

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ \times TRITITRIGIA КАК ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

О.А. ЩУКЛИНА¹, А.А. СОЛОВЬЕВ^{1,2}, С.В. ЗАВГОРОДНИЙ¹,
А.Д. АЛЕНИЧЕВА¹, В.Е. КВИТКО¹, Л.П. ИВАНОВА¹,
И.Н. КЛИМЕНКОВА¹, П.М. КОНОРЕВ¹, В.В. ПЫЛЬНЕВ³

(¹ Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН;

² Всероссийский центр карантина растений;

³ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В условиях Центрального Нечерноземья создание сортов пшеницы и тритикале, сочетающих стабильно высокую урожайность с качеством зерна, является одной из важнейших проблем селекции. Одним из решений может являться расширение генетического разнообразия новых сортов с помощью межвидовой и межродовой гибридизации. Трититригия (\times Trititrigia cziczinii Tzvel., 1973) – синтетическая зерновая культура ($2n = 56$), потенциальный донор хозяйственно-ценных признаков пшеницы. Исследования проведены в условиях дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв Московской области (2008–2014 гг.). Изучены образцы поздних поколений трититригии из современной коллекции отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН по качеству зерна в разных метеорологических условиях. Результаты показывают, что большинство образцов (82%) обладает потенциально высоким содержанием белка, в среднем превышающим 13,5%. 10% образцов накапливают более 16% белка в зерне и могут быть вовлечены в селекционные программы. Изученные образцы превышают сорта озимой пшеницы Московская 39 и Заря по количеству клейковины в зерне и формируют от 32,6 до 52,0%. Они могут быть использованы для выращивания как в качестве самостоятельных сортов в целях получения сухой клейковины, так и в качестве родительских компонентов в скрещиваниях.

Ключевые слова: трититригия, селекция, белок, клейковина, сорт, пшенично-пырейные гибриды, отдаленная гибридизация

Введение

Селекция, направленная на увеличение урожайности сортов зерновых культур, достигла значительных результатов. Особенно резкий скачок урожайности зерновых на Европейской территории бывшего СССР произошел в период с 1947 по 1976 гг, составив с 5 до 20 ц/га и более [7]. Однако до сих пор не получено значительных результатов по созданию высокобелковых сортов пшеницы [3, 15, 17]. Известно, что увеличение содержания белка в зерна на 1% равноценно получению дополнительно 0,6–0,7 т/га зерна [16]. Отрицательная корреляция между урожайностью зерна и его качеством давно является проблемой, преодолеть которую непросто [1, 22]. Не только возросшая урожайность современных сортов, плохие агроклиматические условия и неудовлетворительная агротехника являются причиной низкого качества зерна. Основная причина заключается в полигенном характере детерминации признака и его высокой модификационной изменчивости.

Трититригия (\times Trititrigia cziczinii Tzvel.) ($2n = 56$) – это принципиально новая культура, которая сочетает высокую адаптивность и возможность получить в один полевой сезон урожай зерна и последующий урожай зеленой массы, обладающие высокой белковостью [8, 9, 19]. Еще в 30-е гг. прошлого века Н.В. Цициным установлено

высокое содержание белка и клейковины в зернах тех видов пырея, которые были вовлечены в скрещивания [4, 6, 18]. Способность диких злаков к накоплению высокого количества белка успешно передавалась по наследству новым линиям трититригии ($2n = 56$) и пшенично-пырейным гибридам ($2n = 42$). Одна из первых линий трититригии (многолетней пшеницы) – М2 – характеризовалась стекловидным зерном, содержанием белка 16,8–21,5% (у стандарта Мироновская 808–11,0–12,1%), содержанием клейковины 38–52% (у стандарта – 29–31%), но обладала низкой силой муки. В исследованиях, проведенных С.П. Долговой и В.И. Беловым в 1971–1975 гг. по изучению технологических свойств зерна сортов М115 и М706, было отмечено накопление белка 14,8–17,0% (для сравнения: у сорта озимой пшеницы Мироновская 808–13,2%), клейковины 28,9–32,8% (сорт Мироновская 808–26,4%). Авторы отмечают, что клейковина трититригии была среднего и удовлетворительного качества, а технологические свойства зерна зависели от погодных условий и уровня агротехники – так же, как и у многих видов пшеницы [5]. *Thinopyrum elongatum* (Host) D.R. Dewey, который был вовлечен в первые скрещивания для получения пшенично-пырейных гибридов, является носителем устойчивости к грибным болезням [11, 12, 20]. Кроме того, установлено, что этот вид может служить источником генетического разнообразия запасных белков в зерне – в частности, низкомолекулярных субъединиц глютеина (LMW-GS) [21, 24]. Однако при прямых скрещиваниях пшеницы с диплоидным *Th. elongatum* наблюдаются проблемы, выраженные низкой всхожестью семян первого поколения, низкой фертильностью гибридов F1, а также возможностью отбора новых линий только из поздних поколений. Можно избежать этих трудностей, вовлекая в селекционные программы, направленные на повышенное качество зерна, линии трититригии, обладающие потенциально высоким содержанием белка и клейковины в зерне. Трититригию можно выращивать и как самостоятельную культуру для получения качественного зерна.

