

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННО-СЕМЕНОВОДЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Л.В. Лебедько, старший преподаватель

В.Е. Ториков, Н.С. Шпилев, доктора сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Успех селекции сортов и гибридов сельскохозяйственных культур во многом определяется используемыми методами. В статье рассмотрены инновационные направления селекции сельскохозяйственных растений. Дана их характеристика по преимуществам и недостаткам. Проведена апробация применения маркер-ориентированной селекции и показана её эффективность на селекционный процесс озимой тритикале и яровой пшеницы.

Ключевые слова: электрофорез, проламины, сорт, схема оригинального семеноводства, маркер-ориентированная селекция, отдаленная гибридизация, тритикале.

Для цитирования: Лебедько Л.В., Ториков В.Е., Шпилев Н.С. Совершенствование селекционно-семеноводческого процесса полевых культур. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 1(41):45-50. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-45-50

IMPROVEMENT OF THE BREEDING AND SEED-GROWING PROCESS OF FIELD CROPS

L.V. Lebedko, V.E. Torikov, N.S. Shpilev

BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract: *The success of breeding varieties and hybrids of agricultural crops is largely determined by the methods used. The article considers innovative directions of agricultural plant breeding. Their characteristics on advantages and disadvantages are given. The application of marker-oriented breeding has been tested and its effectiveness on the breeding process of winter triticale and spring wheat has been shown.*

Keywords: electrophoresis, prolamins, variety, scheme of original seed production, marker-oriented breeding, remote hybridization, triticale.

Введение. Наука о создании новых сортов и гибридов (селекция) отличается не только высокой экономической эффективностью при реализации ее результатов, но и значительной консервативностью, что связано с биологическими законами, по которым растут и развиваются живые организмы.

В настоящее время селекция сельскохозяйственных растений позволяет получать новые сорта и гибриды с использованием новейших достижений биологической науки. По мнению некоторых ученых в Российской Федерации благодаря селекции сельскохозяйственных растений урожайность за последнее десятилетие увеличилась на 30-70% [1].

Одним из объективно существующих факторов, которые сдерживают эффективность создания сортов самоопыляющихся зерновых культур является тот факт, что отбор ценных генотипов начинался со второго гибридного поколения по фенотипу. Фенотип растений в значительной степени подвержен фенотипической и модификационной изменчивости, что

обязывает селекционеров проводить неоднократно отбор. Вторым фактором является необходимость продолжительного изучения исходного материала для обоснованного подбора родительских форм для гибридизации. Этот процесс в среднем занимает три года с использованием провокационных и инфекционных фонов.

Использование геномной селекции и маркер-ориентированной селекции практически снимают перечисленные ограничения, делают селекционный процесс более управляемым и прогнозируемым, что в значительной степени сокращает сроки создания сортов и повышает эффективность селекции. На примере полученных нами результатов доказана возможность создания сортов зерновых культур за шесть лет. Использование таких методов позволило создать сорт Атлант 2 озимой гексаплоидной тритикале. Доказана возможность использования маркер-ориентированной селекции в первичном семеноводстве зерновых культур, что позволяет полностью сохранить генотип при его воспроизводстве (патент № 2558255 «Способ воспроизводства сортов зерновых культур»).

Обоснованно предложена возможность использования геномной селекции и маркер-ориентированной селекции для изучения исходного материала путем полногеномного секвенирования и составления электрофоретических спектров, а также использование перечисленных методов взамен полевой апробации семеноводческих посевов зерновых культур.

Использование авторского сорта в производственных условиях Брянской области позволит получать более 14 млн. руб. дополнительной прибыли ежегодно.

Цель исследования – обоснование целесообразности изменения консервативной схемы селекционного процесса создания сортов основных зерновых культур на основе применения маркер-ориентированной селекции.

Условия и методы исследования

Создание гетерогенной популяции мы проводили путем внутривидовой гибридизации используя сорта, получившие наибольшее распространение и по структуре урожая максимально дополняющие друг друга. Методику и технику гибридизации использовали общепринятую для самоопыляющихся культур. Степень величины ксеногамии определяли авторским способом [2, 3]. Электрофорез проводили глиадины индивидуальных зерновок с гибридных растений первого поколения, используя третью часть зерновки без зародыша. Остальную часть использовали для посева. Критерием отбора являлась степень и величина проявления фракций и компонентов электрофоретического спектра. Электрофорез проводили по методике Института общей генетики имени Н.И. Вавилова [4].

