

ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ПРОСА ПОСЕВНОГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ К МЕЛАНОЗУ ЗЕРНА

Н.П. ТИХОНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,

<https://orcid.org/0000-0003-4874-436X>

Т.В. ТИХОНОВА, <https://orcid.org/0000-0003-0435-5530>

В.А. МОЗЛОВ, E-mail: Mozlovva@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4638-0523>

И.С. АРМЯНИНОВА, <https://orcid.org/0009-0002-6325-9063>

ФГБНУ «ФАНЦ ЮГО-ВОСТОКА», Саратов

Аннотация. В статье изложены методические аспекты и результаты целенаправленной селекции проса посевного на повышение меланозоустойчивости в сочетании с крупнозёрностью и другими хозяйственно ценными признаками путём гибридизации лучших (по «базовым» признакам) генотипов и непрерывного отбора минимально восприимчивых сортообразцов, обладающих более эффективными иммунологическими реакциями против возбудителей болезни, без применения «пассивных» механизмов «ухода» от неё. Представлены фрагментарные результаты оценки и дифференциации сортообразцов (линий) проса посевного по степени восприимчивости к меланозу (подплёночному поражению зерна проса факультативно-патогенной бактериально-грибковой инфекцией) в селекционных питомниках первого года (СП-1-2022 г.), второго года (СП-2-2024 г.) и в конкурсном испытании в 2023-2025 гг. На примере созданных сортов проса и новых линий показано, что существующая и сильно варьирующая отрицательная корреляционная связь признаков «крупность зерна – восприимчивость к меланозу» сведена к минимальной при сохранении и развитии комплекса других хозяйственно ценных признаков. Сорта с крупным и устойчивым к меланозу зерном – результат эффективной селекции на создание варианта «активного» (иммунологического) механизма подавления возбудителей болезни

Ключевые слова: просо посевное, сорта, меланоз, наследование, этиология, экологические условия, пассивные факторы защиты.

Для цитирования: Н.П. Тихонов, Т.В. Тихонова, В.А. Мозлов, И.С. Армянинова. Проблемные аспекты и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2026. № 1 (57):88-99 DOI: 10.24412/2309-348X-2026-1-88-99

PROBLEM ASPECTS AND RESULTS OF BREEDING OF MILLET FOR RESISTANCE TO GRAIN MELANOSIS

N.P. Tikhonov, T.V. Tikhonova, V.A. Mozlov, I.S. Armyaninova

FSBSI FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER OF SOUTH-EAST, Saratov

Abstract: The article outlines the methodological aspects and results of targeted breeding of common millet (*Panicum miliaceum* L.) for enhanced resistance to melanosis, combined with large grain size and other economically valuable traits. This was achieved through hybridization of the best genotypes (for "base" traits) and continuous selection of minimally susceptible breeding lines possessing more effective immunological responses against the pathogens of the disease, without employing passive mechanisms of "escape" from the disease. Fragmentary results are presented from the evaluation and differentiation of millet breeding lines based on their degree of susceptibility to melanosis (a sub-film grain infection caused by facultative pathogenic bacterial-

fungal complexes) in first-year (2022) and second-year (2024) breeding nurseries, as well as in competitive trials from 2023 to 2025. Using the developed millet varieties and new lines as examples, it is shown that the existing and highly variable negative correlation between the traits "grain size – susceptibility to melanosis" has been minimized while maintaining and developing a complex of other economically valuable characteristics. Varieties with large grain that is resistant to melanosis are the result of effective breeding aimed at creating an "active" (immunological) mechanism for suppressing the causative agents of the disease.

Keywords: common millet (*Panicum miliaceum* L.), varieties, melanosis, inheritance, etiology, environmental conditions, passive defense factors.

Введение

В основных зонах возделывания проса посевного в России (Нижнее и Среднее Поволжье, Центральное Черноземье, Южный Урал, южная часть Западной Сибири и др.) помимо головни наиболее вредоносной болезнью проса является меланоз – подплёночное поражение зерна бактериально-грибковой факультативно-патогенной инфекцией. Установлены многочисленные факторы, усиливающие или, наоборот, ослабляющие вредоносность болезни со сложной и изменчивой этиологией (см. обзор: [1]). Особенность проявления болезни и, соответственно, селекции на устойчивость к ней заключается в том, что признак имеет полигенную («количественную») природу и **все** возделываемые сорта проса посевного в разной степени восприимчивы к меланозу. Применение пестицидов не снижает (и даже может усилить) его вредоносность [2]. По этой причине выведение сортов проса с «максимальной устойчивостью» (одинаково правильный вариант – с «минимальной восприимчивостью») к меланозу – наиболее эффективный метод защиты урожая зерна от патогенной инфекции. Однако существует проблема в выборе механизмов защиты. В современных научных публикациях имеются рекомендации по снижению вредоносности меланоза путём создания сортов проса с т. н. «пассивными» признаками защиты, включая продолжительность вегетационного периода, позволяющего «уходить» от массового распространения инфекции; овальную и овально-удлинённую форму зерна (в т.ч. с плотно сомкнутыми и толстыми цветковыми плёнками); с более «повислыми» (пониклыми) и рыхлыми (быстрее просыхающими) метёлками и более высокорослыми растениями и др. [3,4] Однако перечисленные (и другие) признаки зачастую не увязываются с «прописными» селекционными проблемами. Ещё в начале 20 века Б.М. Арнольдом (основателем научной селекции проса посевного в Саратове) было установлено, что в засушливых континентальных условиях возделывания проса посевного максимальной засухоустойчивостью и жаростойкостью обладают краснозёрные формы с сжатой (преимущественно - плотной) и комовой метёлками. И совсем не случайно Саратовское 853 в бывшем СССР занимало в «своё» время до 50-70 % (и более) посевных площадей под культурой.