Цель исследований: анализ образцов трититригии из современной коллекции отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН, выращенных в разных метеорологических условиях, по содержанию белка и клейковины в качестве исходного материала для селекции.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в отделе отдаленной гибридизации ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН» в 2008–2014 гг. Объектами исследований являлись линии поздних поколений трититригии (\times *Trititrigia*) от многоступенчатых скрещиваний, проведенных в период с 1950 по 1993 гг. В качестве стандартов для описания образцов по качеству зерна были взяты сорта озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Московская 39 и Заря. Сорт Московская 39 (Обрий \times Янтарная 50) включен в Госреестр по Центральному региону в 1999 г., отнесен к сильным пшеницам. Сорт Заря создан с участием в качестве родительского компонента пшенично-пырейного гибрида 599, включен в Госреестр по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому и Центрально-Черноземному регионам в 1978 г., отнесен к сильным пшеницам (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2023). Метеорологические условия в годы проведения исследований были разными по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Для оценки увлажнения в течение вегетационного весенне-летнего периода трититригии использовали ГТК (гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова) – комплексный условный показатель увлажнения. Среднемноголетние показания ГТК за вегетацию озимых культур составили 1,5. Наиболее засушливым за период наблюдений был 2010 год с показателем ГТК 0,7 с мая по август. В период вегетации

трититригии наблюдалось длительное (более 50 дней) отсутствие осадков на фоне повышенной по сравнению со среднемноголетними наблюдениями температурой воздуха. В 2014 г. также наблюдались достаточно засушливые условия. ГТК за сезон составил 0,9. Наиболее увлажненным был 2008 год, когда ГТК составил 2,0.

Содержание белка и клейковины в зерне определяли в группе биохимического анализа отдела отдаленной гибридизации ГБС РАН. В связи с отсутствием стандарта на трититригию белок оценивали по Кьельдалю (ГОСТ 10846–91 «Зерно и продукты его переработки»), клейковину – в соответствии с ГОСТ 27839–88, после его замены – в соответствии с ГОСТ 27893–2013 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины». Полученные данные обрабатывали с помощью пакета программ MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Образцы трититригии в среднем за 5 лет изучения имели от 10,2% (образец № 1788) до 18,7% (образец № 1867) белка. Для оценки характера распределения образцов в коллекции по содержанию белка все образцы были разбиты на группы: от минимального количества белка до максимального показателя с шагом в 1,0%.

Результаты показали, что 47,9% образцов трититригии из всех изученных содержат 13,0–13,9% белка (рис. 1). Равное количество образцов (по 26,8%) содержат 14,0–14,9 и 15,0–15,9% белка. При этом в коллекции есть образцы с содержанием белка ниже 13,0% (20 образцов из 100 изученных) и выше 15,0% (10 образцов). Сорта озимой пшеницы Московская 39 и Заря, у которых производили измерение содержания белка в эти же годы, в среднем содержали 11,6 и 11,7% белка соответственно.

Образцы трититригии с максимальным содержанием белка 17,5–17,7 и 18,4–18,7% имеют разное происхождение. Образцы № 1866 и № 1867 были получены при опылении озимого сорта пшеницы твердой Харьковская 909 пылью *Thinopyrum elongatum* (Host) D.R. Dewey с последующим беккроссом сортом Харьковская 909 и опылением следующего поколения пылью линии трититригии ЗП26. Образцы № 1878 и № 1873 получены при опылении линии трититригии М3202 пылью *Elymus canadensis* L. Эти образцы не имеют производственного значения по причине сильной позднеспелости, однако могут быть использованы в селекции на качество.

