

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА**

**Е.Н. Трембак,**  
кандидат биологических наук  
**Н.Н. Гордовская,**  
младший научный сотрудник

ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии  
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. Филатова, д. 17  
Тел.: (861) 254-15-50  
E-mail: entrembak@yandex.ru

Показана возможность использования непараметрического метода оценки адаптивности гибридов подсолнечника, созданных в ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии в последние годы. Он основан на парном сравнении реакций новых гибридов с гибридами-тестерами, адаптивность которых хорошо известна. Преимущество данного метода заключается в том, что отпадает необходимость в проведении серии сложных и дорогостоящих опытов с одним и тем же набором генотипов, при этом можно сравнивать новый гибрид всего с одним-пятью известными гибридами, участвовавшими в испытаниях. При использовании принципа попарного сравнения адаптивных реакций изучаемых гибридов с гибридами-тестерами установлено, что у гибридов подсолнечника последнего периода селекции Альянс Трио и Легион имеются определённые особенности. Вычислены наиболее вероятные оценки их урожайности в благоприятных и неблагоприятных условиях относительно изучавшихся в опытах гибридов. Так Альянс Трио при попарном сравнительном анализе по потенциалу урожайности и степени адаптивности уступил распространённым и популярным в производстве гибридам импортной селекции НК Брио и Арена ПР, равно как и по средней урожайности в опытах на 18,5 и 7,0 % соответственно. Однако по способности формировать урожайность в благоприятных условиях Альянс Трио существенно превзошёл все отечественные гибриды, участвовавшие в опытах. Что касается гибрида Легион, то его показатели выглядели предпочтительнее показателей других опытных гибридов, и лишь незначительно он уступил самому урожайному и стрессоустойчивому гибриду НК Брио.

The usage of a non-parametric method for estimating agroecological adaptivity of promising sunflower hybrids. Trembak E.N., Gordovskaya N.N.

The article presents the possibility of using non-parametric method of estimation the adaptability of sunflower hybrids created at VNIIMK in recent years. The method is based on pairwise comparison of reactions of new hybrids with test hybrids, which adaptivity is well known. The advantage of this method is that it eliminates the need for series of complex and expensive experiments with the same set of genotypes, so it is possible to compare the new hybrid with only 1-5 known hybrids involved in the experiments. When using the pairwise comparison of adaptive reactions of studied hybrids with test hybrids it was determined that the sunflower hybrids of the last period of breeding Alliance Trio and Legion have certain peculiarities. The most probable estimates of their productivity under favorable and unfavorable conditions in reference to the hybrids present in the experiments were calculated. In the pairwise comparative analysis Alliance Trio according to productivity potential and degree of adaptability was inferior to widespread and popular in the production hybrids of foreign breeding NK Brio and Arena PR, as well as according to the average yield in the experiments by 18.5 % and 7.0, respectively. However, according to the ability of forming yield under favorable conditions, Alliance Trio has significantly surpassed all domestic hybrids that were present in the experiments. As for the hybrid Legion, its indicators were preferable than the indicators of other hybrids in experiment, and were only slightly less than the indicators of the the most productive and stress-resistant hybrid NK Brio.

*Ключевые слова:* гибриды подсолнечника, непараметрический метод, агроэкологическая адаптивность, стрессоустойчивость, благоприятные условия, однотипность реакции

УДК 633.854.78:631.52

**Введение.** Для повышения эффективности производства растениеводства важным моментом является выявление оптимальных ареалов и агротехнологий выращивания создаваемых сортов и гибридов различных культур на основе надёжной оценки их приспособительных реакций [1].

