

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра микробиологии и физиологии растений


**ВЛИЯНИЕ ИНТРОГРЕССИИ ЧУЖЕРОДНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО
МАТЕРИАЛА НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА
*TRITICUM AESTIVUM L.***

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 241 группы
Направления подготовки магистратуры 06.04.01 Биология
Биологического факультета
Гребенкиной Анастасии Алексеевны

Научный руководитель:


канд. биол. наук, доцент

04.06.26 

В. В. Коробко

Зав. кафедрой:

док. биол. наук, доцент

04.06.26 

Д. В. Уткин

Саратов 2026

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница является самой важной зерновой культурой, на ее долю приходится практически 30% мирового производства зерна [1]. Однако, проблемой современной селекции *Triticum aestivum* L. является снижение генетического разнообразия сортов, главной причиной которого служит небольшое количество сортов, используемых в их родословных [2]. Вследствие однообразия генофонда теряется устойчивость пшеницы к фитопатогенам и экстремальным условиям окружающей среды, снижается генетическая стабильность и продуктивность. Нестабильность и несбалансированность используемых сортов приводит к снижению валового сбора зерна и ухудшению его качества [2]. По мнению многих авторов [2, 3], одним из самых эффективных способов решения данной проблемы может являться интрогрессивная гибридизация с родственными и дикорастущими видами.

Благодаря внесению генетического материала дикорастущих видов в геном культурных растений можно существенно расширить разнообразие селекционного материала [2, 4]. Чужеродные гены встраиваются в геном реципиента большими фрагментами и, могут привести к проявлению у гибридов не только новых, способствующих широкому использованию свойств, но и нежелательных качеств [5]. Поэтому адаптивные возможности интрогрессивных линий сельскохозяйственных растений должны быть изучены в лабораторных условиях.

Основная цель работы: анализ гранулометрического состава эндосперма зерновок интрогрессивных линий мягкой пшеницы.

Для реализации поставленной цели определены следующие задачи:

- 1) изучить гранулометрический состав эндосперма зерновок сорта-стандарта Саратовская 76, характеризующегося высокими показателями муки и теста.
- 2) изучить гранулометрический состав эндосперма зерновок изогенных линий-сибсов яровой мягкой пшеницы Л16 и Л17, полученных с участием

сорта Satu и выявить влияние наличия/отсутствия замещения 3R/3D на показатели качества зерна;

3) установить влияние 1BL-1RS транслокации на гранулометрический состав эндосперма зерновки на примере сорта Л503 и линий Л2032, Л19 и Л21;

4) определить влияние комбинации 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS транслокаций на показатели качества зерна интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2025-2026 гг. на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского. Объектами исследования являются 6 интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L.: линии-сисбсы Л16 и Л17 (Satu/C70//C74/3/C74), сорт Л503 (Саратовская 55*6/Сонора64//Л503), линия Л19 (Л503*6//ThatcherLr26), линия Л2032 (Л504/Краснокутка10//Л504), линия Л21 (Л2032*6//Curinda87) и сорт Саратовская 76 (стандарт).

Для изучения организации крахмалистого эндосперма зерновки использованы неповрежденные, выровненные по размеру зерновки 2024 года репродукции. Измерение крахмальных зерен проведено на микропрепаратах мацерата фрагмента эндосперма из средней части зерновки (предварительно зерновки помещали в раствор 0,5 М сахарозы на 14-16 часов). Исследования проведены в трех повторностях, n=100.

Для проведения сравнительного анализа гранулометрического состава эндосперма зерновок с показателями физических и хлебопекарных свойств теста мы воспользовались данными исследованиями, выполненными Сибикеевым С. Н. с соавторами [6].

Структура и объем работы. Диплом изложен на 54 страницах и содержит такие структурные элементы: Содержание, Введение, Основная часть, Заключение, Выводы и Список использованных источников. В свою очередь основная часть содержит такие главы:

1. Влияние интрогрессии чужеродного генетического материала на адаптивный потенциал и качество зерна *Triticum aestivum* L.

2. Методы и объекты исследования.

3. Сравнительная оценка гранулометрического состава эндосперма и технологических свойств зерна интрогрессивных сортов мягкой пшеницы, в которой представлены результаты изучения

Научная новизна. Впервые изучен гранулометрический состав интрогрессивных линий и сортов мягкой пшеницы: Л16, Л17, Л503, Л19, Л2032, Л21.