Урожайность образцов трититригии в среднем за годы исследований варьировала от 0,7 т/га (образец № 1744) до 4,1 т/га (образец № 1546). Урожайность сортов-стандартов озимой пшеницы в среднем за годы исследований составила 4,6 т/га у сорта Московская 39 и 4,2 т/га у сорта Заря. Было отмечено, что образцы, имеющие урожайность зерна до 1 т/га, составили в коллекции 4,3%. Начало многоступенчатой гибридизации для получения этих линий было начало в 1985–1990 гг. Линии (№ 1744, № 1774 и № 1770) имеют разное происхождение с участием сорта озимой твердой пшеницы Харьковская 909, сортов озимой мягкой пшеницы Мироновская 808 и Донская полукарликовая, сорта яровой мягкой пшеницы Ботаническая 2 и линий гибридного пырея *Th. glael*, полученного Н.В. Цициным для улучшения скрещиваемости. Все эти линии, как правило, имеют короткий колос (10–13,5 см), среднюю массу 1000 зерен 28–35 г. Такая урожайность зерна, вероятно, связана с позднеспелостью этих линий и высокой способностью к побегообразованию, в результате которой боковые побеги, образующиеся в течение всего вегетационного периода, не успевают созреть к началу уборки. 47,8% образцов коллекции имели среднюю урожайность от 2,00 до 2,98 т/га, линий с урожайностью зерна выше 3 т/га в коллекции было отмечено 13%, а также один образец с урожайностью 4,1 т/га. Коэффициент корреляции между средней урожайностью каждого образца и содержанием белка (r) составил 0,06.

Образцы с самой высокой урожайностью зерна 3,63; 3,88; и 4,11 т/га содержали 14,7; 13,2; 13,9% белка соответственно. При этом все образцы, содержащие от 15,8% белка и выше, обладали урожайностью, не превышающей 2,98 т/га. Интерес представляют образцы № 161, № 12 и № 5787, которые при урожайности 3,33; 3,31; 3,63 т/га имели высокое содержание белка в зерне: 15,7; 15,5; 14,7% соответственно, а также образец № 548, зерно которого независимо от метеорологических условий года стабильно содержало 16,2–16,6% белка при средней урожайности 2,59 т/га. В увлажненном 2009 г. содержание белка составило 16,2%, а в засушливые 2010 и 2014 гг. – 16,3 и 16,5% соответственно. Способность к накоплению высокого содержания белка в зерне сорта трититригии Памяти Любимовой была подтверждена в испытаниях, проведенных в условиях Ростовской области в 2020–2022 гг. Содержание белка при этом составило 18,6–19,7% (у сорта озимой пшеницы Станичная – 13,8–14,2%) [23].

Относительно зерна трититригии в настоящее время не существует ГОСТа, поэтому сравнение проводили в соответствии с ГОСТ 9353–2016 «Пшеница», согласно которому в зерне 1 класса должно содержаться не ниже 14,5% белка. Этому показателю соответствует 43,9% образцов коллекции трититригии. Пшеница 2 класса должна содержать не ниже 13,5% белка. Этому классу по белку соответствует 19,2% образцов коллекции. Пшеница 3 класса должна содержать не ниже 12,0% белка, чему соответствуют 33,3% образцов коллекции; 3,5% образцов соответствуют зерну 4 класса.

Н.В. Цидин в своих работах неоднократно сообщал, что зерно полученных им зернокармальных гибридов (108 и А-10/2) (трититригия зернокармального направления) содержит 53–55% клейковины, тогда как в лучших сортах твердой пшеницы того времени она составляла 40–42% [14]. В зернокармальном сорте трититригии Отрас- тающая 38 содержание сырой клейковины в зерне, по данным авторов, составило 39,7%, в то время как в сорте озимой пшеницы Мироновская 808–31,3%. В отдельные годы содержание клейковины достигало 44%. Однако она относилась к III группе, то есть отличалась слабой упругостью и сильной растяжимостью [2].