Результаты и их обсуждение

Учеными Брянского ГАУ успешно ведется селекционно-семеноводческая работа по таким культурам, как озимая тритикале, яровая пшеница, картофель, женьшень и др. некоторые инновации в селекционно-семеноводческий процесс нашли отражения в научной литературе [5]. Большую перспективу имеют разработки методов селекции картофеля с использованием отдаленной гибридизации, которые обеспечат не только создание иммунных сортов к основным болезням и вредителям, но и закрепление гетерозиса. Совершенствование и внедрение в сельскохозяйственное производство аэропонного способа выращивания посадочного материала картофеля обеспечат его высокое качество и эффективность [6].

Геномная селекция – метод современной селекции растений и животных, позволяющий при использовании равномерно распределенных по геному ДНК-маркеров проводить отбор по генотипу в отсутствии данных о генах, влияющих на признак. Такой подход стал возможным благодаря внедрению методов высокопроизводительного генотипирования сельскохозяйственных объектов и обнаружения большого количества однонуклеотидных полиморфизмов [7].

По мнению Леоновой И.Н.: «За последние десятилетия накоплен большой теоретический и практический опыт использования ДНК-маркеров для изучения генетического разнообразия, построения молекулярно-генетических карт, картирования генов и локусов количественных признаков и применения технологий молекулярного

маркирования для создания коммерческих сортов и селекционных линий зерновых культур. На сегодняшний день молекулярные маркеры используются в основном для генотипирования растительного материала, интрогрессии и пирамидирования геномных районов, содержащих локусы хозяйственно важных признаков, контролируемых главными генами. Вклад новых технологий в селекцию признаков с мультигенным наследованием пока остается небольшим. Несмотря на значительный прогресс методов молекулярной генетики и геномики растений и интерес к этим методам со стороны специалистов-практиков, имеется большое число лимитирующих факторов, влияющих на внедрение новых технологий в практическую селекцию» [8].

Анализируя научные литературные данные, характеризующие результативность генной селекции можно выделить как положительные, так и отрицательные стороны.

Основные преимущества генной селекции: высокая скорость селекции; высокая точность исследований; новые характеристики учета и оценки хозяйственно ценных признаков; улучшение генофонда сельскохозяйственных растений и животных.

Слабые стороны генной селекции. Главная трудность для проведения генной селекции заключается в том, что требуется генотипирование и фенотипирование стандартной популяции. Причем, чем больше численность популяции, тем выше точность генной селекции. Для генотипирования стандартной популяции проводятся дорогостоящее геномное секвенирование с последующим поиском однонуклеотидных полиморфизмов. Однако с каждым годом стоимость геномного секвенирования становится ниже, что обуславливает рост использования геномной селекции в сельскохозяйственном производстве.

Разработанный нами способ воспроизводства сортов зерновых культур (патент № 2558255) основан на методической основе маркер-ориентированной селекции. При его широком техническом внедрении возможность маркер-ориентированной селекции и ее использование значительно расширится за счет применения при определении сортовой чистоты семян зерновых культур [9].

Расширение диапазона использования методической основы маркер-ориентированной селекции позволит сделать это направление экономически значимым и по эффективности привлекательным. Идентификация компонентов электрофоретического спектра проланина индивидуальных зерновок растений гибридов первого поколения доказала их генетическую разнокачественность. Несмотря на то, что это мнение существовало априори (из предшествующих значений), впервые в цифровом формате установлено их генетическое различие. При установлении корреляционной связи отдельных компонентов и степенью их выражения с ценными свойствами этот вывод позволит сделать селекционный процесс более управляемым и предсказуемым путем начала отбора ценных генотипов индивидуальных зерновок с гибридов первого поколения (F_1) [10, 11].

Дальнейшее размножение и изучение показало, что данный генотип сохранял свои преимущества в сравнении с родительскими формами и в конкурсном испытании 2020-2021 гг. (табл. 1). Данная линия получила название Атлант 2.