Научная значимость. Изучение гранулометрического состава эндосперма интрогрессивных линий расширяют теоретические представления о влиянии генетического материала на технологические свойства зерна пшеницы и позволяют научно обосновать подходы к отбору форм с высокими адаптивными и хлебопекарными характеристиками.

Положения, вносимые на защиту:

1) гранулометрический состав эндосперма сорта-стандарта, имеющего высокие технические характеристики зерна, демонстрирует классический "мелкозернистый" тип с доминированием мелкой фракции;

2) замещение хромосомы 3D пшеницы на 3R ржи приводит к значительному изменению гранулометрического состава эндосперма при общем высоком уровне его гетерогенности: сочетанию большой доли мелких зерен с заметным присутствием крупной фракции;

3) эндосперм линий, имеющих транслокацию 1BL-1RS, введенную в генотипы с транслокацией 7DS-7DL-7Ae#1L, характеризуется увеличением диаметра крахмальных зерен и смещением распределения в сторону крупной фракции (степень этого эффекта зависит от генотипа реципиента);

4) эндосперм зерновок интрогрессивных линий – носителей комбинации транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS - способствует увеличению доли крупных крахмальных зерен в эндосперме, повышению гомогенности эндосперма, что определяет их перспективность для селекции на улучшение технологических качеств зерна.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Гранулометрический состав эндосперма зерновок линий мягкой пшеницы, отличающихся по наличию/отсутствию хромосомного замещения $3R(3D)$ от сорта тритикале Satu. Анализ гистограммы встречаемости крахмальных зерен разного размера у сорта-стандарта показал, что их распределение является одномодальным: 58% от общего количества крахмальных зерен – это крахмальные зерна диаметром 4,3 мкм. Отметим, что зерна крупнее 26 мкм встречаются крайне редко (менее 1% выборки), что указывает на доминирование в популяции мелких зерен (рисунок 1).

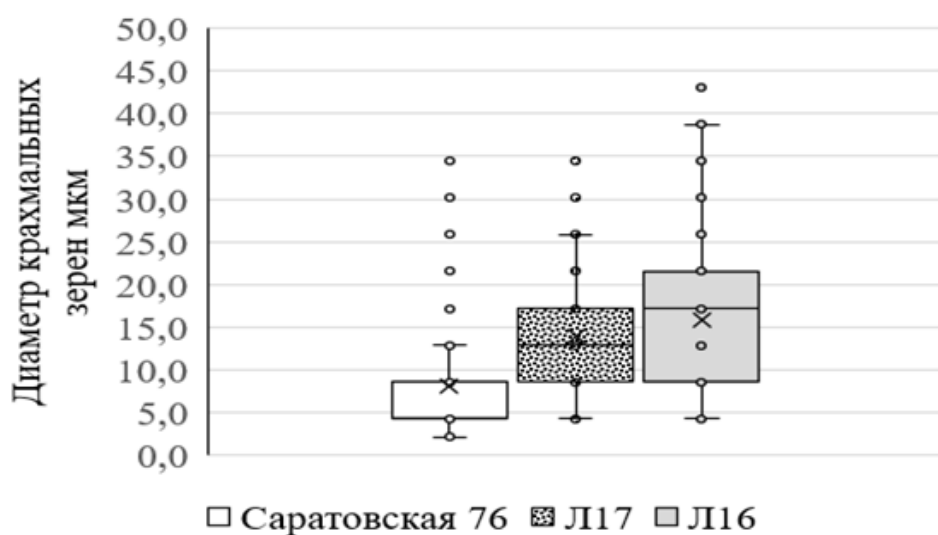


Рисунок 1 – Распределение крахмальных зерен в эндосперме зерновок линий Л16, Л17, сорта-стандарта

Частота встречаемости крахмальных зерен линии Л17 характеризуется бимодальным распределением (рисунок 1): первый максимум приходится на размер 4 мкм (22% зерен от общего количества). При этом крахмальные зерна крупнее 30 мкм встречаются крайне редко (менее 2% выборки), что указывает на доминирование в популяции мелких и средних зерен (относительно диапазона значений в эндосперме зерновки линии Л17).

