

МАРКЕР-КОНТРОЛИРУЕМОЕ ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГИБРИДНЫХ ФОРМ ПШЕНИЦЫ С ОКРАШЕННЫМ ЗЕРНОМ

**Чуманова Евгения Владимировна, Ефремова Татьяна Тимофеевна, Соболев Кирилл
Викторович**

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской
академии наук

chumanova@bionet.nsc.ru

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от синтеза и накопления антоцианов в различных слоях зерновки пшеницы она может иметь голубовато-серую (алеироновый слой, гены *Va*), фиолетовую (перикарп, комплементарное взаимодействие генов *Pp-1* и *Pp3*) и темно-коричневую (черную) окраску (перикарп+алеироновый слой). Полифенольные соединения, включая антоцианы, снижают уровень свободных радикалов и обладают противовоспалительной активностью, профилактируя ускоренное старение и целый ряд хронических заболеваний, вызываемых развитием окислительного стресса: сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, метаболических нарушений и болезни Альцгеймера (Liu et al., 2020; Mohammadi et al., 2024). Повышение содержания антиоксидантов в зерне пшеницы является актуальной общемировой тенденцией наряду с увеличением урожайности, а сильно ограниченный ассортимент сортов с окрашенным зерном в России повышает интерес исследователей к получению новых линий, несущих гены, контролирующие синтез антоцианов.

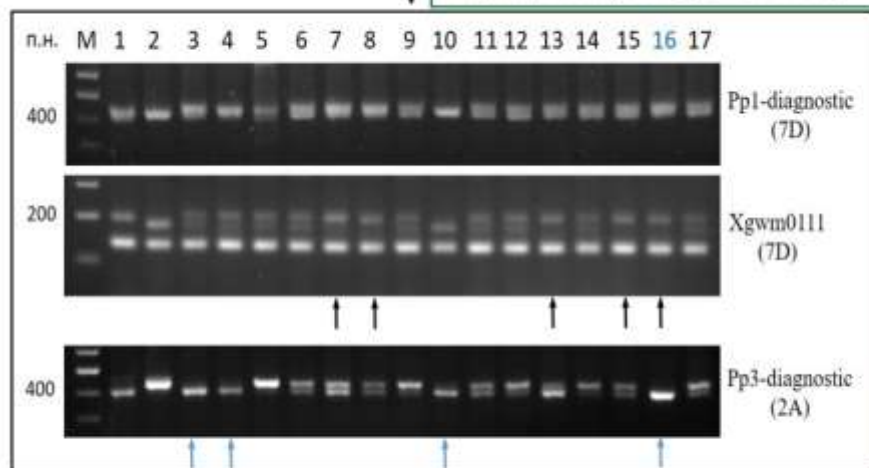
ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Маркер-контролируемое получение новых генотипов с фиолетовой и черной окраской зерна с участием районированных сортов Новосибирская 31 (Н31), Сибирская 21 (Сиб21), Лидер 80 (Л80) и гексаплоидной пшеницы *T. petropavlovskyi* и проведение количественной оценки содержания антоцианов, фенольных соединений, показателей антиоксидантной активности и продуктивности полученных гибридных форм.

В качестве доноров окраски при получении гибридных форм использовались линии сорта Саратовская 29 (S29): i:S29*Pp-D1Pp3^{PF}* (S29PF) с фиолетовой (Arbuzova et al., 1998) и S29BW2 и S29BW4 с черной окраской зерна (Efremova et al., 2023), которые скрещены с сортами Новосибирская 31 (Н31), Сибирская 21 (Сиб21) и Лидер 80 (Л80) и образцом гексаплоидной пшеницы *T. petropavlovskyi* к-44126 (ВИР)

ПОЛУЧЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ФОРМ С ФИОЛЕТОВОЙ И ЧЕРНОЙ ОКРАСКОЙ ЗЕРНА НА ОСНОВЕ РАЙОНИРОВАННЫХ СОРТОВ