Фактически создание сорта предполагает не только получение и отбор новых генотипов, но и поиск экологической ни-

ши, где этот генотип (генотипы) обеспечит высокую продуктивность, экологическую стабильность и качество продукции. Таким образом, селекционер, по сути, не изучает и отбирает генотипы как таковые, а оценивает их норму реакции на абиотические, биотические и другие факторы среды. По мнению Солдбриг О. и Солдбриг Д. [2], показатели адаптивности не могут являться абсолютными в принципе. А повысить надёжность оценок можно анализируя сравнительные различия по степени приспособленности разных генотипов к конкретным условиям среды. Агроэкологическая оценка создаваемых межлинейных гибридов приобретает особую важность в связи с тем, что в сравнении с сортами-популяциями их норма реакции более узкая, а адаптационные возможности имеют определённые ограничения [3].

При использовании обычных методов оценки параметров стабильности и адаптивности гибридов и сортов необходимы данные сортоиспытаний одного и того же набора генотипов в разных агроэкологических условиях. На различных этапах испытания гибридов и сортов (конкурсное, экологическое и др.) обычно ежегодно включаются новые генотипы, а часть ранее изучавшихся сортообразцов исключается из изучения. Специальные же агроэкологические сортоиспытания требуют определённой систематизации и больших затрат средств и времени.

В этой связи Дьяковым А.Б. и др. [4] был разработан и апробирован более доступный и информативный непараметрический метод оценки адаптивности, позволяющий использовать имеющиеся у селекционера данные для агроэкологической характеристики гибридов и сортов. Этот метод основан на сравнении реакций нового гибрида или сорта на изменения условий среды с реакциями других гибридов и сортов (тестеров), адаптивность которых уже известна. Для анализов можно использовать данные обычных сортоиспытаний, не проводя специальных

серий опытов. К тому же преимущество непараметрического подхода к анализу устойчивости заключается в простоте вычислений. Для характеристики продукционной устойчивости генотипов авторами предложен ряд удобных статистических параметров. Именно этот подход и был использован для анализа экспериментальных данных в наших исследованиях.

С целью выявления компонентов генотипических различий по урожайности и изучения характера однотипных реакций сравниваемых генотипов вычисляли параметры прямолинейных регрессий оценок урожайности гибридов Альянс Трио и Легион на величины урожаев каждого тестера в тех же испытаниях, а также по этим параметрам оценивали наиболее вероятные средние уровни урожайности гибридов Альянс Трио и Легион в стрессовых и комфортных условиях, при которых урожайность тестеров составляла бы 2,00 и 4,00 т/га. Анализ этих данных позволяет выявить, в какой мере различия по урожайности обусловлены разной степенью устойчивости к неблагоприятным условиям, а в какой – неодинаковой реакцией на благоприятные условия, при которых проявляется потенциальная продуктивность.

**Материалы и методы.** Для выявления агроэкологической адаптивности новых перспективных гибридов селекции ВНИИМК Альянс Трио и Легион использовались данные конкурсных и экологических испытаний, проводимых специалистами отдела селекции гибридного подсолнечника ВНИИМК на ЦЭБ ВНИИМК, Алексеевской опытной станции (Белгородская область) и в Вознесенском филиале ВНИИМК (Лабинский район Краснодарского края), а также сотрудниками Донской (Ростовская область) и Армавирской (Краснодарский край) опытных станций ВНИИМК в 2009–2013 гг. Для сравнительного тестирования гибрида Альянс Трио взяты наиболее распространенные гибриды импортной селекции НК Брио и Арена ПР, ранее хорошо изученные гибриды селекции ВНИИМК Кубань

ский 930 и Юпитер и новый скороспелый гибрид Факел, который в годы проведения исследований интенсивно испытывался.

Для анализа адаптивности гибрида Легион в качестве тестеров были использованы гибриды НК Брио и Арена ПР, Альянс Трио и Армавирский 114.

Опыты закладывались по методикам, принятым для этих целей в каждом подразделении опытной сети ВНИИМК в зависимости от способа посева (ручной или механизированный).