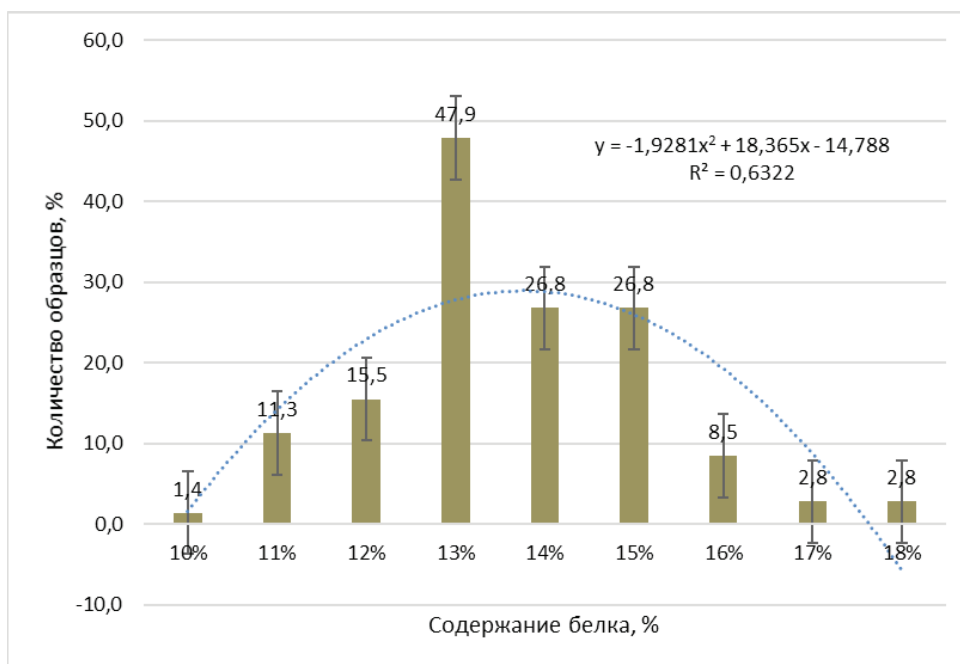


Рис. 1. Распределение образцов трититригии по содержанию белка, %

Селекционный процесс в отделе отдаленной гибридизации ГБС РАН в последние годы был направлен на получение линий трититригии с высоким качеством зерна. Три сорта трититригии, проходившие государственное сортоиспытание в конце 1990-х гг. (Зернокормовая 169, Останкинская и Истра 1), превосходили сорт-стандарт озимой пшеницы Заря по содержанию клейковины на 10% и выше. Выход муки из зерна трититригии этих сортов был меньше, чем у озимой пшеницы, и по общей хлебопекарной оценке они были равноценны сорту Заря [6].

Анализ образцов современной коллекции трититригии показал, что по количеству сырой клейковины современные образцы превосходят ранее полученные (рис. 2).

Размах варьирования по признаку «Содержание сырой клейковины» составил от 32,6% (образец № 1879) до 52,0% (образец № 5787). Коэффициент вариации составил 10%. 43,5% образцов из всех изученных содержали 40–45% сырой клейковины. Увеличенное содержание клейковины до 45–50% наблюдается у небольшого числа образцов (10,8%). Однако и образцов с содержанием клейковины от 32,6 до 34,1% в коллекции также немного – всего 5,4%. Согласно ГОСТ 9353–2016 «Пшеница» зерно 1 класса должно содержать не ниже 32% клейковины. Все образцы коллекции характеризуются содержанием клейковины выше этого показателя. Сорта озимой пшеницы Московская 39 и Заря также показали высокое содержание сырой клейковины – в среднем 32,2 и 33,7% соответственно. Однако они не превосходили исследуемые образцы по этому показателю.

По качеству клейковины все образцы трититригии, включая сорта-стандарты озимой пшеницы, относятся ко II группе, то есть, несмотря на высокое содержание клейковины, образцы трититригии нельзя отнести к зерну 1 класса – их можно отнести только ко 2 и 3 классам. Благодаря превосходной способности к накоплению клейковины их можно использовать для получения сухой клейковины.

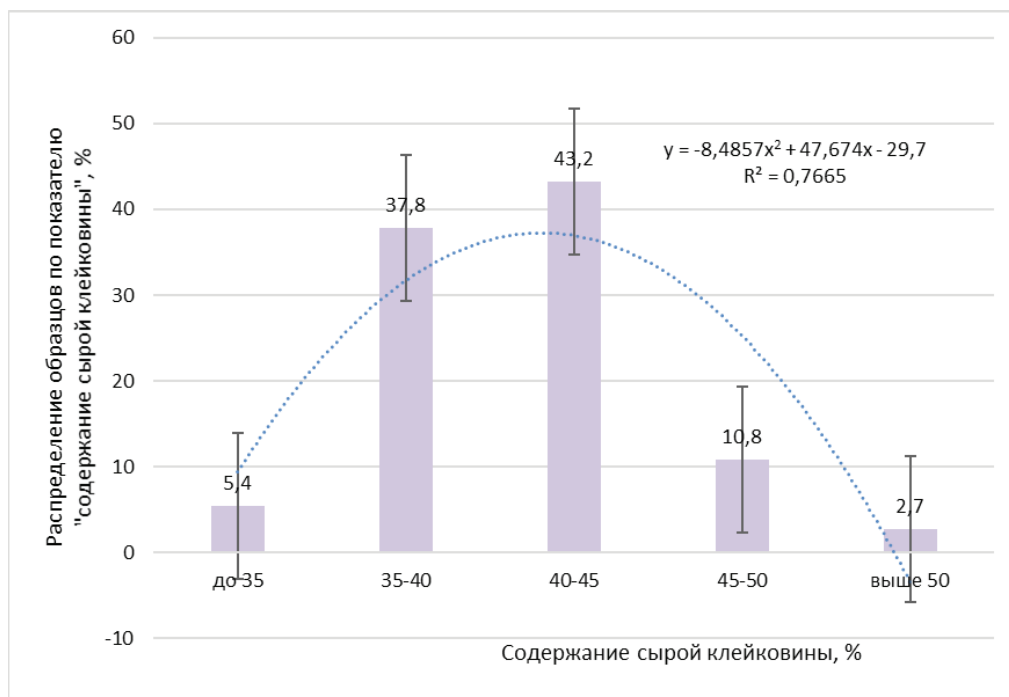


Рис. 2. Распределение образцов трититригии по содержанию сырой клейковины, %

Сухая клейковина – это полностью натуральный функциональный продукт, который получают методом экстракции небелковых и растворимых белковых веществ из зерна пшеницы. Она используется при производстве пищевых продуктов для обогащения их белком в целях оптимизации рациона питания, а также улучшения хлебопекарных свойств муки, в том числе из зерна тритикале [10, 13].