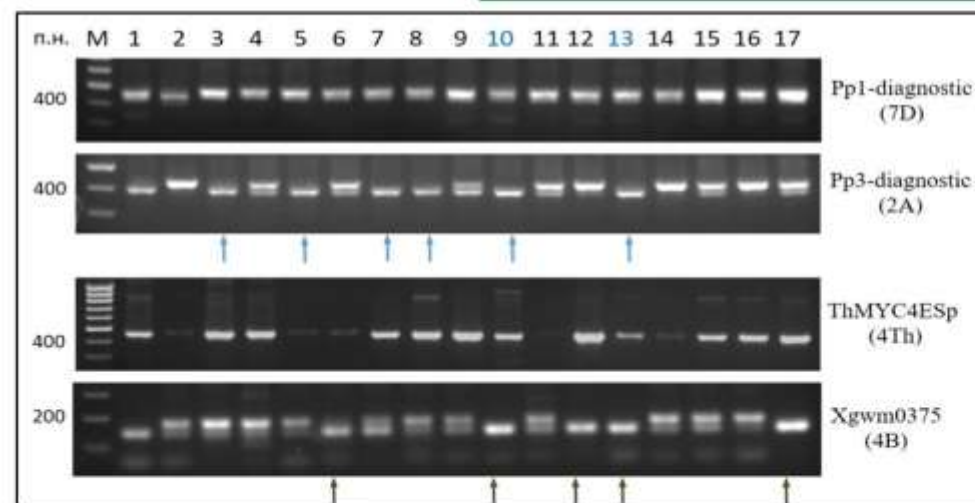
Маркер-контролируемый отбор



Электрофореграммы продуктов ПЦР гибридов F₂: S29PF × H31. М – ДНК-маркер Step 100. 1 – S29PF, 2 – H31, 3-17 – номера растений гибридов F₂. Синие стрелки – *Pp3* в гомозиготном состоянии, черные – присутствие фрагмента от S29PF и отсутствие фрагмента от Новосибирская 31. Синим выделено растение, гомозиготное по *Pp-D1* и *Pp3*.



Маркер-контролируемый отбор

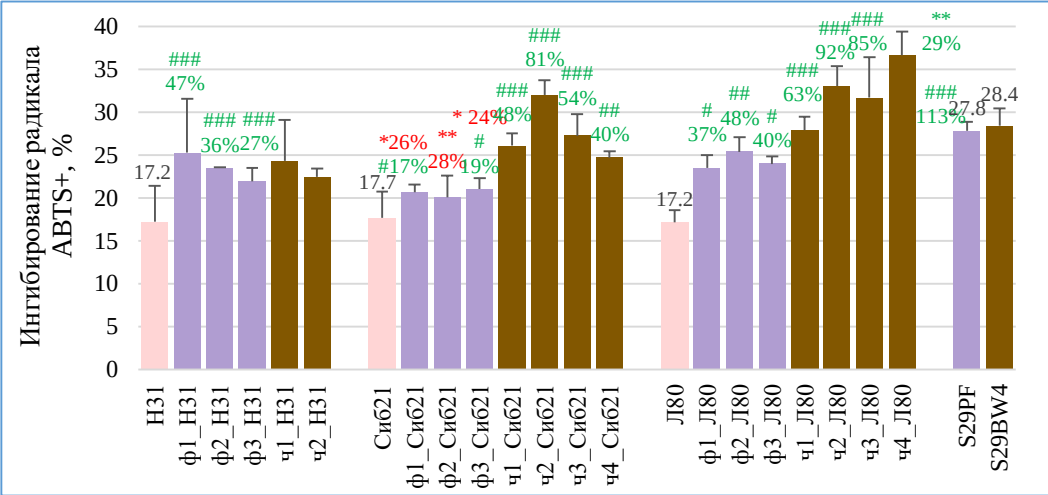
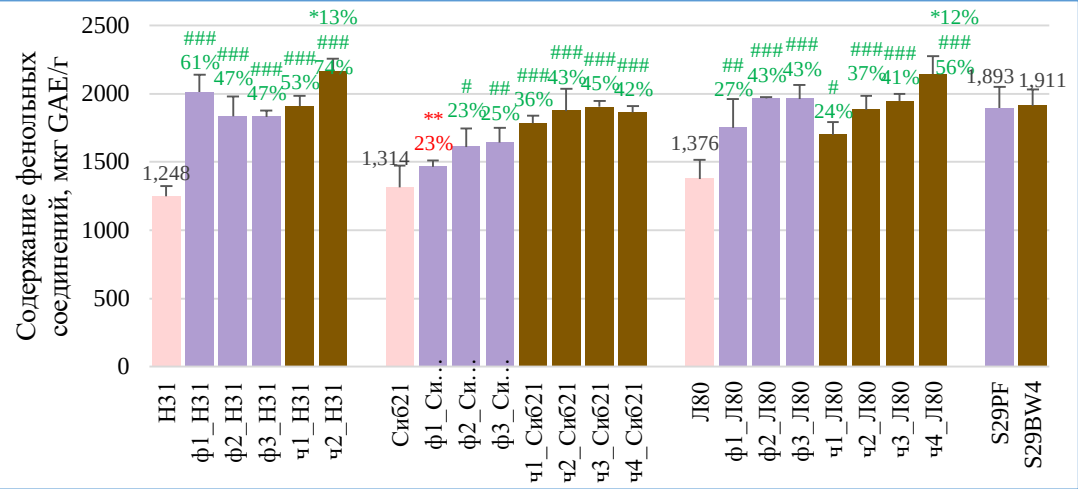
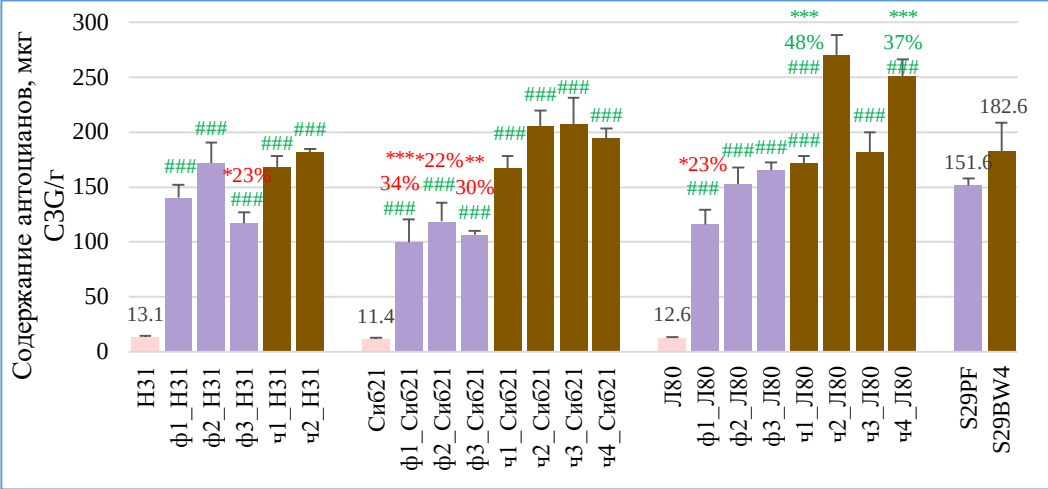