В начале 21 века краснозёрные сорта проса среди рекомендованных к возделыванию и по количеству (около 60%), и по посевным площадям (прежде всего в засушливых регионах (как свидетельство их более высокой адаптированности) превосходят желтозерные, за исключением Саратовского жёлтого и Золотистого [5].

В настоящее время в селекции проса на повышение («усиление») устойчивости к меланозу по-прежнему имеется ряд достаточно сложных и нерешённых проблем, в т. ч.

1. Отсутствуют результаты системного мониторинга видового разнообразия возбудителей болезни в зонах возделывания культуры, существенно различающихся по почвенно-климатическим условиям. **2.** Практически отсутствует информация по органотропной приуроченности (за исключением зерна) фитопатогенов – возбудителей болезни. **3.** Не вызывает сомнений наличие генетическо-иммунологических различий между сортами по степени восприимчивости к болезни, однако этот факт не облегчает проблему подбора доноров повышенной устойчивости (с целью создания нового гибридного материала), поскольку на уровне конкретных сортов отсутствуют чёткие границы между «генетическими» («собственно иммунологическими» реакциями разной активности) и «пассивными» факторами защиты (типа овальной формы и/или мелкой зерновки, плотной

сомкнутости колосковых и цветковых плёнок, степени плотности и пониклости метёлки и др.). **4.** «Смешанная» инфекция (патогенные бактерии и грибы) под влиянием варьирующих гидротермических факторов конкретного вегетационного сезона зачастую разрушает («смазывает») ранее наметившиеся «иерархические» аспекты в оценках сортового и гибридного материала (о чём, в частности, свидетельствует сильно изменчивое проявление меланоза т. н. «зародышевого» типа). **5.** Отсутствуют общепринятые (селекционерами) сорта-стандарты с дифференцированными уровнями поражения меланозом в разных регионах (типа: 1 – наиболее устойчивые; 2 – средневосприимчивые; 3 – наиболее восприимчивые) и соответствующими ориентировочными цифрами слабой, средней и сильной степени поражения ядер (зёрен без цветковых плёнок) в разных условиях среды. **6.** Во время государственного испытания сортов проса не проводится оценка на меланозоустойчивость ни сортов-стандартов, ни новых селекционных достижений, что не стимулирует селекцию на повышение устойчивости к болезни

В этой связи авторы данной статьи посчитали важным изложить основные методические аспекты селекции проса на устойчивость к меланозу, реализуемые нами в северной части Нижнего Поволжья России, поскольку в сравнительно востребованных сортах селекции ФАНЦ Юго-Востока высокая меланозоустойчивость достаточно гармонично сочетается с крупнозёрностью, продуктивностью, адаптивностью, высоким содержанием каротиноидных пигментов, резистентностью к различным расам возбудителя головни и другими признаками [6, 7, 8].

Цель исследования – анализ особенностей проявления меланоза у конкретных селекционных линий и сортов проса с неидентичными характеристиками и «точности» оценок индивидуальных генотипов при движении материала от гибридов до конкурсного испытания.

Материал и методы исследования

Для оценки имеющегося генофонда проса и создания сортообразцов с более высокой (в сравнении с лучшими современными сортами) устойчивостью к меланозу использовали собственные методические наработки, основанные на особенностях этиологии болезни, многолетних результатах изучения эколого-генетических проявлений признака в гибридных популяциях и константном материале (включая сорта селекции других НИУ, коллекционные сортообразцы из ВИРа) и ежегодных оценках коллекционного и селекционного материала в существенно варьирующих погодных условиях, в значительной степени влияющих на вредоносность и степень развития болезни [6]. Главный метод работы – применение гибридизации соответствующих родительских форм, индивидуального отбора из гибридного материала и изучения наиболее ценных генотипов, сочетающих комплекс хозяйственно ценных признаков – урожайность, адаптивность, крупнозёрность, качество зерна, устойчивость к головне и минимальную восприимчивость к меланозу [6, 7, 8].

Сложная и трудоёмкая работа, требующая длительного напряжения зрения, проводится нами путём последовательного выполнения ряда операций по оценке и браковке худших индивидуальных отборов из гибридных популяций и сортообразцов из различных селекционных питомников: отсчитывается соответствующее количество типичных (выполненных) зёрен (с определением их окраски и формы), проводится их взвешивание (для определения массы 1000 зёрен), удаление плёнок (в «мягком» режиме на лабораторном шелушителе), определение желтизны и стекловидности ядра, тщательное просматривание ядер (не менее чем при 2-3-кратном их увеличении) на предмет поражения меланозом (с подсчётом и фиксацией в соответствующих журналах количества ядер со слабым, средним и сильным проявлением болезни (с последующим переводом результатов в %)). В нашей практической ежегодной работе проводится оценка по 100...1000 ядер (в отдельных случаях – более 1000) – в зависимости от изучаемого материала (табл. 1).