**Результаты и обсуждение.** Результаты сравнительного изучения агроэкологической адаптивности гибрида Альянс Трио с набором гибридов-тестеров представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели особенностей агроэкологической адаптивности гибрида подсолнечника Альянс Трио в отличие от других гибридов, использованных в качестве тестеров**

Гибриды-тестеры	Число опытов	Средняя урожайность		Коэффициент детерминации, Cd, %	Регрессии урожая Альянс Трио (y) на урожай тестеров (x)	Математическое ожидание урожайности Альянс Трио при урожаях тестера, т/га	
		тестера, т/га	Альянс Трио в % от тестера			2,00 т/га	4,00 т/га
НК Брио	15	3,54	81,5	87,2**	$y=0,865x-0,177$	1,55	3,28
Арена ПР	15	3,16	93,0	83,7**	$y=1,125x-0,614$	1,64	3,89
Кубанский 930	8	2,88	105,8	76,4*	$y=1,301x-0,699$	1,90	4,50
Юпитер	15	2,68	109,4	77,4**	$y=1,207x-0,302$	2,11	4,53
Факел	13	2,75	108,6	74,3**	$y=1,288x-0,556$	2,02	4,60

*Примечание:* переходят уровни существенности + – 5 %-ный; \* – 1 %-ный; \*\* – 0,1 %-ный

Гибрид Альянс Трио уступает лучшему зарубежному тестеру (НК Брио) по урожайности в среднем по всем опытам на 18,5 %, при средней урожайности тестера 3,54 т/га. Однотипность реакции, оцениваемая коэффициентом детерминации Cd, оказалась существенной на 0,1 %-ном уровне и составила 87,2 %. Принимая во внимание величину коэффициента рег-

рессии  $b = 0,865$ , а также то, что средняя по всем опытам в сравнении с гибридом НК Брио, оценка урожайности гибрида Альянс Трио составляет только 81,5 % от средней оценки урожайности тестера, в результате имеем, что сравниваемый гибрид уступает тестеру не только по потенциалу урожайности, но и по способности противостоять стрессовым условиям. При урожайности гибрида НК Брио 4,00 т/га ожидаемая урожайность Альянс Трио составляет только 3,28 т/га, что на 18,0 % ниже тестера, а в условиях оценки урожайности этого же тестера 2,00 т/га, ожидаемая урожайность Альянс Трио – 1,55 т/га, что на 22,5 % ниже.

По результатам сопоставления с показателями гибрида Арена ПР средняя урожайность гибрида Альянс Трио составила 2,92 т/га, или 93,0 % от средней величины оценок урожайности тестера. Процент однотипности их реакций на изменения условий среды – 83,7 % (переходит 0,1 %-ный уровень существенности). В этой паре сравниваемых гибридов Альянс Трио показывает лучшие результаты, чем при сравнении с гибридом НК Брио, по средней во всех опытах оценке урожайности, а по отзывчивости на благоприятные условия почти не уступает гибриду Арена ПР. Это связано с повышенной реакцией гибрида Альянс Трио на улучшение условий среды, о чем свидетельствует коэффициент регрессии  $b = 1,125$ . Учитывая, что средняя оценка урожайности гибрида Альянс Трио ниже аналогичной оценки гибрида Арена ПР на 7,0 %, способность отечественного гибрида противостоять неблагоприятным условиям среды ниже способности тестера. В условиях, когда урожайность гибрида Арена ПР будет 2,00 т/га, ожидаемая урожайность гибрида Альянс Трио составит только 1,64 т/га. Однако по потенциалу урожайности гибрид Альянс Трио почти сравнивается с гибридом-тестером Арена ПР, и при урожайности последнего 4,00 т/га ожидаемая урожайность гибрида Альянс Трио составит 3,89 т/га.

