

УДК 633.11:631.527.8

Работа выполнена по Государственному заданию (приоритетное направление X.10.4, программа X.10.4.150, проект X.10.4.150).

DOI 10.24411/2409-3203-2020-12411

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРОРЫВНЫХ СОРТОВ, СОЗДАННЫЕ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ**

**Новохатин Владимир Васильевич**

к.с.-х.н., ведущий научный сотрудник

НИИСХ Северного Зауралья - филиал ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН  
Россия, Тюменская обл.

**Драгавцев Виктор Александрович**

д.б.н., академик РАН

ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт  
Россия, г. Санкт-Петербург

**Леонова Татьяна Алексеевна**

младший научный сотрудник

НИИСХ Северного Зауралья - филиал ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН  
Россия, Тюменская обл.

**Шеломенцева Татьяна Владимировна**

научный сотрудник

НИИСХ Северного Зауралья - филиал ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН  
Россия, Тюменская обл.

**Аннотация:** Представлены итоги применения инновационных селекционных технологий на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП) на основании подбора родительских пар с анализом максимально протяжённых родословных древ сортов – родителей и лим-факторов среды по фазам онтогенеза в зоне выведения каждого родителя. Проведённый фенотайпинг семи генетико-физиологических систем (ГФС), дающим плюсовые и минусовые вклады в урожай: аттракции, микрораспределения, адаптивности, полигенного иммунитета, лимитирующий фактор почвенного питания (N, P, K), толерантности к загущению, вариабельности фаз онтогенеза с лучшим сортом рабочей коллекции. На основании чего подбираются родители с плюсовыми вкладами ГФС в урожай. Проведённой гибридизацией у гибрида совмещаются плюсовые вклады в урожай всех названных ГФС, с последующим насыщением геномом одного из родителей с выраженным ГФС адаптивности. Последующие многолетние стабилизирующие пересевы комбинации устраняют эффекты доминирования, сверхдоминирования и гетерозисного эпистаза. Отбор элитных растений проводится в типичной динамике лим-факторам среды. Применив данную технологию было создано два новых сорта – среднеранняя - Гренада – F<sub>5</sub> [F<sub>1</sub>(Казахстанская раннеспелая × Тулунская 12) × Тулунская 12] и среднеспелая -Атланта-2 - F<sub>9</sub> [F<sub>1</sub> (Aisi<sub>(оз.)</sub> × Латона) × 2 Латона]. Обе комбинации данных сортов имеют хорошо выраженную адаптивность. Цитогенетическая особенность протоплазмы материнских форм обоих сортов обеспечила им выносливость к бурой ржавчине и септориозу, а адаптивный потенциал - отцовские сорта хорошо приспособленные к зоне. Сорт Гренада благодаря хорошо выраженным хозяйственно-ценным признакам и урожайности, зарегистрирован Госкомиссией (2019-2020 гг.) по 9 и 10 регионам РФ. Атланта-2 – передана в Госкомиссию, на испытание с 2021 года.

**Ключевые слова:** мягкая пшеница, селекция, сорт, популяция, отбор, биотип, генетико-физиологическая система, зерно, иммунитет.

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR DESIGNING BREAKTHROUGH VARIETIES,  
CREATED ON THE BASIS OF THE THEORY OF ECOLOGICAL-GENETIC  
ORGANIZATION OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS**