В отличие от бимодального распределения крахмальных зерен по размерам в эндосперме зерновки линии Л17, у линии Л16 четкая дифференциации на отдельные фракции не выражена. Распределение крахмальных зерен линии Л16

характеризуется широковершинной одномодальной формой с плавным перекрытием высоких частот в диапазоне 4-22 мкм и максимумом для зерен размером 17 мкм (20%) (рисунок 1). Высокий коэффициент вариации (50%) свидетельствует о значительной гетерогенности популяции. Характерной особенностью линии Л16 является сочетание большой доли мелких зерен (45,7% ≤ 13 мкм) с заметным присутствием крупной фракции (16,7% ≥ 27 мкм, включая зерна до 43 мкм).

Диаметр крахмальных зерен в эндосперме зерновки линии L16 составил 15,7 мкм, линии L17 – 14,0 мкм, сорта Саратовская 76 – 8 мкм (таблица 1), различия между анализируемыми показателями изученных линий ($НСР_{0,05} = 0,25$), а также линий и сорта-стандарта статистически значимы ($НСР_{0,05} = 0,29$).

Таблица 1 – Среднее значение диаметра крахмальных зерен в эндосперме зерновок Л16, Л17 и сорта-стандарта

Объект	Диаметр крахмальных зерен, мкм			
	I	II	III	$\bar{x} \pm ДИ$
Л16	15,7	15,8	15,6	15,7 \pm 0,3
Л17	13,9	13,9	14,1	13,9 \pm 0,3
$НСР_{0,05}$				0,25
Саратовская 76	8,0	7,8	8,1	8,0 \pm 0,2
$НСР_{0,05}$				0,29

Для интрогрессивных линий характерно увеличение среднего значения диаметра крахмальных зерен в эндосперме по сравнению с сортом-стандартом,

Замещение хромосомы 3D пшеницы на 3R ржи у линии Л16 приводит к значительному изменению гранулометрического состава эндосперма по сравнению с сибсом Л17. Это выражается в увеличении среднего размера крахмального зерна (с 13,9 мкм у Л17 до 15,7 мкм у Л16).

Использованная нами классификация М. Burell [7] позволяет наглядно продемонстрировать принципиальные различия между исследуемыми образцами: гранулометрический состав эндосперма сорта-стандарта демонстрирует классический "мелкозернистый" тип с доминированием зерен ≤ 10 мкм (75, 5%),

в эндосперме линии Л17 доля мелких зерен снижена до 36,8%, а доля крупных возрастает до 8,3%, тогда как для эндосперма зерновки линии Л16 характерна минимальная по сравнению с сортом-стандартом и линией Л17 доля крахмальных зерен диаметром ≤ 10 мкм (30,8%) и максимальная – крупных зерен (16,7%). Выявленные особенности организации эндосперма во многом определяют технологические характеристики зерна линий, характеризующихся наличием/отсутствием хромосомного замещения 3R(3D) от сорта тритикале Satu [6].

Влияние 1BL-1RS транслокации на качество зерна интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы. Сорт Л503 несет транслокацию 7DS-7DL-7Ae#1L от пырея удлиненного, содержит гены *Lr19*. Линия Л19 (Л503*6//ThatcherLr26) генетически почти идентична сорту-реципиенту Л503, но несет дополнительную транслокацию 1BL-1RS от ржи с геном *Lr26*.

Сорт Л503 и линия Л19 статистически достоверно отличаются от сорта Саратовская 76 по диаметру крахмальных зерен (таблица 2): средние значения сорта Л503 и линии Л19 более чем в 2,5 раза превышают средний диаметр сорта Саратовская 76 (8,0 мкм).

Таблица 2 – Среднее значение диаметра крахмальных зерен в эндосперме зерновок Л503, Л19 и сорта-стандарта

Объект	Диаметр крахмальных зерен, мкм			
	I	II	III	$\bar{x} \pm \text{ДИ}$
Л503	20,5	20,5	20,7	20,6 \pm 0,3
Л19	21,6	21,5	21,4	21,5 \pm 0,3
НСР _{0,05}				0,21
Саратовская 76	8,0	7,8	8,1	8,0 \pm 0,2
НСР _{0,05}				0,26

Анализ гистограммы распределения крахмальных зерен (рисунок 2) показал, что распределение в образце линии Л19 полимодальное, с абсолютным доминированием средней фракции, которая составляет 52,2% всех зерен. На долю крупных зерен приходится 38,2%, а мелкие зерна составляют всего 9,5% от общего количества.