Методические аспекты оценки коллекционного и селекционного материала проса посевного на устойчивость к меланозу

№ п/п	Селекционный материал	Количество типичных* зёрен, подлежащих оценке на степень поражения меланозом
1	Индивидуальные отборы из гибридных популяций	100
2	Селекционный питомник 1-го года (СП-1)	250 (500**)
3	Коллекционный материал	250 (500**)
4	Селекционный питомник 2-го года (СП-2)	500 (250 x 2) ***
5	Контрольный питомник (КП)	1000 (250 x 4) ***
6	Конкурсное сортоиспытание (КСИ)	1000 (250 x 4) ***

Примечания: * – отбор, отсчёт, взвешивание и шелушение (обрушивание) типичных (хорошо выполненных, не щуплых) зёрен; ** – повторное исследование генотипов с «сомнительными» результатами; *** – оценка по 500 и 1000 типичных зёрен, (соответственно, по 250 зёрен в 2-х и 4-х полевых повторностях).

Отбор лучших и браковка селекционных сортообразцов проса осуществляется по комплексу признаков и оценок (включая проявление меланоза в текущем и в предшествующие годы) при сравнении их с сортами-стандартами. Прежде всего это первый сорт селекции института – **Саратовское 853** (С.853; «стартовый» уровень по всем селективируемым признакам), занимавшее в СССР до 70% и более площадей под культурой и достаточно объективно описанное Б.М. Поповым (1982) более 40 лет назад. «Этот сорт отличается высокой засухоустойчивостью, устойчивостью к полеганию и менее других сортов страдает от поражения ядра бактериозом» (прим. авт.: один из «ранних» вариантов названия подплёночного поражения зерна проса – меланоза). Однако применительно к современному селекционному материалу Саратовское 853 характеризуется нами как относительно мелкозёрный (по нашей шкале: [8]), со средним качеством зерна и среднеустойчивый к меланозу. Другие его характеристики позволяет видеть и оценивать результаты селекции по всем признакам как в условиях конкретного года, так и в динамике. **Саратовское 10** – один из наиболее распространённых и урожайных сортов с высокой адаптированностью к различным почвенно-климатическим условиям, среднеустойчивый к меланозу и устойчивый к 10 расам возбудителя головни (с геном Sp2), с красным и сравнительно крупным качественным зерном [5]. **Золотистое** – желтозёрный, среднеспелый, высокоурожайный и востребованный сорт, восприимчивый к головне, но с высокой устойчивостью к меланозу в сочетании с крупнозёрностью [5]. Дифференциация сортов и селекционных линий и их браковка по степени проявления меланоза (т. е. его вредоносности в конкретном году) на «устойчивые», «среднеустойчивые», «восприимчивые» имеет «относительно-сравнительный» характер и опирается на многолетний опыт предшествующей работы.

При оценке и браковке сортообразцов проса по **комплексу признаков** нами соблюдается их «иерархическая значимость»: урожайность + адаптированность в сочетании с признаками качества зерна (включая желтизну, стекловидность ядра, содержание каротиноидов и белка, крупнозёрность и др.), с устойчивостью к болезням (прежде всего – к головне и меланозу) и др. Считаю важным подчеркнуть существенную деталь в нашей селекционной работе: индивидуальные отборы из гибридных популяций с овальной формой и «пёстрой» окраской зерна, а также с массой 1000 зёрен $\leq 8,5$ г – даже без признаков меланоза – подлежат выбраковке. Не проводятся нами оценки (применительно к меланозу) на степень пониклости и плотности метёлок, степень сомкнутости цветковых плёнок, поиск коррелятивных связей болезни с другими «пассивными» признаками (типа высоты растений, длины метёлок и пр.) «псевдозащиты» от меланоза, поскольку такая информация, как правило, не отличается объективностью, стабильностью и точностью. Наша работа

направлена на создание нового гибридного материала и сортов проса с повышенными генетико-иммунологическими реакциями на комплекс возбудителей меланоза и минимальной зависимостью данного важного признака от био - и абиотических факторов. Многолетний опыт работы и созданные в ФАНЦ Юго-Востока сорта проса [5, 6, 7, 8] показывают, что такой путь усиления болезнестойчивости является сравнительно результативным, поскольку позволяет сочетать минимальную восприимчивость к меланозу с комплексом других хозяйственно ценных признаков.

Результаты и их обсуждение

Взаимоотношения в системе «просо посевное – возбудители меланоза» включают следующие генетико-феноменологические особенности.