Таблица 1

Сравнительная характеристика тритикале

Сорт	2020 г.			2021 г.			среднее		
	Урожайность, ц/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, ц/га	Урожайность, ц/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, ц/га	Урожайность, ц/га	Содержание протеина, %	Сбор протеина, ц/га
Рондо	57,3	15,4	8,82	58,9	15,2	8,95	58,1	15,3	8,88
Союз	61,2	15,1	9,24	59,2	14,9	8,82	60,2	15,0	9,03
Атлант 2	73,3	15,0	10,99	65,3	14,8	9,66	69,3	14,9	10,32

В среднем за два года урожайность сорта Атлант 2 составила 69,3 ц/га, что достоверно превышает исходные формы, материнскую – сорт Рондо на 11,2 ц/га, и отцовскую - сорт Союз на 9,1 ц/га.

Используя маркер-ориентированную селекцию еще более высокие результаты мы получили при селекции яровой мягкой пшеницы. Априори яровая пшеница значительно уступает по урожайности озимой, чем и определяется ее меньшая распространенность в сельскохозяйственном производстве, несмотря на то, технологические свойства яровой пшеницы, как правило, выше. Отобранные геномы (рис. 1) имели колос, значительно превосходящий соответствующие показатели у озимой пшеницы.

Так, по нашим данным, колос озимой пшеницы имеет не более 21 колоска, число зерен 72, озерненность – 3,4, а отобранные колосья имели 24 колоска, 93 зерновки и 3,9 озерненность.



Рис. 1. Колос яровой пшеницы, ц/га

Таблица 2

Характеристика колосьев озимой и яровой пшеницы

Образ жизни	Число колосков, шт.	Число зерен, шт.	Озерненность, (число зерен в колоске)	Масса 1000 зерен, г.	Масса зерна с колоса, г.
Озимая пшеница	21	72	3,4	44,3	1,62
Яровая пшеница	24	93	3,9	41,9	2,21

Расчетные данные (табл. 2) показывают, что урожайность полученной линии яровой пшеницы может быть более 80 ц/га и при этом превышать урожайность сортов озимой пшеницы.

Брянская область занимает третье место по посевным площадям тритикале в Российской Федерации, которые составляют 9400 га. При проведении сортоиспытания на сорт Атлант 2 наши расчеты экономической эффективности показывают, что прибыль сельскохозяйственных товаропроизводителей будет ежегодно увеличиваться на 14399440 рублей.

Такие расчеты были получены при определении средней урожайности по сорту Атлант 2 за два года – 69,3 ц/га. Производственные затраты на возделывание сорта тритикале Атлант 2 составили 31694 руб. на один гектар. Затраты на производство сорта Рондо составили 31191 руб. на один гектар, сорта Союз 31283 руб./га. Средние затраты на производство родительских форм составили 31442,5 руб./ га. Превышение затрат на возделывание сорта Атлант 2 на 251,5 руб. связано с уборкой и транспортировкой дополнительного урожая.

Средняя цена реализации зерна тритикале на рынке за 2020-2021 гг. составляет 15,5 руб. за один кг зерна, соответственно на результативность внедрения сорта (формирование выручки, прибыли от продаж и уровень рентабельности) оказывали влияние урожайность и производственные затраты.

Урожайность сорта тритикале Атлант 2 превышает среднюю урожайность родительских форм на 17,16%.