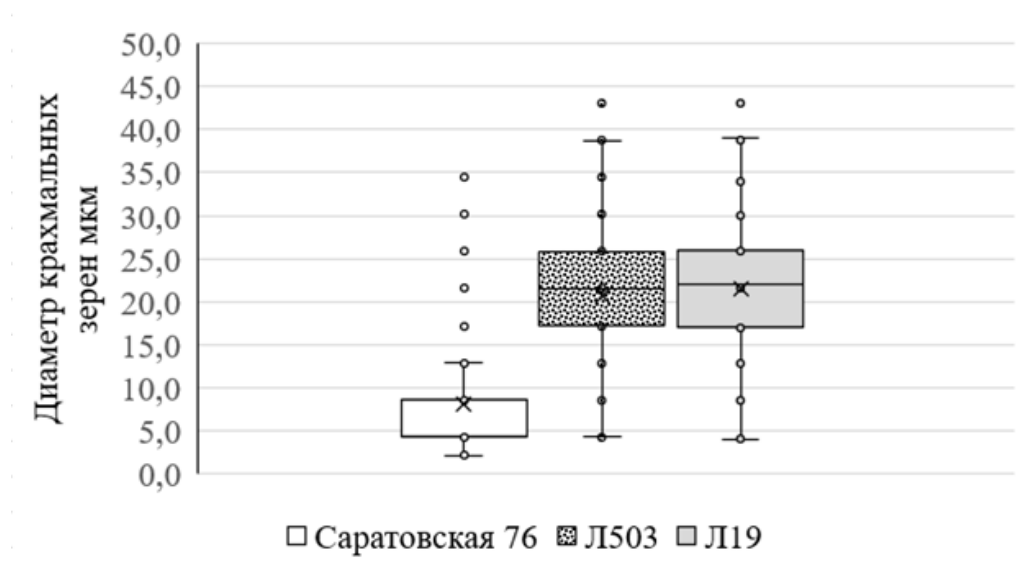


Рисунок 2 – Диаграмма распределения крахмальных зерен в эндосперме зерновок Л503, Л19 и сорта-стандарта

Распределение крахмальных зерен сорта Л503 (рисунок 2) характеризуется как полимодальное с ярко выраженной средней фракцией. Основная масса зерен (53,9%) сосредоточена в интервале 10-22 мкм. На мелкие зерна приходится меньшая часть – 12,2%, а крупная фракция составляет 33,9% от всех зерен.

Таким образом, введение в генотип сорта-реципиента Л503 дополнительной транслокации 1BL-1RS приводит к незначительному изменению характера распределения крахмальных зерен в эндосперме.

Линия Л2032 несет транслокацию 7DS-7DL-7Ae#1L от пырея удлинённого, содержит гены Lr19. Линия Л2032*6//Curinda87, обозначенная как Л21, генетически почти идентична линии-реципиенту Л2032, но несет дополнительную транслокацию 1BL-1RS от ржи с геном *Lr26*.

Л21 и Л2032 статистически достоверно отличаются от сорта Саратовская 76 по диаметру крахмальных зерен (таблица 3). Интрогрессия транслокации 1BL-1RS в генотип линии Л2032 (носителя 7DS-7DL-7Ae#1L) приводит к статистически значимому увеличению диаметра крахмальных зерен в эндосперме. Таким образом, комбинация 7DS-7DL-7Ae#1L +1BL-1RS оказывает положительный эффект на диаметр крахмальных зерен.

Таблица 3 – Среднее значение диаметра крахмальных зерен в эндосперме зерновок Л2032, Л21 и сорта-стандарта

Объект	Диаметр крахмальных зерен, мкм			
	I	II	III	$\bar{x} \pm \text{ДИ}$
Л2032	23,9	24	24,1	24,0 \pm 0,1
Л21	26,1	26,7	26,6	26,5 \pm 0,3
НСР _{0,05}				0,50
Саратовская 76	8,0	7,8	8,1	8,0 \pm 0,2
НСР _{0,05}				0,52

Анализ гистограммы распределения крахмальных зерен показал, что эндосперм зерновки линии Л2032 характеризуется полимодальным распределением с доминированием крупнозернистой фракции, которая составляет 50,7% от всех зерен. На средние зерна приходится 48,3%. Мелкозернистая фракция составляет всего 1,0% (рисунок 3).