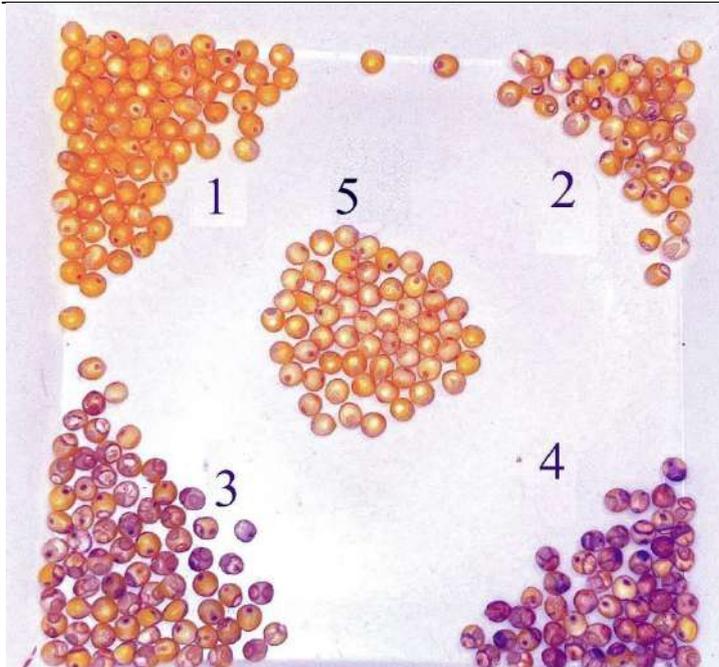
1. Все сорта (в т. ч. сортообразцы из коллекции ВИРа) восприимчивы к болезни, но в разной степени; дифференциация сортообразцов на «устойчивые» (т.е. с минимальной степенью подплёночного поражения зерна), «среднеустойчивые» (= «средневосприимчивые») и «восприимчивые» имеет относительный («рабочий») характер, поскольку дальнейшей целенаправленной селекции подвергается материал не «ниже» среднеустойчивого (большинство восприимчивых и сильно-восприимчивых генотипов бракуются).

2. Признак имеет полигенную («количественную») природу с сильной реакцией на условия внешней среды и по этой причине – низкую наследуемость в гибридном материале, включая «обычные» вариации типа: а) индивидуальные отборы (и. о.) из гибридных популяций от скрещивания сравнительно устойчивых родительских форм нередко оказываются либо более восприимчивыми к болезни, либо не лучше исходных генотипов, б) и. о. из гибридных популяций от скрещивания «средневосприимчивых» генотипов проявляют более высокую «устойчивость» (минимальное поражение, с преобладанием слабой и средней степеней поражения ядер), причём в сочетании с крупнозёрностью – т. е. проявляются эффекты кумулятивной полимерии, что имеет очень важное значение в селекционной работе на комплекс полигенных признаков.

3. Сортообразцы, выявленные исследователями в разное время в качестве «устойчивых» к меланозу, обладают в своём большинстве «отрицательными» (для целей селекции) «пассивными» признаками защиты от болезни – мелкозёрностью, зерном овальной, овально-удлинённой формы, скороспелостью (или, наоборот, – позднеспелостью – т.е. «уходом» от массового распространения во времени и в пространстве насекомых – переносчиков патогенной инфекции), более пониклыми и/или рыхлыми метёлками (быстрее просыхающими после росы и/или дождя), высокой соломиной (с «лишним» расход пластических веществ и снижением хозяйственного коэффициента) и др., которые в новых многочисленных гибридах и константных сортообразцах зачастую «теряют» свои защитные свойства.

4. Даже в засушливых условиях европейского юго-востока РФ «среднее» и «сильное» развитие меланоза проявляется, по нашим данным, в более чем 70 % лет и существенно ухудшает качество зерна и крупы (рис. 1).

5. Преобладающий тип поражения ядра меланозом – «верхний» (экзогенный), т.е. предполагающий проникновение инфекции между неплотно (и/или недостаточно плотно) сомкнутыми цветковыми плёнками; второй – т. н. «зародышевый» тип меланоза – неточен по названию и сути, поскольку в большинстве своём поражение ядра (разной интенсивности) происходит, по нашим данным, вокруг «плацентного пятна», а не зародыша, и указывает на «эндогенный» характер (через проводящую систему растений) появления инфекции (рис. 2).



*Рис. 1. Ядро проса: 1 – типичные здоровые стекловидные ядра; 5 – типичные здоровые «среднемучнистые» ядра; 2, 3, 4 – ядра с разной степенью развития меланоза: соответственно, слабое, среднее и сильное поражение.
Фото авторов.*



Рис.2. Разная степень развития «нижнего» типа меланоза вокруг «плацентного пятна». Фото авторов.

6. Применение пестицидов против меланоза проса не даёт положительных результатов [2]. Таким образом, изложенные выше особенности системы «просо посевное – меланоз» приводят к заключению, что единственный и наиболее эффективный способ защиты посевов проса от подплёночного поражения зерна – целенаправленное создание и возделывание сортов соответствующих экотипов с комплексом ценных признаков, включая максимальную, генетически контролируемую устойчивость (минимальной восприимчивость) к болезни, особенно в эпифитотийные годы [6].