Электрофореграммы продуктов ПЦР гибридов F₂: S29BW2 × Сиб21. М – ДНК-маркер Step 100. 1 – S29BW2, 2 – Сиб21, 3-17 – номера растений гибридов F₂. Синие стрелки – *Pp3* в гомозиготном состоянии, зеленые – отсутствие фрагмента амплификации для хромосомы 4В. Синим выделены номера растений, гомозиготных по *Pp-D1*, *Pp3* и *Ba1*.



С использованием ДНК-маркеров в шести гибридных популяциях F₂, полученных с участием яровых сортов мягкой пшеницы: Н31, Сиб21 и Л80, были выделены гомозиготные растения с комбинациями генов *Pp-D1* и *Pp3*, имеющие фиолетовую окраску перикарпа, а также *Pp-D1*, *Pp3* и *Ba1* с черной окраской зерна, обусловленной накоплением антоцианов в перикарпе и алейроновом слое.

СОДЕРЖАНИЕ АНТОЦИАНОВ, ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОКАЗАТЕЛИ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ У ГИБРИДОВ F₃ С ФИОЛЕТОВОЙ И ЧЕРНОЙ ОКРАСКОЙ ЗЕРНА



Общее содержание антоцианов, фенольных соединений и антиоксидантная активность в метанольных экстрактах из цельнозерновой муки у гибридов F₃ с фиолетовой и черной окраской зерна, полученных с участием сортов Н31, Си621 и Л80 (теплица, 2024 г.).

