricultural sciences, associate professor department of genetics, plant breeding and seed production, Russian Timiryazev State Agrarian University, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8218-4285>, selection@rgau-msha.ru

Vladimir S. Sidorenko, candidate of agricultural sciences, deputy director for breeding, Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops, office@vniizbk.orel.ru

Viktor V. Voronchikhin, candidate of agricultural sciences, researcher the distant hybridization department, Tsitsin Main Botanical Garden, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5763-0877>, vitya.voronchihin@gmail.com