В селекции проса на меланозоустойчивость важное значение имеет «точность» её определения применительно к количеству анализируемых зёрен у конкретных генотипов и в конкретном вегетационном сезоне (это одна из наиболее сложных проблем и особенностей селекции на устойчивость к болезням с «количественным» типом взаимодействия «хозяин – патоген»), поскольку степень развития болезни зависит как от факторов окружающей среды (включая неравномерное распространение в селекционных питомниках насекомых – переносчиков инфекции; частоту и интенсивность осадков, их приуроченность к фазам развития растений и др.), так и от количества исследованных ядер (зёрен с удалёнными цветковыми плёнками), однако в целом она повышается по мере их последовательного продвижения по селекционным питомникам (таблица 1, 2, 3, 4). Естественно, самые «ненадёжные» результаты оценки на меланоз получаются при анализе на комплекс признаков индивидуальных отборов из гибридных популяций (оцениваются «всего» 100 зёрен), особенно в годы, неблагоприятные для развития подплёночной инфекции. Лучшие из индивидуальных отборов поступают в СП-1 – «главный источник» наиболее ценных (и в большинстве своём – константных) генотипов для последующих селекционных питомников. Анализ 250 ядер (в СП-1) заметно повышает точность оценки на меланозоустойчивость (по сравнению с и.о.), однако фактор «случайности» (таковы особенности проявления болезней «количественного типа») может достаточно сильно увеличивать вариабельность получаемых результатов (таблицы 2 и 3).

Фрагментарные результаты оценки и дифференциации селекционных линий проса из СП-1 на устойчивость к меланозу, 2022 г.

№ п/п	Сортообразец	Результаты анализа зерна в 2-х повторностях:				
		Масса 1000 зёрен (г)	Желтизна ядра (балл)	Количество меланозных ядер в 250 просмотренных		
				Слабо-, средне- и сильно-испорченных	Всего	Поражение (в %):
1. Краснозёрные сортообразцы:						
1.1 – Сорты – стандарты:						
1	Саратовское 10 , сорт-стандарт (2585/1-22)	8,7*	3,0	0-4-3	7	2,8
		8,9**	3,0	1-4-2	7	2,8
2	Саратовское 15 , сорт-стандарт (2241/1-22)	9,3*	5,0	2-2-0	4	1,6
		9,2**	4,5	3-0-1	4	1,6
1.2 - Краснозёрные сортообразцы со «слабым» поражением меланозом:						
Сангвинеум 2070/1-22	9,9*	5,0	0-0-0	0	0,0	
	9,9**	5,0	1-0-0	1	0,4	
Субсангвинеум 2475/1-22	9,9	4,0	1-1-0	2	0,8	
	10,0	4,5	0-1-0	1	0,4	
Сангвинеум 2592/2-22	9,6	5,0	1-0-0	1	0,4	
	9,8	5,0	1-1-0	2	0,8	
1.3 - Краснозёрные сортообразцы со «средним» поражением меланозом:						
Сангвинеум 2005/3-22	9,8	5,0	2-3-0	5	2,0	
	9,8	5,0	1-4-1	6	2,4	
Сангвинеум 2126/1-22	9,7	4,5	2-4-4	10	4,0	
	9,8	4,5	4-3-1	8	3,2	
Сангвинеум 2323/3-22	10,0	4,0	1-2-3	6	2,4	
	9,9	4,0	2-0-2	4	1,6	
1.4 - Краснозёрные сортообразцы с «сильным» поражением меланозом***:						
Сангвинеум 2123/4-22	9,8	4,0	0-8-3	11	4,4	
	10,0	4,5	2-5-4	11	4,4	
Сангвинеум 2288/2-22	9,4	4,5	0-5-5	10	4,0	
	9,3	4,5	3-7-3	13	5,2	
Сангвинеум 2480/3-22	9,8	4,0	4-3-5	12	4,8	
	9,8	4,0	3-8-3	14	5,6	
2. Желтозёрные сортообразцы:						
2.1 – Сорты – стандарты:						
1	Золотистое , сорт-стандарт (2585/1-22)	8,8*	3,0	0-1-2	3	1,2
		8,9**	3,0	1-2-0	3	1,2
2	Сардар , сорт-стандарт (2569/2-22)	9,0*	3,5	2-2-1	5	2,0
		9,2**	3,5	0-1-0	2	0,8
2.2 - Желтозёрные сортообразцы с минимальным поражением меланозом:						
Ауреум 2038/1-22	9,1	3,5	1-1-0	2	0,8	
	9,1	3,5	1-1-0	2	0,8	
Ауреум 2321/3-22	9,3	4,0	2-0-0	2	0,8	
	9,3	3,5	0-1-0	1	0,4	
Ауреум 2548/2-22	10,0	2,5	0-0-1	1	0,4	
	9,9	2,5	2-1-0	3	1,2	

2.3 - Желтозёрные сортообразцы со «средним» поражением меланозом:					
Ауреум 2026/3-22	9,7	3,5	3-4-1	8	3,2
	9,9	3,5	2-6-1	9	3,6
Ауреум 2286/4-22	9,4	3,0	2-5-5	12	4,8
	9,5	3,0	6-2-1	9	3,6
Ауреум 2383/4-22	10,1	3,5	1-3-6	10	4,0
	10,1	3,5	1-5-1	7	2,8
2.4 - Желтозёрные сортообразцы с «сильным» поражением меланозом***:					
Ауреум 2339/3-22	10,2	2,5	3-2-5	10	4,0
	10,1	2,5	4-5-8	17	6,8
Ауреум 2392/4-22	9,2	2,5	5-5-15	25	10,0
	9,1	3,0	5-6-8	19	7,6
Ауреум 2393/3-22	9,0	3,0	6-6-13	25	10,0
	9,2	3,0	9-9-5	23	9,2
НСР _{0,05}	0,2	0,1			1,3

Примечания: *, ** – соответственно, результаты первой и повторной («проверочной») оценки сортообразцов (анализ по 250 ядер); *** – максимальное поражение меланозом в СП-1/ 22 г. выявлено у мелкозёрного сортообразца «белесо-серо-жёлтоватое 2426/2-22» – 12,8 % (соответственно, слабо-, средне- и сильнопоражённые ядра в соотношении 2,4%-6,4%-4,0%) из лабораторной генколлекции (масса 1000 зёрен – 7,7 г; желтизна – 1,5 балла).