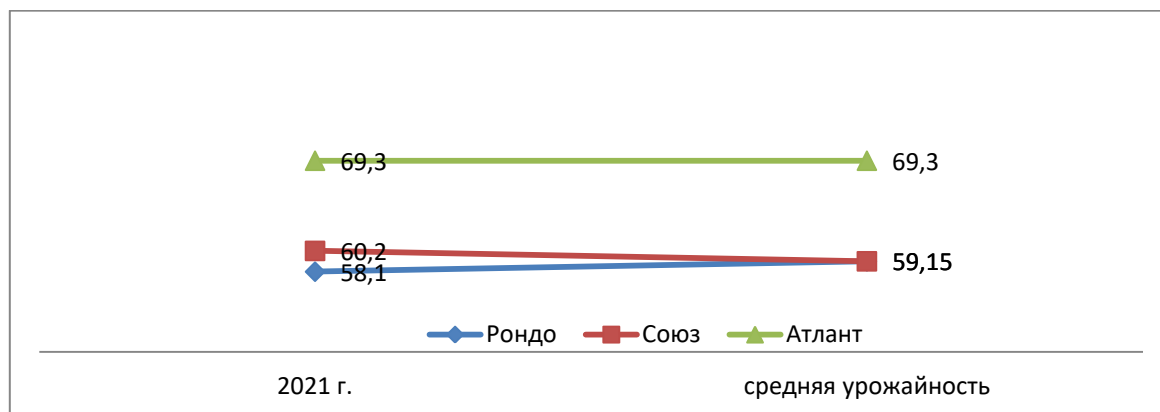


Рис. 2. Урожайность сортов тритикале, ц/га

Проведенные расчеты экономической эффективности возделывания сорта тритикале Атлант 2 (табл. 3) позволили сделать вывод, что максимальную прибыль с одного гектара производитель получит при возделывании сорта тритикале Атлант 2.

Таблица 3

Оценка экономической эффективности возделывания тритикале

Сорт	Производственные затраты, руб./га	Выручка от реализации, руб./га	Прибыль от продаж, руб./га	Производственная рентабельность, %
Рондо	31191	90055	58864	188,72
Союз	31283	93310	62027	198,28
Атлант 2	31694	107415	75721	238,91

Рентабельность производства сорта Атлант 2 превышает рентабельность производства сортов родительских форм Союз и Рондо. Таким образом, возделывание новых сортов тритикале представляется очень выгодным направлением сельскохозяйственного бизнеса.

Заключение

Геномная селекция и маркер-ориентированная селекция являются высокоэффективным и результативным направлением в селекции зерновых культур. Обеспечение селекционеров каталогом электрофоретических спектров сделает данное направление доступным для широкого использования.

Результаты проведенных исследований показывают возможность сокращения сроков создания новых сортов. Созданный сорт озимой тритикале Атлант 2 и линия яровой мягкой пшеницы имеют практическое и теоретическое значение, их практическое и теоретическое использование представляет большую ценность.

Использование электрофоретических спектров в первичном семеноводстве позволит с высокой вероятностью воспроизводить сорта с сохранением генотипа.

Литература

1. Гольяпин В.Я., Мишуров Н.П. Машинно-технологическое обеспечение селекции и семеноводства зерновых культур: аналитический обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2020. – 96 с.
2. Шевченко В.Е., Шпилев Н.С. Биология цветения яровых гексаплоидных (2 N+42) тритикале //Селекция и семеноводство зерновых, зернобобовых и крупяных культур: научные труды. Каменная Степь, – 1978. – С. 41-45.
3. Способ определения величины ксеногамии у зерновых культур: Патент 2286051 С1 Российская Федерация, МПК А01Н 1/04/ Шпилев Н.С., Моисеенко И.Я., Дударева О.В. №2005108892/13.

4. Лабораторный анализ белков семян пшеницы: технологическая инструкция «Диагностика сортового соответствия и чистоты семян пшеницы»: методическое пособие/В.П. Упельник и др. Институт общей генетики им. Н.В. Вавилова. – М.: – 2013. – 173 с.
5. Шпилев Н. С., Ториков В.Е., Лебедко Л. В. Инновации в селекционно-семеноводческий процесс зерновых культур // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 5 (87). – С. 9-15.
6. Ториков В.Е. Методические рекомендации по микроклональному размножению и технологиям выращивания мини-клубней картофеля. Брянск: Издательство Брянского ГАУ, – 2018. – 90 с.
7. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции //Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – № 4/2. – С. 1044-1054.
8. Леонова И.Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – № 2. – С. 314-325.
9. Способ воспроизводства сортов зерновых культур: Патент № 2558255 С2 Российская Федерация, МПК А01Н 1/04.: № 2013154151/10: заявл. 05.12.2013: опубл. 27.07.2015 / Н. С. Шпилев, Н. М. Белоус, В. Е. Ториков, Л. В. Лебедко
10. Шпилев, Н. С., Ториков В.Е., Клименков Ф.И. Использование электрофореза в оригинальном семеноводстве зерновых культур // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1 (71). – С. 27-32.
11. Lebedko L.V., Shpilev N.S., Sychev S.M., Evdokimenko S.N., Aitzhanova S.D. Innovations in crop seed breeding //International Journal of Advanced Science and Technology. – 2020. – Т. 29. – № 3. – С. 3764-3781.
12. Чирков Е.П., Нестеренко Л.Н., Храмченкова А.О., Бабьяк М.А. Проблемы и возможности развития аграрного сектора экономики Брянской области //Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2018. – № 2. – С.32-37.
13. Ториков В.Е., Белоус Н.М., Мельникова О.В., Артюхова С. // Растениеводство: учебник для вузов. СПб.: Лань, – 2020. – 604 с.