Образцы трититригии, обладающие высоким содержанием сырой клейковины, могут быть использованы для их выращивания как в качестве самостоятельных сортов в целях получения сухой клейковины, так и в качестве родительского компонента в скрещиваниях. В этом смысле наиболее интересны образцы, сформировавшие выше 45% сырой клейковины в зерне: № 1690 (45,7%), № 3305 (46,0%), № 77 (47,0%), № 168 (47,8%), а также образец № 5787, имеющий 52,0% клейковины.

Выводы

Анализ линий современной коллекции трититригии показал, что изученные образцы обладают высоким содержанием белка и сырой клейковины в зерне и могут быть вовлечены в селекционные программы на повышение качества зерна пшеницы и тритикале. Наиболее перспективными линиями являются № 161 (15,7%), № 12 (15,5%), № 5787 (14,7%), отличающиеся высокой урожайностью и повышенным содержанием белка. Стабильно высокое содержание белка в разных метеорологических условиях наблюдалось у образца № 548 (16,4%). Среднее содержание белка выше 16% было отмечено у образцов № 1791 (16,0%), № 166 (16,1%), № 1754 (16,3%), № 1780 (16,3%), № 1866 (17,5%), № 1878 (17,7%), № 1873 (18,4%) и № 1867 (18,7%).

Изученные образцы трититригии способны накапливать от 32,6 до 52,0% клейковины. Особенно выделяется по этому признаку образец № 5787, имеющий 52% клейковины и 14,7% белка, при этом формирующий высокую урожайность зерна – 3,63 т/га. Образец № 548 с самым высоким содержанием белка (16,4%) имеет среднюю урожайность зерна 2,59 т/га.

Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН «Гибридизация у растений в природе и культуре: фундаментальные и прикладные аспекты» № Госрегистрации 122042500074–5.

Библиографический список

1. Амелин А.В., Чекалин Е.И. и др. Биохимические показатели качества зерна у современных сортов яровой пшеницы // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 2 (77). – С. 3–11.
2. Гибриды отдаленных скрещиваний и полиплоиды; Ред. коллегия: Н.В. Цицин, В.Ф. Любимова, М.А. Махалин / Главный ботанический сад. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – 204 с.
3. Гольдварг Б.А., Боктаев М.В., Боровик А.Н. Использование шарозерной пшеницы (*T. Sphaerococcum*) в селекции озимой мягкой на повышение качества // Зерновое хозяйство России. – 2022. – № 1(79). – С. 35–38.
4. Гончаров Н.П. От пырейно-пшеничных и горохо-акациевых гибридов до многолетней пшеницы: к юбилею академика Н.В. Цицина // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2023. – № 9 (3). – С. 132–161.
5. Долгова С.П., Кахриманова Н.Н., Кузнецова Н.Л. и др. Пшенично-пырейные гибриды – источник высокобелковости и хороших хлебопекарных свойств в селекции пшеницы на качество // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т. 21. – С. 341–346.