При анализе цифрового материала, представленного в таблице 2, отчётливо видны различия показателей по повторностям. По массе 1000 зёрен они составляют 0,1-0,2 г – это вполне естественное варьирование, в т. ч. за счёт разной крупности зерна в верхней, средней и нижней части метёлок проса. Оценки по желтизне ядра отличались на 0,5 балла только в некоторых случаях. Наибольшие колебания данных характерны для результатов по количеству меланозных ядер – как среди краснозёрных, так и среди желтозёрных сортообразцов. Однако при этом важно увидеть главное: 1 – степень восприимчивости к меланозу практически не зависит от крупности зерна и 2 – сортообразцы проса уже «на уровне» СП-1 обладают генетически дифференцированными различиями реакций на инфекцию, вызывающую подплёночное поражение зерна. Естественно, большинство генотипов с «условно высокой» восприимчивостью к меланозу, как правило, теряют ценность для дальнейшей селекционной работы («уходят в брак»).

Селекционный питомник 2-го года ежегодно формируется из сортообразцов СП-1 с максимально выраженным комплексом ценных признаков, в т. ч. с минимальной и средней степенью поражения меланозом. При этом приходится учитывать, что это уже не только следующее поколение линий (гетерогенность по полигенно контролируемым признакам – «обычное» явление), но и иные условия среды (в виде «комбинаций» взаимодействия гидротермических и прочих факторов), и количество анализируемых зёрен возрастает с 250 до 500. Поэтому вполне естественно, что в СП-2 не все линии подтверждают оценки, полученные в СП-1. Однако ранжирование сортов-стандартов и новых линий проса по степени восприимчивости к меланозу (на «условно» слабо-, средне- и сильновосприимчивые) показывает тот же результат, что и в СП-1 – размеры и вес зерна не коррелирует явным образом с иммунологическими свойствами сортообразцов. Так, Саратовское 10 и Золотистое во всех представленных блоках (нечётные номера блоков – 14 желтозёрных линий + стандарты Саратовское 10 и Золотистое; чётные – 14 краснозёрных линий + те же стандарты) в 2024 г. были практически идентичны по массе 1000 зёрен (8,4...8,5 г), однако существенно («в разы») отличались по степени восприимчивости к подплёночной инфекции в пределах каждого блока (табл. 3).

**Результаты оценки сортообразцов проса на устойчивость к меланозу зерна
в селекционном питомнике 2-го года*. 2024 г.**

№ бло-ка *	Саратовское 10 (краснозёрный стандарт)		Золотистое (желтозёрный стандарт)		«Лучший» ** номер в блоке		«Худший» ** номер в блоке	
	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, % ***	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, %	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, %	Масса 1000 зёрен, г	Меланоз, %
1	8,4	<u>1,2</u> *** 0,2-0,4-0	8,4	<u>0</u> 0-0,4-0	9,2	<u>0</u> 0-0-0	9,4	<u>1,6</u> 0,4-0,4-0,8
2	8,4	<u>0,8</u> 0,4-0,4-0	8,5	<u>0</u> 0-0-0	9,7	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,2	<u>1,6</u> 0,4-0,8-0,4
3	8,4	<u>2,0</u> 0,4-1,6-0	8,5	<u>0</u> 0-0-0	8,7	<u>0</u> 0-0-0	9,6	<u>1,2</u> 0,8-0,4-0
4	8,5	<u>1,2</u> 0-0,8-0,4	8,7	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,3	0 0-0-0	10,0	<u>1,2</u> 0-1,2-0
5	8,5	<u>2,0</u> 0,4-0,8-0,8	8,6	<u>0</u> 0-0-0	9,3	<u>0</u> 0-0-0	8,8	<u>1,2</u> 0-0,4-0,8
6	8,4	<u>1,6</u> 0,8-0,4-0,4	8,5	<u>0,4</u> 0-0,4-0	9,1	<u>0</u> 0-0-0	9,5	<u>2,8</u> 0,8-0,8-1,2
7	8,4	<u>1,2</u> 0,4-0,8-0	8,6	<u>0,4</u> 0-0-0,4	9,2	<u>0</u> 0-0-0	9,0	<u>1,6</u> 0,8-0,8-0
8	8,5	<u>2,0</u> 0,4-0,8-0,8	8,5	<u>0,8</u> 0-0,4-0,4	9,1	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,4	<u>1,2</u> 0-0,8-0,4
9	8,3	<u>2,0</u> 0,8-1,2-0	8,4	<u>0,4</u> 0-0,4-0	9,6	<u>0,2</u> 0-0,8-0	9,4	<u>3,2</u> 0,8-1,2-1,2
10	8,5	<u>0,8</u> 0,4-0,4-0	8,5	<u>0,4</u> 0,4-0-0	9,3	<u>0,4</u> 0,4-0-0	8,9	<u>1,2</u> 0,4-0,8-0
Сре днее	8,4	<u>1,5</u> 0,4-0,8-0,2	8,5	<u>0,3</u> 0,1-0,1-0,1	9,3	<u>0,3</u> 0,1-0,2-0	9,3	<u>1,7</u> 0,4-0,8-0,5
НСР 05	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4