Анализ частоты встречаемости крахмальных зерен показал, что для линии Л21 характерно также полимодальное распределение с доминированием крупнозернистой фракции – 66,2% от общего количества зерен. Средняя фракция составляет 33,8%, а мелкозернистая фракция практически отсутствует (на ее долю приходится менее 0,0003%).

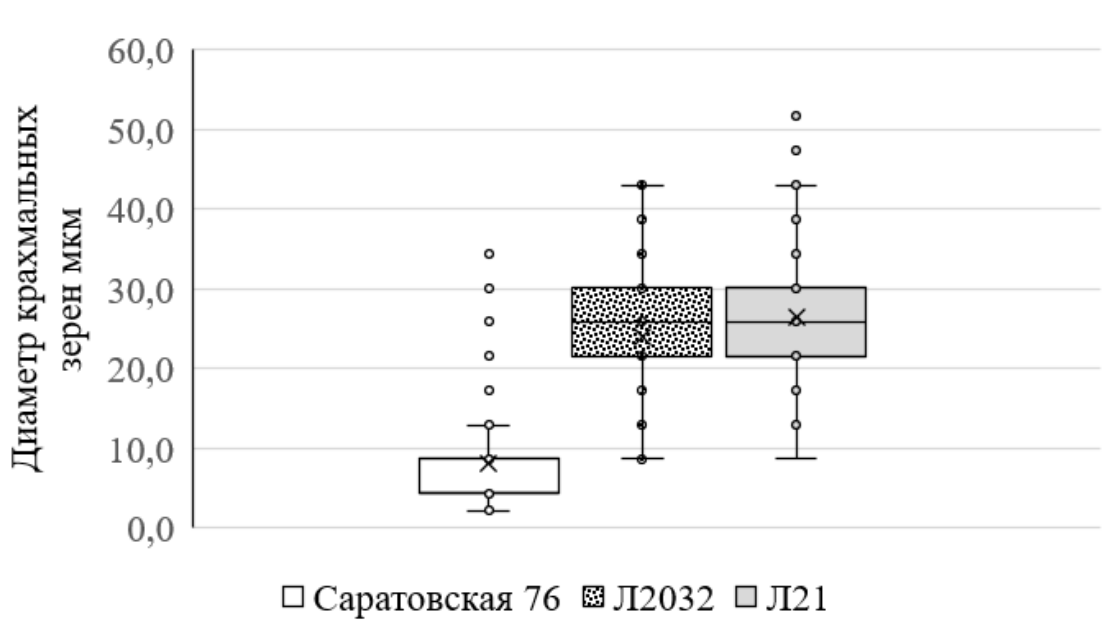


Рисунок 3 – Диаграмма распределения крахмальных зерен в эндосперме зерновок Л2032, Л21 и сорта-стандарта

Таким образом, введение в генотип исходной линии Л2032 дополнительной транслокации 1BL-1RS приводит к изменению характера распределения крахмальных зерен в эндосперме – распределение смещается в сторону крупной фракции, количество мелких зерен при этом незначительно.

Из исследований Сибикеева С. Н. с соавторами [8] известно, что комбинация 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS-транслокаций не влияет на содержание клейковины и её качество, упругость теста, отношение упругости теста к растяжимости, но снижает силу муки. По хлебопекарным свойствам было выявлено незначимое снижение объёма хлебцев и по пористости не было различий [8]. Все почти изогенные линии с 7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS-транслокациями значимо повысили объём хлебцев и были незначимо лучше по пористости.