6. Долгова С.П., Кузнецова Н.Л., Калмыкова Л.П. Технологические свойства зерна промежуточных пшенично-пырейных гибридов // Проблемы интродукции растений и отдаленной гибридизации: Сборник трудов Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н.В. Цицина. – М., 1998. – С. 309–310.
7. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). – М.: Агрорус, 2004. – 1109 с.
8. Завгородний С.В., Иванова Л.П., Аленичева А.Д. и др. Морфобиологические и хозяйственно-ценные особенности образцов из современной коллекции трититригии (*×Trititrigia cziczinii* Tzvel.) ГБС РАН // Овощи России. – 2022. – № 2. – С. 10–14.
9. Иванова Л.П., Щуклина О.А., Ворончихина И.Н., Ворончихин В.В., Завгородний С.В., Энзекрей Е.С., Комкова А.Д., Упелниек В.П. Перспективы использования новой сельскохозяйственной культуры трититригии (*×Trititrigia cziczinii* Tsvelev) в кормопроизводстве // Кормопроизводство. – 2020. – № 10. – С. 13–16.
10. Колпакова В.В., Зайцева Л.В., Ванин С.В. и др. Сухая пшеничная клейковина: функциональные свойства, перспективы применения // Пищевая промышленность. – 2010. – № 4. – С. 56–59.
11. Коростылева Т.В., Шиян А.Н., Одинцова Т.И. Генетический ресурс пырея *Thinopyrum elongatum* (Host) D.R. Dewey в селекционном улучшении пшеницы // Генетика. – 2023. – Т. 56 (10). – С. 1112–1119.
12. Мартынов С.П., Добротворская Т.В., Крупнов В.А. Генеалогический анализ использования двух видов пырея (*AGROPYRON*) в селекции мягкой пшеницы (*TRITICUM AESTIVUM* L.) на устойчивость к болезням // Генетика. – 2016. – Т. 52, № 2. – С. 179–188.
13. Погонец Е.В. Влияние сухой пшеничной клейковины на качество пшенично-тритикалевого хлеба // Техника и технологии пищевых производств. – 2014. – № 2. – С. 61–64.
14. Цицин Н.В. Проблемы отдаленной гибридизации / Под ред. акад. Н.В. Цицина. – М.: Наука, 1979. – 270 с.
15. Рубец В.С., Ворончихина И.Н., Пыльнев В.В., Ворончихин В.В. Влияние метеорологических условий на качество зерна яровой пшеницы (*Triticum* L.) // Известия ТСХА. – 2021. – № 5. – С. 89–108.
16. Сандухадзе Б.И. Селекция озимой пшеницы – важнейших фактор повышения урожайности и качества // Достижения науки и техники в АПК. – 2010. – № 11. – С. 4–6.
17. Сандухадзе Б.И., Кочетыгов Г.В., Рыбакова М.И. и др. Сортимент озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России с повышенным потенциалом продуктивности и качества // Вестник Орел ГАУ. – 2012. – С. 16–20.
18. Цицин Н.В. Многолетняя пшеница. – М.: Наука, 1978. – 287 с.
19. Щуклина О.А., Завгородний С.В., Аленичева А.Д., Иванова Л.П., Квитко В.Е., Пыльнев В.В., Упелниек В.П. Связь элементов структуры колоса с продуктивностью растений образцов *×Trititrigia cziczinii* Tzvel. // Известия ТСХА. – 2022. – № 5. – С. 57–69.
20. Ceoloni C., Forte P., Kuzmanovic L., Tundo S., Moschetti I., De Vita P., Virili M., D'Ovidio R. Cytogenetic mapping of a major locus for resistance to Fusarium headblight and crown rot of wheat on *Thinopyrum elongatum* 7EL and its pyramiding with valuable genes from a Th. ponticum homoeologous arm onto bread wheat 7DL // Theor. Appl. Genet. – 2017. – V. 130. – Pp. 2005–2024.
21. Ge W., Gao Y., Xu S., Wang H., Kong L., Sun S. Genome-wide identification, characteristics and expression of the prolamin genes in *Thinopyrum elongatum* // BMC Genomics. – 2021. – V. 22 (1). – P. 864.
22. Haunold A., Jonson V.A., Schmidt V.W. Variation in protein content of the grain in four varieties *Triticum aestivum* // Agronomy Journal. – 1962. – V. 54, № 2. – P. 134.

23. Lachuga Yu., Meskhi B., Pakhomov V., Semenikhina Yu., Kambulov S., Rudoy D., Maltseva T. Experience in the Cultivation of a New Perennial Cereal Crop – Trititrigia in the Conditions of South of the Rostov Region // *Anriculture*. – 2023. – № 13 (3). – P. 605.

24. Luo Z., Chen F., Feng D., Xia G. LMW-GS genes in *Agropyron elongatum* and their potential value in wheat breeding // *Theoretical and applied genetics*. – 2005. – V. 111 (2). – Pp. 272–280.

EVALUATION OF INFLUENCE OF SAMPLES OF THE ×TRITITRIGIA COLLECTION AS SOURCE MATERIAL FOR GRAIN QUALITY IN THE BREEDING PROCESS OF GRAIN CROPS

O.A. SHCHUKLINA¹, A.A. SOLOVIEV^{1,2}, S.V. ZAVGORODNIY¹, A.D. ALENICHEVA¹,
V.E. KVITKO¹, L.P. IVANOVA¹, I.N. KLIMENKOVA¹, P.M. KONOREV¹, V.V. PYLNEV³

¹N.V. Tsitsin's Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences;

²All-Russian Plant Quarantine Center;

³Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

In the conditions of the Central Non-Chernozem region, the development of wheat and triticale varieties combining stable high yields and grain quality is one of the most important breeding problems. One of the solutions may be to increase the genetic diversity of new varieties through interspecific and intergeneric hybridization. Trititrigia (×Trititrigia cziczinii Tzvel., 1973) is a synthetic grain crop (2n=56), a potential donor of economically valuable traits of wheat. The studies were carried out in the conditions of sod-podzolic heavy loamy soils of the Moscow region (2008–2014). Samples of late generations of trititrigia from the modern collection of the Department of Remote Hybridization of the MBG RAS on grain quality were studied. The results show that most of the samples (82%) have a potentially high protein content exceeding 13.5%. 10% of the samples accumulate more than 16% protein in grain and can be included in breeding programs. The studied samples exceed the varieties Moskovskaya 39 and Zarya in the amount of gluten in grain and form from 32.6 to 52.0% and can be used both for cultivation as independent varieties for dry gluten production and as parent components in crosses.