Примечания: * – 4-рядковые делянки 4,5-6,5 м² (с междурядьями 30 см); повторность посевов – двукратная; объём каждого блока – 14 сортообразцов проса из СП-1 предыдущего года + 2 стандарта – краснозёрное Саратовское 10 и желтозёрное Золотистое (в блоках с нечётными номерами изучаются желтозёрные генотипы, с чётными – краснозёрные); ежегодно проводится анализ 500 типичных зерен (по 250 зёрен в двух полевых повторностях); ** – соответственно, **менее** или **более** поражённый меланозом по сравнению с сортами-стандартами; *** – в числителе – сумма меланозных ядер (%), в знаменателе - доля (%) слабо-, средне- и сильно испорченных ядер (зерен с удаленными цветковыми пленками); * – коэффициент корреляции «масса 1000 зёрен - % поражения меланозом» - слабый ($r = - 0,12 \pm 0,03$).

Обращает на себя внимание важная деталь – у сортов-стандартов просматривается определённая синхронность по степени поражения меланозом в конкретных блоках линий, причём Золотистое в СП-2 / 24 г. отчётливо подтвердило статус сорта, «наиболее устойчивого» к меланозу. Среди «лучших» линий (по степени поражения меланозом) масса 1000 зёрен составила 8,7...9,7 г. – т. е. выше обоих стандартов в сочетании с минимальным поражением. Идентичные результаты по массе 1000 зёрен получены и среди условно «худших» линий – 8,9-10,0 г., а степень их поражения только в половине случаев превышает Саратовское 10 при очевидном превосходстве по крупности зерна (см. блоки № 1, 6, 9).

Один из важных вопросов в селекции проса на усиление меланозоустойчивости – проявление признака у конкретных сортообразцов в череде «всегда различных» условий вегетации растений. Отмеченная выше слабая («почти отсутствующая») отрицательная корреляция достаточно высокой устойчивости к болезни с крупнозёрностью, равно как и с округлой формой зерна (овальнозёрные и тем более – «сплюснутозёрные» генотипы в нашей работе – заведомый брак; при скрещивании генотипов с шаровидным зерном в большинстве гибридных комбинаций они не выщепляются) достаточно «устойчивая» конструкция применительно к конкретным сортам.

Данные, представленные в таблице 4, отчетливо показывают, что в результате целенаправленной селекции на комплекс признаков в ФАНЦ Юго-Востока созданы сорта проса и перспективные линии, сочетающие, в частности, «взаимоотрицательные» признаки (по устоявшемуся мнению) – крупнозерность + устойчивость к меланозу. Рекомендованные к возделыванию [5] и новые сортообразцы проса (выделены курсивом) помимо крупного зерна с минимальной восприимчивостью к меланозу обладают высокими показателями по продуктивности, содержанию каротиноидных пигментов, технологическим и кулинарным характеристикам в сочетании с соответствующими генами устойчивости к головне.

Таблица 4

**Проявление меланоза зерна у некоторых сортов проса в конкурсном испытании.
2023, 2024, 2025 г.***

Название сорта, новой линии	2023		2024		2025		Средние данные	
	МТЗ, г**	Меланоз, %***	МТЗ, г.	Меланоз, %	МТЗ, г.	Меланоз, %	МТЗ, г.	Меланоз, %
Саратовское 853****	8,2	0,9	8,0	1,4	8,3	1,8	8,2	1,4
Саратовское10	8,8	0,5	8,4	0,7	8,7	1,4	8,6	0,9
Саратовское 15	9,1	0,5	8,8	0,9	9,2	0,7	9,0	0,7
<i>Сангвинеум 6-23</i>	9,2	0,7	9,0	0,7	9,4	1,1	9,2	0,8
<i>Субсангвинеум 7-23</i>	9,2	1,3	8,8	0,7	9,1	1,2	9,0	1,1
Золотистое	8,8	0,5	8,5	0,1	8,7	0,8	8,7	0,5
Саратовское жёлтое	9,0	0,4	8,5	0,4	8,7	1,0	8,7	0,6
Сарбин	9,3	0,2	8,6	0,6	8,9	0,8	8,9	0,5
Сардар	8,9	0,8	8,6	0,1	9,0	1,1	8,8	0,7
<i>Субауреум 15-23</i>	9,3	0,5	8,9	0,1	9,2	1,4	9,1	0,7
<i>Ауреум 16-23</i>	9,8	0,4	9,4	0,2	9,8	0,6	9,7	0,4
НСР _{0,5}							0,2	0,3

Примечания: * – указанные годы сложились неблагоприятными для возбудителей меланоза зерна; ** – масса 1000 зёрен (г); *** – суммарное содержание ядер (зёрен без цветковых оболочек), слабо-, средне- и сильно поражённых меланозом (в %); **** – первый сорт селекции института: ежегодно высевается и изучается в качестве «стартового» уровня по всем селективируемым признакам растений проса посевного в условиях Саратова.