Вследствие меньшего числа степеней свободы сравнение параметра однотипности реакций гибридов Альянс Трио и Кубанский 930 на изменения агроэкологических условий переходит только 5 %-ный уровень существенности, а величина его достигает  $Cd = 76,4$  %. Средняя по восьми опытам оценка урожайности гибрида Альянс Трио на 5,8 % превышает ту же оценку гибрида Кубанский 930 и составляет 3,05 т/га. Превосходство гибрида Альянс Трио над гибридом Кубанский 930 связано с его большей отзывчивостью на благоприятные условия среды, о чем свидетельствует и самый высокий, по сравнению с остальными парами гибридов, коэффициент регрессии, равный 1,301. Гибрид Альянс Трио в хороших условиях способен обеспечить на 12,5 % большую урожайность в сравнении с данным гибридом-тестером. Математическое ожидание его урожайности в этих условиях составит 4,50 т/га, при 4,00 т/га у гибрида Кубанский 930. По устойчивости к неблагоприятным условиям реакция гибрида Альянс Трио почти равна реакции гибрида Кубанский 930, и при урожайности тестера 2,00 т/га урожайность гибрида Альянс Трио ожидается 1,90 т/га.

Урожайность гибрида Альянс Трио относительно данного показателя у гибрида Юпитер составила 109,4 %. Коэффициент детерминации ( $Cd$ ) существенен на 0,1 %-ном уровне и равен 77,4 %. Повышенная оценка урожайности в среднем по всем опытам (на 9,4 %), существенно высокая доля однотипности реакций, а также величина коэффициента регрессии урожаев указывают на явное превосходство гибрида Альянс Трио в сравнении с гибридом Юпитер как по отзывчивости на улучшение агроэкологических условий, так и по потенциалу урожайности. Урожайность гибрида Альянс Трио, вычисленная по уравнению регрессии для уровня урожайности Юпитера в 2,00 т/га, может достигать 2,11 т/га, а при урожайности тестера 4,00 т/га изучаемый гибрид способен увеличить урожайность до

4,50 т/га. И в неблагоприятных, и в благоприятных условиях гибрид Альянс Трио даст прибавку урожайности 5,5 и 13,3 % соответственно.

Третий гибрид селекции ВНИИМК Факел участвовал в тринадцати из представленных опытов совместно с гибридом Альянс Трио. По результатам анализа данных опытов средняя урожайность гибрида Факел составила 2,75 т/га. Урожайность гибрида Альянс Трио по сравнению с тестером – гибридом Факел – также, как и в сравнении с другими гибридами-тестерами селекции ВНИИМК, повышена, касаясь указанного случая на 8,6 %. Доля однотипности реакций существенна на 0,1 %-ном уровне и равна  $Cd = 74,3$  %. При повышенной усредненной оценке урожайности гибрида Альянс Трио пара гибридов (Альянс Трио – Факел) мало различается по устойчивости к неблагоприятным условиям. В сравнении с гибридом Факел гибрид Альянс Трио отличается лучшей отзывчивостью на благоприятные условия среды, о чем свидетельствует близкая к максимальной величина коэффициента регрессии  $b = 1,288$ . Вычисления по соответствующему уравнению показали, что при урожайности анализируемого тестера 4,00 т/га урожайность Альянс Трио ожидается на 15,0 % выше и составит 4,60 т/га.

Гибрид Легион создан несколько позже, чем гибрид Альянс Трио, поэтому он прошёл меньшее количество сравнительных испытаний. По урожайности и сбору масла с единицы площади гибрид Легион показал хорошие результаты, что обусловило его попадание в разряд перспективных. С целью более быстрого продвижения этого гибрида на рынок семян подсолнечника РФ и выбора соответствующих регионов внедрения возникла необходимость в изучении особенностей его адаптивных реакций. Используемый в данной работе непараметрический метод оценки адаптивности гибридов позволил добиться этой цели с наименьшими затратами (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели особенностей агроэкологической адаптивности гибрида подсолнечника Легион в отличие от других гибридов, использованных в качестве тестеров**

2009–2013 гг.