Keywords: Trititrigia, breeding, protein, gluten, variety, wheat-wheatgrass hybrids, distant hybridization.

The work was carried out within the framework of the GBS RAS “Hybridization in plants in nature and culture: fundamental and applied aspects”, State Registration no. 122042500074–5.

References

1. Amelin A.V., Chekalin E.I. et al. Biochemical indicators of quality of grain in modern varieties of spring wheat. *Bulletin of Agrarian Science*. 2019;2(77):3–11. (In Russ.)
2. Hybrids of distant crosses and polyploids. Ed.call.: N.V. Tsitsin, V.F. Lyubimova, M.A. Makhalin. M.: Izd-vo Akad.nauk SSSR Glavnny bot.sad, 1963:204. (In Russ.)
3. Goldvarg B.A., Boktaev M.V., Borovik A.N. Triticale haploidy in vitro (literature review). *Grain Economy of Russia*. 2022;1(79):35–38. (In Russ.)

4. Goncharov N.P. From wheatgrass-wheat and pea-acacia hybrids to perennial wheat: to the anniversary of Academician Nikolai V. Tsitsin. *Letters to the Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023;9(3):132–161. (In Russ.)
5. Dolgova S.P., Kakhriyanova N.N., Kuznetsova N.L. et al. Wheat-wheatgrass hybrids as a source of high protein content and good baking properties in wheat breeding for quality. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2009;21:341–346. (In Russ.)
6. Dolgova S.P., Kuznetsova N.L., Kalmykova L.P. Technological properties of grain of intermediate wheat-wheatgrass hybrids. Problems of plant introduction and distant hybridization: proceedings of the International Conference Dedicated to the 100th Anniversary of Academician N.V. Tsitsin. Moscow, 1998:309–310. (In Russ.)
7. Zhuchenko A.A. Resource potential of grain production in Russia. M.: Izd-vo “Agrorus”, 2004:1109. (In Russ.)
8. Zavgorodny S.V., Ivanova L.P., Alenicheva A.D., Shchuklina O.A., Kvitko V.E., Klimenkova I.N., Soloviev A.A., Upelniak V.P. Morphobiological and economically valuable features of samples from the modern collection of trititrigia (*xTrititrigia cziczinii* Tzvel.) MBG RAS. *Vegetable Crops of Russia*. 2022;(2):10–14. (In Russ.)
9. Ivanova L.P., Shchuklina O.A., Voronchikhina I.N., Voronchikhin V.V., Zavgorodny S.V., Enzekrey E.S., Komkova A.D., Upelniak V.P. Trititrigia (*xTrititrigia cziczinii* Tsvelev) – a new crop in feed production. *Kormoproizvodstvo*. 2020;10:13–16. (In Russ.)
10. Kolpakova V.V., Kolpakova V.V., Zaitseva L.V., Vanin S.V. et al. Dry wheaten gluten: functional properties, application prospects. *Food Industry*. 2010;4:56–59. (In Russ.)
11. Korostyleva T.V., Shiyan A.N., Odintsova T.I. The genetic resource of *Thinopyrum elongatum* (Host) D.R. Dewey in breeding improvement of wheat. *Genetika*. 2023;56(10):1112–1119. (In Russ.)
12. Martynov S.P., Dobrotvorskaya T.V., Krupnov V.A. Genealogical analysis of the use of two wheatgrass (*AGROPYRON*) species in common wheat (*TRITICUM AESTIVUM* L.) Breeding for disease resistance. *Genetika*. 2016;52(2):179–188. (In Russ.)
13. Pogonets E.V. The influence of dry wheaten gluten on quality of triticale-white bread. *Tekhnika i tekhnologii pishchevykh proizvodstv*. 2014;2:61–64. (In Russ.)
14. Problems of distant hybridization. Ed. by Academician N.V. Tsitsin. M.: Izd-vo “Nauka”, 1979:270. (In Russ.)
15. Rubets V.S., Voronchikhina I.N., Pyl’nev V.V., Voronchikhin V.V., Marenkova A.G. Effect of weather conditions on the quality of spring wheat grain (*Tricum* L.). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2021;(5):89–108. (In Russ.)
16. Sandukhadze B.I. Winter wheat breeding is the most important factor for increase in productivity and quality. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2010;11:4–6. (In Russ.)
17. Sandukhadze B.I., Kochetygov G.V., Rybakova M.I. et al. Sorting of winter soft wheat for the Central Region of Russia with increased productivity and quality potential. *Vestnik Orel GAU*. 2012:16–20. (In Russ.)
18. Tsitsin N.V. Perennial wheat. M.: Nauka, 1978:287. (In Russ.)
19. Shchuklina O.A., Zavgorodny S.V., Alenicheva A.D., Ivanova L.P., Kvitko V.E., Pyl’nev V.V., Upelniak V.P. Relationship of elements of the ear structure to plant productivity of samples *xTrititrigia cziczinii* Tzvel. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2022;(5):57–69. (In Russ.)
20. Ceoloni C., Forte P., Kuzmanovic L., Tundo S., Moscetti I., Vita P.De., Virili M., D’Ovidio R. Cytogenetic mapping of a major locus for resistance to Fusarium headblight and crown rot of wheat on *Thinopyrum elongatum* 7EL and its pyramiding with valuable genes from a Th. ponticum homoeologous arm onto bread wheat 7DL. *Theor. Appl. Genet.* 2017;130:2005–2024.