**Novokhatin Vladimir Vasilievich**

PhD, leading researcher

Tyumen Scientific Centre SB RAS

Russia, Tyumen region

**Dragavtsev Viktor Alexandrovich**

PhD, academician of the Russian Academy of Sciences

Agrophysical research Institute

Russia, Saint Petersburg

**Leonova Tatiana Alekseevna**

Junior Researcher

Tyumen Scientific Centre SB RAS

Russia, Tyumen region

**Shelomentseva Tatiana Vladimirovna**

Junior Researcher

Tyumen Scientific Centre SB RAS

Russia, Tyumen region

**Abstract:** The article presents the results of the application of innovative breeding technologies based on the theory of ecological and genetic organization of quantitative traits (TEGOKP) based on the selection of parental pairs with an analysis of the most extended pedigrees of varieties - parents and lim-environmental factors by the phases of ontogenesis in the breeding zone of each parent Phenotyping of seven genetic-physiological systems (HFS), giving positive and negative contributions to the crop: attraction, microdistribution, adaptability, polygenic immunity, limiting factor of soil nutrition (N, P, K), tolerance to thickening, variability of the phases of ontogenesis with the best cultivar working collection. On the basis of this, parents are selected with positive contributions of the SFS to the harvest. The hybridization carried out in the hybrid combines the positive contributions to the yield of all the mentioned HPS, followed by saturation with the genome of one of the parents with pronounced HPS adaptability. Subsequent long-term stabilizing reseeded combinations eliminate the effects of dominance, overdominance, and heterotic epistasis. The selection of elite plants is carried out in the typical dynamics of environmental lim-factors. Applying this technology, two new varieties were created - mid-early - Grenada - F5 [F1 (Kazakhstan early ripening × Tulunskaya 12) × Tulunskaya 12] and mid-season-Atlanta-2 - F9 [F1 (Aisi (lake) × Latona) × 2 Latona]. Both combinations of these varieties have a well-pronounced adaptability. The cytogenetic feature of the protoplasm of the maternal forms of both varieties provided them with resistance to leaf rust and septoria blight, and the adaptive potential provided the paternal varieties well adapted to the zone. The Grenada variety, due to its well-expressed economically valuable traits and yield, was registered by the State Commission (2019-2020) in 9 and 10 regions of the Russian Federation. Atlanta-2 - transferred to the State Commission for testing from 2021.

**Key words:** soft wheat, selection, variety, population, selection, biotype, genetic-physiological system, grain, immunity.

Существующая в настоящее время вера в перспективность молекулярных подходов к решению проблемы повышения урожаев, по нашему мнению, избыточна, так как пока нет ни одного сорта, с радикально повышенным урожаем, созданного исключительно

молекулярными методами. Кроме того, представители новой науки – эпигенетики – справедливо утверждают, что в природе не существует специфических генов продуктивности и урожая, следовательно, невозможно их молекулярное маркирование или геномное редактирование. В этой работе мы представляем итоги применения на практике инновационных селекционных технологий, созданных на основе приоритетной российской Теории эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП), которая была разработана и развита в процессе выполнения Межведомственной программы «ДИАС» – диаллельные скрещивания (изучение генетики признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири [1,2,3,4].

Суть инновационных алгоритмов заключается в следующем:

1) Подбор родительских пар мы осуществляем особым способом - на основе глубокого анализа максимально протяженных родословных древ сортов-родителей, взятых в скрещивания – на основе их эколого-географического происхождения [5]. При этом, наряду с генеалогическим древом каждого родительского сорта, важным являются типичные динамики лимитирующих факторов среды (лим-факторов) по фазам онтогенеза (их у пшеницы 12 [6,7,8]) в зоне его выведения. По этим динамикам можно объективно оценить адаптивность к конкретному лим-фактору каждой фазы онтогенеза сорта-родителя и качественно предсказывать адаптивность фаз у дочернего сорта [4].

2) Для самых урожайных и качественных сортов рабочей коллекции мы выполняем фенотипирование (phenotyping) – в отличие от генотипирования – изучения пути от генов к признаку. Фенотипирование - это противоположный путь – от сложного признака к генам. Наш фенотайпинг проводится не путем анализа компонентов продуктивности, как это делают все селекционеры в мире, а оценкой вкладов в урожай открытых и описанных нами в процессе развития ТЭГОКП семи генетико-физиологических систем (ГФС), дающими плюсовые или минусовые вклады в урожай [9,10,11]. Изучаемые ГФС: аттракции, микрораспределений, адаптивности, полигенного (горизонтального) иммунитета, «оплаты» сухой биомассой растения низких доз почвенного питания (N, P, K), толерантности фитоценоза к загущению, вариабельности продолжительности фаз онтогенеза. Эти 7 ГФС дают разные вклады в урожай на разных динамиках лим-факторов по всем 12 фазам онтогенеза.