Влияние комбинации 7DS-7DL-7AE#1L + 1BL-1RS транслокаций на качество зерна интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы. Линии Л19 и Л21 статистически достоверно превосходят сорт-стандарт Саратовская 76 по среднему диаметру крахмальных зерен эндосперма ($НСП_{0,05} = 0,4$ мкм). Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Среднее значение диаметра крахмальных зерен в эндосперме зерновок Л19, Л21 и сорта-стандарта

Объект	Диаметр крахмальных зерен, мкм			
	I	II	III	$\bar{x} \pm ДИ$
Л19	21,6	21,5	21,4	21,5±0,3
Л21	26,1	26,7	26,6	26,5±0,3
Саратовская 76	8,0	7,8	8,1	8,0±0,2
НСП _{0,05}				0,40

Наличие комбинации транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS у Л19 и Л21 привели к увеличению среднего диаметра крахмальных зерен в 2,6–3,3 раза; изменению типа распределения с одномодального на полимодальное с доминированием средних/крупных фракций. У сорта-стандарта наблюдается типичная для мягкой пшеницы бимодальная или одномодальная популяция с преобладанием мелких зерен. У линий Л19 и Л21 – полимодальное распределение

со сдвигом в сторону средних (Л19) и крупных (Л21) зерен. Выявлено снижение гетерогенности эндосперма у интрогрессивных линий, в особенности у Л21: она имеет однородный эндосперм ($CV=20\%$), что технологически ценно для муки. У Л19 гетерогенность выше, чем у Л21, но все равно намного ниже, чем у сорта-стандарта.

Таким образом, разница между линиями Л19 и Л21 заключается в перераспределении фракций крахмальных зерен: у Л19 доминируют зерна среднего размера, а у Л21 – крупные. Л19 и Л21 различаются между собой по показателям CV , соотношению фракций крахмальных зерен и степени гомогенности, но оба качественно отличаются от стандарта в сторону укрупнения и упорядочивания структуры эндосперма.

Можно сделать вывод, что линия Л21 является более технологически ценной (гомогенный крупнозернистый крахмал). Линия Л19 – промежуточный вариант между Л21 и стандартом, но ближе к Л21.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение размеров крахмальных зерен у интрогрессивных линий мягкой пшеницы важно, потому что с ними напрямую связаны ключевые показатели качества зерна и качества муки и хлеба. Также размер крахмальных зерен отражает активность процессов накопления питательных веществ в семенах. Следовательно, исследование размера крахмальных зерен у интрогрессивных линий мягкой пшеницы помогает оценивать потенциал сортовых особенностей и выбирать наиболее эффективные линии, сочетающие в себе устойчивость к возбудителям различных заболеваний и высокие показатели качества зерна.

ВЫВОДЫ

1 Проведённый анализ гранулометрического состава эндосперма сорта-стандарта Саратовская 76 выявил его существенную неоднородность. Высокий коэффициент вариации ($CV = 70\%$) указывает на значительный разброс размеров – от 2 до 34 мкм при высокой точности оценки среднего размера крахмального зерна ($8,1 \pm 0,2$ мкм). Распределение зерен одномодальное (мода составила 4 мкм) с явным доминированием мелкой фракции: 58% всей совокупности со-

ставляют зерна диаметром от 4,3 мкм до 10 мкм, тогда как крупные зерна (более 26 мкм) встречаются крайне редко (менее 1%). Гранулометрический состав эндосперма зерновки сорта Саратовская 76 определяет высокие технологические показатели муки и теста.

2 Замещение хромосомы 3D пшеницы на 3R ржи у линии Л16 приводит к значительному изменению гранулометрического состава эндосперма по сравнению с сибсом Л17 при общем высоком уровне гетерогенности (коэффициент вариации составил 50-53%). Линия Л17 характеризуется меньшим средним размером крахмальных зерен ($13,9 \pm 0,3$ мкм) при диапазоне от 4 до 34 мкм, тогда как у линии Л17 средний размер диаметра крахмальных зерен в эндосперме составил $16,0 \pm 0,3$ мкм, диапазон варьирования более широкий (от 4 до 43 мкм). По сравнению с сортом-стандартом линии 16 и 17 демонстрируют сдвиг гранулометрического состава в сторону укрупнения крахмальных зерен.

3 Характер распределения крахмальных зерен в эндосперме изучаемых линий определяется наличием или отсутствием хромосомного замещения 3R/3D. Замещение хромосомы 3D пшеницы на хромосому 3R ржи у линии Л16 оказывает влияние на характер распределения крахмальных зерен по размерам; приводит к формированию широковершинного одномодального распределения. Внесение чужеродной хромосомы 3R, вероятно, компенсирует отсутствие крупных крахмальных зерен, свойственное линии Л17, что сближает линию Л16 по данному признаку с сортом-стандартом.