21. Ge W., Gao Y., Xu S., Wang H., Kong L., Sun S. Genome-wide identification, characteristics and expression of the prolamin genes in *Thinopyrum elongatum*. *BMC Genomics*. 2021;22(1):864.

22. Haunold A., Jonson V.A., Schmidt V.W. Variation in protein content of the grain in four varieties *Triticum aestivum*. *Agronomy Journal*. 1962;54(2):134.

23. Lachuga Yu., Meskhi B., Pakhomov V., Semenikhina Yu., Kambulov S., Rudoy D., Maltseva T. Experience in the Cultivation of a New Perennial Cereal Crop – *Trititrigia* in the Conditions of South of the Rostov Region. *Anriculture*. 2023;13(3):605.

24. Luo Z., Chen F., Feng D., Xia G. LMW-GS genes in *Agropyron elongatum* and their potential value in wheat breeding. *Theoretical and Applied Genetics*. 2005;111(2):272–280.

Сведения об авторах

Щуклина Ольга Александровна, старший научный сотрудник, канд. с.-х. наук, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; oashuklina@gmail.com; тел.: (926) 703–84–93

Завгородний Сергей Владимирович, научный сотрудник, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; zgbsran@yandex.ru; тел.: (499) 390–94–82

Соловьев Александр Александрович, ведущий научный сотрудник, д-р биол. наук, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; asoloviev70@gmail.com; тел.: (926) 164–16–30

Аленичева Анастасия Дмитриевна, младший научный сотрудник, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; alenicheva_a@mail.ru; тел.: (968) 899–48–66

Квитко Валерия Евгеньевна, младший научный сотрудник, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; lera.kvitko@mail.ru; тел.: (922) 817–68–59

Иванова Любовь Петровна, научный сотрудник, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; gbsran@yandex.ru; тел.: (968) 733–83–56

Клименкова Ирина Николаевна, научный сотрудник, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; irinaklimleon@inbox.ru; тел.: (977) 924–66–03

Конорев Павел Матвеевич, старший научный сотрудник, канд. с.-х. наук, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук»; 127276, Российская Федерация, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; rkonorev@yandex.ru; тел.: (962) 946–01–10

Пыльнев Владимир Валентинович, профессор, д-р биол. наук, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; Py18@yandex.ru; тел.: (915) 093–07–85

Olga A. Shchuklina, CSc (Ag), Senior Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (926) 703-84-93; e-mail: oashuklina@gmail.com)

Sergey V. Zavgorodniy, Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (499) 390-94-82; e-mail: zgbsran@yandex.ru)

Alexander A. Soloviev, DSc (Bio), Leading Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (926) 164-16-30; e-mail: asoloviev70@gmail.com)

Anastasia D. Alenicheva, Junior Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (968) 899-48-66; e-mail: alenicheva_a@mail.ru)

Valeriya E. Kvitko, Junior Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (922) 817-68-59; e-mail: lera.kvitko@mail.ru)

Lubov P. Ivanova, Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (968) 733-83-56; e-mail: gbsran@yandex.ru)

Irina N. Klimenkova, Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (977) 924-66-03; e-mail: irinaklimleon@inbox.ru)

Pavel M. Konorev, CSc (Ag), Senior Research Associate, N.V. Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (4, Botanicheskaya Str., Moscow, 127276, Russian Federation; phone: (962) 946-01-10; e-mail: pkonorev@yandex.ru)

Vladimir V. Pylnev, DSc (Bio), Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (915) 093-07-85; e-mail: Pyl8@yandex.ru)