3) В качестве родителей мы выбираем сорта, имеющие хотя бы одну из семи ГФС, с максимальным плюсовым вкладом в урожай.

4) Путём гибридизации совмещаем плюсовые вклады в урожай всех семи ГФС от разных сортов. Затем созданный гибрид насыщаем геномом того родителя, ГФС которого вносит максимальный вклад в урожай в конкретной зоне селекции.

5) Стабилизирующие многолетние пересевы расщепляющихся поколений, устраняют эффекты доминирования, сверхдоминирования и гетерозиготного эпистаза, маскирующие реальную продуктивность семей. При этом происходит элиминация малоценных и накопление адаптированных к местным условиям генотипов.

6) После ряда стабилизирующих пересевов гибридной популяции в условиях типичной динамики лим-факторов среды (в типичные годы для зоны селекции) отбираем элитные растения, которые включаем в селекционный процесс по питомникам, где строго соблюдается принцип единственного различия генотипов.

Таким образом нами создана, апробирована и предложена приоритетная 6-шаговая инновационная технология радикального эколого-генетического повышения урожая мягкой яровой пшеницы путём создания адаптивных, высокоурожайных, интенсивных сортов для Северного Зауралья.

Применив эти новые технологии (2001-2020 годы), мы создали два новых сорта – среднераннюю Гренаду – F<sub>5</sub> [F<sub>1</sub>(Казахстанская раннеспелая × Тулунская 12) × Тулунская 12] и среднеспелую Атланту-2 - F<sub>9</sub> [F<sub>1</sub> (Aisi<sub>(оз.)</sub> × Латона) × 2 Латона]. Обе комбинации имеют хорошо выраженную адаптивность. Это объясняется тем, что в результате многократного их пересева, в местных условиях, у них элиминировались малоценные, в

хозяйственном отношении формы и накапливались биотипы, приспособленные к данной среде. Благодаря выраженному у них синергизму со средой они обладают хорошей продуктивностью и среднеранним – среднеспелым вегетационным периодом. Родительские компоненты обеих комбинаций при смене лим-факторов среды показывают довольно значимое переопределение вкладов вышеназванных ГФС в формирование продуктивности и тем самым обеспечивают им хорошую комбинационную способность. Это позволило с вероятностью – в 30-40% отобрать элитные растения соответственно в 2007 и 2012 году, ставшие родоначальниками сортов Гренада и Атланта-2. Благодаря особенностям цитоплазмы и морфологическим характеристикам материнских форм обоих сортов, у них выражен горизонтальный иммунитет к бурой ржавчине и септориозу. Высокую адаптивность им обеспечили отцовские сорта, хорошо приспособленные к условиям Северного Зауралья. Адаптивность была усилена у них за счёт направленного беккроссирования – единственного метода целенаправленного улучшения конкретных свойств новых сортов.