References

1. Goltypin V.Ya., Mishurov N.P. Mashinno-tekhnologicheskoe obespechenie selektsii i semenovodstva zernovykh kul'tur: analiticheskii obzor [Machine-technological support of breeding and seed production of grain crops: analytical review] .Moscow: FSBI "Rosinformagrotech" Publ., 2020, 96 p. (in Russian)
2. Shevchenko V.E., Shpilev N.S. Biology of flowering of spring hexaploid (2 N+42) triticales. Seleksiya i semenovodstvo zernovykh, zernobobovykh i krupyanykh kul'tur: nauchnye trudy. Kamennaya Step' [Breeding and seed production of grain, leguminous and cereal crops: scientific works. Kamennaya Step'], 1978, pp.41-45. (in Russian)
3. Method for determining the value of xenogamy in grain crops: pat.2286051 C1 Ros. Federation, IPC A01N 1/04/ Shpilev N.S., Moiseenko I.Ya., Dudareva O.V. No. 2005108892/13. (in Russian)
4. Laboratory analysis of wheat seed proteins: technological instruction "Diagnosis of varietal conformity and purity of wheat seeds": methodical manual/V.P. Upelnik et al.; N.V. Vavilov Institute of General Genetics Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 2013. 173 p. (in Russian)
5. Shpilev N. S., Torikov V.E., Lebedko L.V. Innovatsii v selektsionno-semenovodcheskii protsess zernovykh kul'tur [Innovations in the selection and seed-growing process of grain crops]. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2021, no. 5(87), pp. 9-15. (in Russian)
6. Torikov V.E. Metodicheskie rekomendatsii po mikroklonal'nomu razmnozheniyu i tekhnologiyam vyrashchivaniya mini-klubnei kartofelya [Methodological recommendations on microclonal reproduction and technologies for growing potato mini-tubers]. Bryansk: Publishing House of the Bryansk State University, 2018, 90 p. (in Russian)
7. Khlestkina E.K. Molekulyarnye markery v geneticheskikh issledovaniyakh i v selektsii [Molecular markers in genetic research and breeding], *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2013, no.4/2, pp.1044-1054. (in Russian)
8. Leonova I. N. Molekulyarnye markery: ispol'zovanie v selektsii zernovykh kul'tur dlya identifikatsii, introgressii i piramirovaniya genov [Molecular markers: use in the selection of grain crops for identification, introgression and pyramiding of genes]. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2013, no. 2, pp. 314-325. (in Russian)
9. Method of reproduction of grain varieties: Patent No. 2558255 C2 Russian Federation, IPC A01H 1/04.: No. 2013154151/10: application 05.12.2013 : publ. 27.07.2015 / N. S. Shpilev, N. M. Belous, V. E. Torikov, L. V. Lebedko(in Russian)
10. Shpilev, N. S., Torikov V.E., Klimenkov F.I. Ispol'zovanie elektroforeza v original'nom semenovodstve zernovykh kul'tur [The use of electrophoresis in the original seed production of grain crops]. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2019, no. 1(71), pp. 27-32. (in Russian)
11. Lebedko L.V., Shpilev N.S., Sychev S.M., Evdokimenko S.N., Aitzhanova S.D. Innovations in crop seed breeding. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020, 29, no. 3, pp. 3764-3781.
12. Chirkov E.P., Nesterenko L.N., Khranchenkova A.O. Bab'yak M.A. Problemy i vozmozhnosti razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki Bryanskoi oblasti [Problems and opportunities for the development of the agricultural sector of the economy of the Bryansk region]. *Economics of agricultural and processing enterprises*, 2018, no. 2, pp.32-37. (in Russian)
13. Torikov V. E., Belous N.M., Mel'nikova O.V., Artyukhova S. Plant growing: textbook for universities . SPb.:Lan, 2020. 604 p. (in Russian)