В настоящее время среди рекомендованных к возделыванию сортов проса посевного помимо «традиционных» краснозёрных и/или желтозёрных (в т. ч. пригодных для производства высококачественного пшена) имеются и белозёрные [5] – с более тонкими цветковыми плёнками, которые слабее, чем толстостенные («грубые»), защищают от «выгорания» каротиноидные пигменты (один из наиболее ценных биохимических компонентов пшена) и от попадания в наливающеся зерно инфекции, вызывающей меланоз. В этой связи возрастает роль «настоящих» - генетически контролируемых иммунологических механизмов - для защиты зерна от возбудителей меланоза. По мнению авторов данной статьи, применяемая нами методика селекции проса на меланозоустойчивость (как составная часть технологии эколого-генетического совершенствования просяного растения в сложных климатических условиях) даёт положительные результаты и вносит определённый вклад в решение «общей» проблемы – сохранения проса посевного в качестве ценной продовольственной культуры.

Выводы

1. Опыт работы и результаты селекции проса в ФАНЦ Юго-Востока (длительной по срокам и с «эволюционно-накапливаемыми» результатами) на комплекс признаков, включая усиление устойчивости к меланозу в сильно изменчивых гидротермических условиях, показывают, что целенаправленное создание сортов с повышенными генетико-иммунологическими реакциями против патогенной микрофлоры – наиболее эффективный и фактически единственный путь защиты качества зерна ценной крупяной культуры от данной болезни. Усиление «генетической составляющей» в меланозоустойчивости проса увеличивает, в свою очередь, возможности создания новых сортов, обладающих комплексом других хозяйственно ценных признаков.

2. Несмотря на отсутствие чётких критериев дифференциации вредоносности меланоза в посевах проса (включая селекционные) в конкретных и контрастных экологических условиях степень его проявления у различных линий (сортообразцов) однозначно является сортовым, генетически и иммунологически контролируемым признаком, сочетаемым с крупнозёрностью, устойчивостью к болезням, высоким качеством зерна, продуктивностью и адаптивностью.

Литература

1. Кулемина Т.В. Меланоз как фактор низкого качества зерна проса посевного (*Panicum miliaceum* L.). //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019; – 180(4):186-192. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-186-192>
2. Чирко Е.М. Поражение зерна меланозом в зависимости от сортовых особенностей проса. // Земледелие и растениеводство. – 2016;(6):8-12.
3. Сурков А.Ю., Суркова И.В. Пораженность проса некротическим меланозом в зависимости от морфологических и биологических особенностей. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 4(48). – С. 95-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-95-101
4. Никифорова Ю.И. Устойчивость раннеспелых и среднеранних образцов проса к меланозу в условиях Предкамской зоны республики Татарстан. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 1 (5). – С. 37-43.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений (Официальное издание). Москва, ФГБНУ «Росинформагротех», – 2024. – С. 37-38 (Просо посевное).
6. Тихонов Н. П. Особенности и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2014. - № 2(10). – С. 60-63. – EDN SFMRUR.
7. Тихонов Н. П., Тихонова Т.В. Эколого-генетические аспекты и результаты селекции проса посевного на крупнозёрность. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1(41). – С. 82-89. – DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-82-89.
8. Тихонов Н.П., Тихонова Т.В. Саратовское 15 и Сардар – новые сорта проса посевного. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2024. - № 1 (49). – С. 124-131. DOI: 10.2441.12/2309-348X-2024-1-124-131.

References

1. Kulemina T.V. Melanosis as a factor of low grain quality in common millet (*Panicum miliaceum* L.). Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019, no. 180(4), pp.186-192. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-186-192>
2. Chirko E.M. Grain infection with melanosis depending on varietal characteristics of millet. *Agriculture and Plant Growing*. 2016, no.(6), pp.8-12.
3. Surkov A.Yu., Surkova I.V. Infection of millet with necrotic melanosis depending on morphological and biological characteristics. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no.4(48), pp.95-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-95-101
4. Nikiforova Yu.I. Resistance of early-ripening and mid-early millet accessions to melanosis in the conditions of the Pre-Kama zone of the Republic of Tatarstan. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2013, no.1(5), pp.37-43.
5. State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Vol. 1. Plant Varieties (Official publication). Moscow, FGBNU "Rosinformagrotekh", 2024, pp. 37-38 (Common millet).
6. Tikhonov N.P. Features and results of common millet breeding for resistance to grain melanosis. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, no. 2(10), pp. 60-63, EDN SFMRUR.
7. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V. Ecological and genetic aspects and results of common millet breeding for large grain size. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2022, no. 1(41), pp. 82-89, DOI 10.24412/2309-348X-2022-1-82-89, EDN LWVLWZ.
8. Tikhonov N.P., Tikhonova T.V. Saratovskoe 15 and Sardar – new varieties of common millet. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2024, no.1(49), pp.124-131. DOI: 10.2441.12/2309-348X-2024-1-124-131.