Принципиально новый, предложенный нами подход подбора родительских пар для скрещивания, с последующим беккроссированием, созданного гибрида, как правило, с отцовской формой, обеспечивает накопление у него, от взятых в гибридизацию сортов, аддитивных продуктов генов. Это положительно сказывается на формировании хорошо выраженных (плюсовые эффекты) количественных признаков, благодаря максимальным вкладам в урожай ГФС адаптивности, аттракции, микрораспределений, толерантности к загущению и горизонтального иммунитета. Благодаря этому снижается депрессия проявления количественных признаков и повышается гомеостатичность урожаев. Поэтому, несмотря на различное сочетание лучших ГФС у биотипов, они обеспечивают им формирование стабильно высокой продуктивности в условиях меняющихся в онтогенезе лим-факторов среды Северного Зауралья. Это подтверждено многолетним конкурсным сортоиспытанием созданных сортов, показавшим среднее превышение по урожайности над стандартом у Гренады (2013-2016 гг.) +0,85 т/га; +26% к ст. Новосибирской 31 и у Атланта-2 (2017-2020 гг.) +1,13 т/га; +27% к ст. Тюменская 29 (4,29 т/га). Оба сорта устойчивы к полеганию, предуборочному прорастанию зерна в колосе и к кратковременным засухам, формируют высококачественное зерно, выносливые к распространённым в регионе патогенам. Гренада, в 2019-2020 гг. в Государственном сортоиспытании на Нижне-Тавдинском и Ишимском ГСУ, Тюменской области, показала урожайность 5,60-5,74 т/га, показав при этом высокую устойчивость к полеганию (5 баллов) при высоте растений - 96-101 см.

Гренада, по результатам двух лет Государственного сортоиспытания, впервые за последние годы, в 2019 году зарегистрирована по 9 региону и с 2020 года – по обширному 10 региону РФ. Сорт внесён в список ценных сортов. Атланта-2, в 2020 году передана на Государственное сортоиспытание.

#### **Список литературы:**

1. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г., Воробьёв В.А., Дубровская А.Г., Коробейников Н.И., Новохатин В.В., Максименко В.П., Бабакишиев А.Г., Илющенко В.Г., Калашник Н.А., Зуйков Ю.П., Федотов А.М. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири (под ред. акад. Д.К. Беляева). Изд. «Наука», Сибирское отделение АН СССР. 1984. 230 с.
2. Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М., Нечипоренко Н.Н. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений. // Доклады АН СССР. 1984. 274 (3): 720-723.
3. Глазко В.И., Глазко Г.В. Толковый словарь терминов по общей и молекулярной биологии, общей и прикладной генетике, селекции, ДНК-технологии и биоинформатике, (в двух томах). Москва, «Академкнига», «Медкнига». 2008. Т. 2. 530 с, (цитир. стр. 308).

4. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. Санкт-Петербург, Изд. «Дон Боско». 2008. 87 с.
5. Новохатин В.В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). /Сельскохозяйственная биология, 2016, Т.51 (5): 627-635.
5. Куперман М.Ф. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. 3-е издание. М.: Высшая школа, 1984. 240 с.
6. Новохатин В.В. Адаптивный потенциал засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы. В сб.: Селекция сельскохозяйственных культур в условиях изменяющегося климата. // Материалы международной научно-практической конференции (22-25 июля 2014 г., г. Краснообск). - Новосибирск, 2014:186-199.
7. Новохатин В.В. Экологическая селекция мягкой яровой пшеницы. Оптимизация селекционного процесса - фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири. ОСП-2019. Красноярск: Изд-во ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН, 2019: 92-102. ISBN: 978-5-6042995-2-4.
8. Драгавцев В.А. Уроки эволюции генетики растений // Журнал «Биосфера». 2012. Т. 4 (3): 251-262, (цитир. стр. 258).
9. Драгавцев В.А., Малецкий С.И. Эволюция парадигм наследования и развития и их ведущая роль в создании инновационных селекционных технологий // Журнал «Биосфера». 2015. Т. 7 (2): 155-168.
10. Драгавцев В.А. Малецкий С.И. Пути «гены-признаки» неисповедимы // Журнал «Биосфера». 2016. Т. 8 (2): 143-150.
11. Новохатин В.В., Драгавцев В.А., Леонова Т.А., Шеломенцева Т.В. Создание сорта мягкой яровой пшеницы Гренада с помощью инновационных технологий селекции на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков// Сельскохозяйственная биология. 2019.Т.54 (5): 905-919.