Гибриды-тестеры для Легион	Число опытов	Средняя урожайность		Коэффициент детерминации, Cd, %	Регрессии урожая Легион (y) на урожай тестеров (x)	Математическое ожидание урожайности гибрида Легион при урожаях тестера, т/га	
		тестера, т/га	Легион в % от тестера			2,00 т/га	4,00 т/га
НК Брио	8	2,96	90,9	84,5*	$y=1,059x-0,441$	1,68	3,80
Арена ПР	5	3,07	110,8	82,3 <sup>+</sup>	$y=0,72x+1,189$	2,63	4,07
Альянс Трио	9	2,52	112,7	77,0*	$y=1,036x+0,234$	2,30	4,38
Армавирский 114	4	2,69	110,8	88,7 <sup>+</sup>	$y=1,494x-1,036$	1,95	4,94

*Примечание:* переходят уровни существенности + – 5 %-ный, \* – 1 %-ный

Гибрид Легион участвовал в сравнительных испытаниях с гибридом НК Брио в восьми точках. При анализе результатов этих испытаний установлено, что гибрид Легион уступает по урожайности этому тестеру в среднем по всем опытам на 9,1 %. Оценка степени качественной однотипности реакций на изменения условий среды, выраженная коэффициентом детерминации, представляется довольно высокой (Cd = 84,5 %), и оказалась существенной на 1 %-ном уровне. Несмотря на то, что средняя по всем опытам оценка урожайности гибрида Легион составляет лишь 90,9 % от урожайности гибрида НК Брио, при высокой однотипности реакций на условия испытаний гибрид Легион все же почти не уступает тестеру по потенциалу урожайности. При сложившихся условиях среды, в которых урожайность тестера равна 4,00 т/га, ожидаемая урожайность гибрида Легион может составить 3,80 т/га, что ниже всего на 5,0 %. О хорошей отзывчивости гибрида Легион на благоприятные условия свидетельствует величина коэффициента регрессии, равная  $b = 1,059$ . По способности противостоять неблагоприятным условиям среды гибрид Легион значительно

уступает тестеру, и в условиях, приводящих к снижению урожайности культуры, при урожайности тестера НК Брио 2,00 т/га урожайность гибрида Легион ожидается 1,68 т/га, т.е. на 16,0 % ниже.

Особенности реакции на условия среды гибрида Легион по сравнению со вторым гибридом-тестером Арена ПР оценивали также по данным восьми опытов их совместных испытаний. Существенность значения параметра однотипности реакций этих гибридов снизилась и достигла 5 %-ного уровня, хотя величина коэффициента детерминации оказалась высокой, Cd = 76,8 %. Средняя оценка урожайности по всем опытам сравнения гибридов Легиона и Арена ПР превосходит среднюю урожайность последнего на 4,2 %. Величина коэффициента регрессии  $b = 0,912$  свидетельствует о более высокой экологической стабильности оценок урожайности гибрида Легион и вероятности меньшего снижения урожайности в стрессовых условиях по сравнению с гибридом Арена ПР. Вследствие этого в неблагоприятных условиях, при которых урожайность гибрида Арена ПР снизится до 2,00 т/га, ожидаемая урожайность гибрида Легион составит 2,26 т/га. Несмотря на то, что оцениваемая коэффициентом регрессии  $b = 0,912$  реакция гибрида Легион на благоприятные условия снижена, при уровне урожайности гибрида Арена ПР 4,00 т/га урожайность гибрида Легион может оказаться более высокой (4,08 т/га), т.к. в среднем этот гибрид более урожайный.

В результате анализа сравнительных данных испытаний в девяти опытах выяснилось, что средняя урожайность гибрида Легион превышает урожайность тестера Альянс Трио на 12,7 %. Доля однотипности реакций на изменения условий внешней среды составила Cd = 77,0 %, при существенности выше 1 %-ного уровня. Это указывает на то, что они несколько различаются по степени специфичности реагирования на различные агроэкологические условия. Благодаря тому, что у этих гибридов анализировалось большее

количество парных испытаний, можно с большей вероятностью оценить особенности адаптивности гибрида Легион. Коэффициент регрессии оценок его урожайности на оценки тестера  $b = 1,036$  свидетельствует о несколько лучшей, чем у гибрида Альянс Трио, отзывчивости гибрида Легион на благоприятные условия среды. Но прибавка урожайности гибрида Легион над ожидаемой урожайностью тестера как в стрессовых условиях (на 0,30 т/га), так и в благоприятных (на 0,38 т/га), обусловлена более высокой оценкой урожайности у гибрида Легион в среднем по всем опытам.