4 Введение в генотип исходной линии Л2032 (носитель транслокации 7DS-7DL-7Ae#1L) дополнительной транслокации 1BL-1RS (от линии Curinda87) приводит к статистически значимому увеличению среднего диаметра крахмальных зерен эндосперма ($24,0 \pm 0,1$ мкм у Л2032, $26,5 \pm 0,3$ мкм у Л21 при $NSP_{0,05} = 0,5$ мкм), снижению гетерогенности эндосперма (коэффициент вариации снижается с 30% до 20%) и выраженному смещению распределения крахмальных зерен в сторону крупной фракции, которая составила 66% от общего количества крахмальных зерен.

5 Введение в генотип сорта-реципиента Л503 (носитель транслокации 7DS-7DL-7Ae#1L) дополнительной транслокации 1BL-1RS (от почти изогенной линия сорта Thatcher с геном Lr26), несмотря на сходные значения коэффициента вариации (40%) и близкие диапазоны варьирования размеров зерен (4,3-43,0 мкм), приводит к незначительному изменению характера распределения крахмальных зерен в эндосперме зерновки линии Л19: доля крахмальных зерен малого и среднего размера снижается на 2-2,7%, а количество крупных зерен в эндосперме увеличивается на 4%. При этом средний диаметр крахмальных зерен у линии Л19 21,5 мкм, что достоверно превышает показатель сорта Л503, составляющий 20,6 мкм ($НСР_{0,05} = 0,21$ мкм).

6 Сравнительный анализ влияния транслокации 1BL-1RS, введенной в генотип исходных линии Л2032 и сорта Л503 (носителей транслокации 7DS-7DL-7Ae#1L), на количественные характеристики эндосперма показал, что эффект транслокации 1BL-1RS на смещение распределения крахмальных зерен в сторону крупной фракции более выражен у линии Л21, чем у линии Л19, о чём свидетельствует почти полное исчезновение мелких зерен и значительное увеличение доли крахмальных зерен, относящихся к крупной фракции, – на 15,5%.

7 Наличие комбинации транслокаций 7DS-7DL-7Ae#1L + 1BL-1RS у интрогрессивных линий Л19 и Л21 привело к гомогенизации эндосперма и увеличению в эндосперме зерновок крахмальных зерен среднего и крупного размера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Куперман, Ф. М. Биологические основы культуры пшеницы. В 3 т. Ч. 3. Морфофизиологические приемы исследования видов пшеницы. Биологический контроль за посевами пшеницы / Ф. М. Куперман. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1956. – 279 с.
- 2 Крупин, П. Ю. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы / П. Ю. Крупин, М. Г. Дивашук, Г. И. Карлов // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 3. – С. 409-425.
- 3 Оценка признаков продуктивности у интрогрессивных линий *Triticum aestivum*/*T. timopheevii* в различных экологических условиях / С. И. Вакула [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 5. – С. 916-196
- 4 Genetic classification of *Aegilops columnaris* Zhuk. ($2n=4x=28$, UcUcXcXc) chromosomes based on FISH analysis and substitution patterns in common wheat \times *Ae. columnaris* introgressive lines / E. D. Badaeva [et al.] // Genome. – 2018. – Vol. 61, № 2. – P. 131-143.
- 5 Изучение хозяйственных ценных и адаптивных признаков у линий яровой мягкой пшеницы, созданных с участием синтетических форм пшеницы / А. Е. Дружин [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2019. – № 3. – С. 7-10.
- 6 Пребридинговые исследования почти изогенных линий яровой мягкой пшеницы, отличающихся по наличию/отсутствию хромосомного замещения 3R(3D) от сорта тритикале Satu / С. Н. Сибикеев [и др.] // Вавиловский журнал
- 7 Burell, M. M. Starch: the need for improved quality or quantity – an overview / M. M. Burell // Journal of Experimental Botany. – 2003. – Vol. 54. – P. 451-456.
- 8 Сибикеев, С. Н. Анализ влияния комбинации 7ds-7dl-7ae#11 + 1bl-1rs транслокаций на продуктивность и качество зерна яровой мягкой пшеницы / С. Н. Сибикеев, А. Е. Дружин, Л. В. Андреева // Успехи современного естествознания. – 2018. – №6. – С. 49-53.