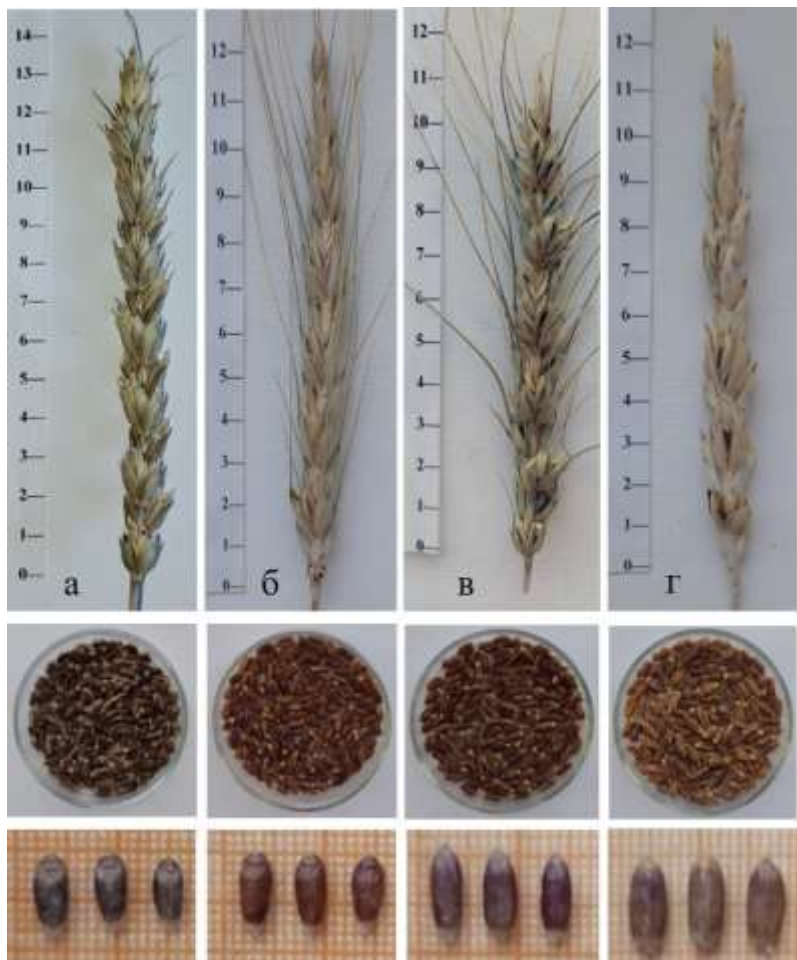
* – различия статистически значимы по сравнению с S29PF или S29BW4, # – по сравнению с сортами Н31, Си621 и Л80 при p<0.05, p<0.01 и p<0.001, соответственно. Превышение показателей в процентах по сравнению с контролем отмечено зеленым, красным – снижение.

C3G – цианидин-3-глюкозид, GAE – эквивалент галловой кислоты.

ф – гибридные растения с фиолетовым зерном, ч – с черным зерном.

Полученные гибридные формы с фиолетовой и черной окраской зерна характеризуются более высоким содержанием антоцианов, фенольных соединений и уровнем антиоксидантной активности по сравнению с исходными сортами. У растений с черной окраской зерна, в свою очередь, отмечено более высокое содержание антоцианов и уровень антиоксидантной активности относительно фиолетовозерных. Выделены три растения с черным зерном на основе сорта Л80 и одно, полученное с участием Си621, которые демонстрируют наибольшие значения всех исследуемых показателей. Среди фиолетовозерных форм выделяются гибриды, полученные на основе сортов Н31 и Л80.

ПОЛУЧЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЛИНИЙ *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI* UDACZ. ET MIGUSCH. × *TRITICUM AESTIVUM* L. С КРУПНОЙ ОКРАШЕННОЙ ЗЕРНОВКОЙ И ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АНТИОКСИДАНТОВ



Фотографии колосьев и зерен линий с черной (а) и фиолетовой (б-г) окраской F₅: *T. petropavlovskyi* к-44126 × S29BW4.

В результате скрещивания образца к-44126 *T. petropavlovskyi* с чернозерной линией сорта S29BW4 с использованием ДНК-маркеров к генам биосинтеза антоцианов выделены три гибридные линии с черной окраской зерна (Л1-Л3) и шесть – с фиолетовой (Л4-Л9), которые имели округлое (как у *T. aestivum*) и удлиненное зерно (как у *T. petropavlovskyi*).

Полученные линии характеризуются увеличением содержания антоцианов 9 (в 4-13 раз), фенольных соединений (на 52–69 %) и показателей антиоксидантной активности (на 14-46%) по сравнению с *T. petropavlovskyi*. По совокупности показателей выделялись Л1, Л2 и Л7.

Кроме того, все изученные линии, независимо от окраски зерна, имели более крупную зерновку относительно S29BW4, достигающую 53–59 мг. При этом Л1, Л2, Л7, Л8 и Л9 демонстрировали увеличение массы зерен с колоса и растения в 1.3–2.1 раза по сравнению с S29BW4, а Л2 имела максимальное число зерен с растения, на 44 % превышающее показатель S29BW4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданные гибридные формы могут представлять интерес для селекции улучшенных коммерческих сортов мягкой пшеницы с повышенным содержанием биологически активных компонентов в зерне, адаптированных к условиям Западной Сибири.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (№ 24-26-20028) и Министерства науки и инновационной политики Новосибирской области (№ р-99).