Высокая доля однотипности реакций на внешние условия ( $Cd = 88,7\%$ ) дала возможность использовать гибрид Армавирский 114 в качестве тестера при оценке адаптивных реакций гибрида Легион. Средняя по четырем опытам урожайность гибрида Легион превосходит урожайность гибрида Армавирский 114 на 10,8 %. Коэффициент регрессии оценок урожайности гибрида Легион на соответствующие оценки тестера оказался самым высоким из всех сравниваемых пар (гибрид Легион–гибрид–тестер) гибридов. Это указывает на максимальное превосходство гибрида Легион по потенциалу урожайности над тест-гибридом Армавирский 114. При выращивании в благоприятных средовых условиях, когда оценка урожайности гибрида Армавирский 114 будет 4,00 т/га, ожидаемая урожайность Легиона составит 4,94 т/га, что на 23,5 % выше заданной урожайности тестера. Однако в неблагоприятных условиях для роста и развития подсолнечника их ожидаемые урожайности очень близки.

**Выводы.** В статье показано, что использование непараметрического метода оценки адаптивности вновь созданных гибридов подсолнечника позволяет получать очень важную для селекционеров информацию о реакциях генотипов на благоприятные и стрессовые условия еще до проведения широкомасштабных экологических испытаний.

Новые перспективные простые межлинейные гибриды подсолнечника Альянс Трио и Легион (оригинатор – ВНИИМК)

превышают по урожайности ранее созданные в опытной сети института гибриды Кубанский 930, Факел, Юпитер, Армавирский 114 в среднем на 6–12 %.

Гибрид Альянс Трио немногим уступает по урожайности распространенным в России импортным гибридам НК Брио и Арена ПР – на 7–18 %, однако гибрид Легион превысил по средней урожайности не только гибрид Альянс Трио, но был урожайнее гибрида Арена ПР – на 12 и 11 % соответственно.

Показатели математического ожидания урожайности гибрида Альянс Трио, оцененные по уравнениям регрессии, хотя и оказались ниже показателей зарубежных гибридов, участвовавших в опытах как в благоприятных, так и в стрессовых условиях, однако по сравнению с ранее созданными отечественными гибридами Альянс Трио проявил более высокий потенциал урожайности и в среднем не уступил им в благоприятных условиях.

По математическим ожиданиям урожайности гибрид Легион приближается к НК Брио в благоприятных условиях, но уступает ему при стрессах. Превосходство этого гибрида по сравнению с гибридом Арена ПР в основном обусловлено большей адаптивностью Легиона к стрессам и в меньшей мере – повышенным потенциалом урожайности. Выявлены также преимущество гибрида Легион по устойчивости к стрессам в сравнении с Альянс Трио и более высокому потенциалу урожайности в благоприятных условиях по сравнению с Армавирский 114.

#### Список литературы

1. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 148 с.
2. Солбриг О., Солдбриг Д. Популяционная биология и эволюция. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
3. Дьяков А.Б., Шарыгина М.Л., Васильева Т.А. Комплексная оценка гибридов и сортов подсолнечника по стабильности урожая и взаимодействию генотип–среда // Научно-технический бюллетень ВНИИМК – 1997. – Вып. 118. – 6–18.
4. Дьяков А.Б., Шарыгина М.Л., Головин А.В. Использование непараметрического метода оценки адаптивности гибридов и сортов растений // Научно-технический бюллетень ВНИИМК – 2001. – Вып. 124. – С. 5–7.