

5. Говоров Д.Н., Живых А.П., Щетинин П.Б. Все высеваемые семена должны быть обеззаражены // Защита и карантин растений. 2016. – № 8. – С. 6-8.
6. Семенина Т.В. Высевать только протравленные семена! // Защита и карантин растений. 2008. – № 8. – С. 43-44.
7. Дебелый Г.А., Мерзликин А.С. Зернобобовые и пшеница в решении проблемы белка для продовольствия и кормов РФ // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. – № 2. – С. 99-103.
8. Немченко В.В. Протравливание семян – первая ступень получения защищенного и продуктивного агроценоза. // Защита и карантин растений. 2014. – № 3. – С. 22-23.

USE OF NEW FUNGICIDAL DISINFECTANTS IN PRESOWING TREATMENT OF PEA SEEDS

V.I. Murzenkova, N.A. Chernenkaya
FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE
OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The paper presents the results of studies on the use of systemic fungicidal disinfectants on three varieties of peas of local breeding (Sof'ya, Faraon, Spartak). The varietal reaction of the crop was revealed as a result of the selective effect of the preparations on the germination of the treated and obtained seeds, as well as on the structure of the crop and the yield.*

Keywords: peas, variety, pre-sowing treatment, system fungicides, crop structure, seed germination.

УДК 633.12:631.527

ЭЛЕМЕНТЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ РАЗЛИЧИЙ МЕЖДУ *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH И *F. HOMOTROPICUM* OHNISHI, И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ В СЕЛЕКЦИИ ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ

А.Н. ФЕСЕНКО, И.Н. ФЕСЕНКО, доктора биологических наук
Н.Н. ФЕСЕНКО, кандидат биологических наук
О.В. БИРЮКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

*Изучено наследование различий между *Fagopyrum esculentum* и *F. homotropicum* по ряду признаков, существенных для селекции (масса 1000 семян, число узлов в зоне ветвления стебля, каемчатость семян). Дикий вид несет доминантные минус-аллели в локусах, контролирующих варьирование по массе 1000 семян. Межвидовые различия по числу вегетативных узлов на стебле наследовались аддитивно. Ген, доминантный аллель которого определяет каемчатость семян сцеплен с локусом D(DET), мутация по которому определяет детерминантный тип роста побегов. Протестированы новые подходы к ускорению селекционной проработки популяции межвидовых гибридов. Индетерминантные межвидовые гибриды пересеивали в полевых условиях с высокой нормой высева (3 млн семян на гектар) и убирали в оптимальные для среднеспелых сортов гречихи сроки. Отбор по признакам габитуса не проводили, чтобы максимально сохранить генетическое разнообразие гибридов. В результате трёх посевов значительно возросла доля более скороспелых (4-5 узлов ЗВС) морфотипов. Детерминантные межвидовые гибриды высевали в полевых условиях рядовым способом в смеси с семенами индетерминантного сорта Молва. Жесткая конкуренция с более высокорослыми индетерминантными растениями в условиях плотного ценоза*

обеспечивала выбраковку наименее конкурентоспособных генотипов; наличие морфологического маркера (детерминантный тип роста) позволяло удалить из популяции индетерминантные гибриды с сортом Молва. Следующим этапом был пересев потомств и отбор длинностолбчатых растений (дающих потомство только от перекрестного опыления) с целью снятия инбредной депрессии и рекомбинации благоприятных аллелей. Проведение трёх циклов такого отбора позволило не только существенно сократить потенциал ветвления растений и продолжительность их вегетации, но и увеличить высоту растений и число соцветий на побегах до уровня сорта Дикуль.

Ключевые слова: гречиха, селекция, межвидовая гибридизация, адаптация, масса 1000 семян.

Межвидовая гибридизация с диким автогамным видом *Fagopyrum homotropicum* рассматривается как перспективный инструмент селекции гречихи [1-4], в первую очередь, на повышение устойчивости к инбредной депрессии [5]. Кроме того, дикий вид обладает некоторыми свойствами, которые могли бы повысить эффективность гречихи обыкновенной как возделываемого вида, например, высокий гомеостаз формирования плода, сниженная ремонтантность на уровне соцветия [6-8]. С другой стороны, для дикого вида характерен ряд признаков, несовместимых с современными представлениями о возделываемой гречихе (мелкозёрность, позднеспелость и др.). Для повышения эффективности использования в селекционной программе вида *F. homotropicum* в 1996-2016 гг. было проведено генетическое изучение межвидовых различий по ряду признаков, а также испытаны методы ускорения адаптации межвидовых гибридов, предполагающие минимизацию потери генетического материала дикого вида в прорабатываемой популяции. В статье приведены результаты этой работы.

Материалы и методика

Растительный материал.

F. esculentum: сорта Молва (индетерминантный морфотип), Деметра и Дикуль (детерминантный морфотип); гомостильная линия кк-2.

F. homotropicum: образец (линия) С9139 из коллекции университета Киото.

Межвидовые гибриды в комбинациях Молва × С9139, Дикуль × С9139, кк-2 × С9139.

Методика.

Исследования проводили в полевых условиях. Для характеристики архитектоники вегетативной системы гибридов определяли число вегетативных узлов на стебле, ветвях первого порядка В1, В2 и т.д. (соответственно, первой, второй и т.д. ветвях; счет ветвей сверху вниз). Анализировали не менее 100 растений гибридных популяций, выращенных в условиях широкорядного (10 × 30см) посева. По результатам анализа рассчитывали метамерийную формулу популяции (средневзвешенное число узлов на стебле и ветвях первого порядка): Стебель+В1+В2+В3...В7. Урожайность оценивали по методике конкурсного сортоиспытания: посев рядовой, учетная площадь делянки 10 м², повторность 4-кратная.

Для экспресс-анализа генетического контроля количественных признаков использован алгоритм Н.А. Соболева (1976).

Результаты и обсуждение.

Генетический анализ межвидовых различий по числу метамеров зоны ветвления стебля и массе 1000 семян.

Дикий вид несет доминантные минус-аллели в локусах, контролирующих изменчивость размера зерен. Однако в F₁ сверхдоминирование малого значения признака компенсировалось более сильным противоположным эффектом неаллельных взаимодействий, и масса 1000 зерен была ближе к показателю *F. esculentum*, чем к *F. homotropicum* (табл. 1).

Число вегетативных узлов на стебле наследуется аддитивно (различия между средними значениями признака у гибридов первого и второго поколений недостоверны) (табл. 1).

Таблица 1

Генетический контроль некоторых количественных различий между *F. esculentum* (P₁) и диким видом *F. homotropicum*, линия С9139 (P₂) (1996 г.)

Показатель	Признак	
	масса 1000 зерен, г	число узлов в зоне ветвления стебля, шт.
P ₁ (средняя)	21,5±0,34	5,0±0,08
P ₂ (средняя)	15,4±0,17	9,5±0,12
F ₁ (средняя)	20,1±0,16	7,6±0,14
F ₂ (средняя)	17,0±0,23	7,7±0,08
Мера доминирования	-2,44	0,62
Мера эпистаза	2,98	-0,51
Приблизительное число генов	4	3

Это свидетельствует о возможности достаточно эффективного отбора морфотипов с оптимальным числом вегетативных узлов на стебле и крупностью зерна в ранних поколениях межвидовых гибридов, однако, поскольку число генов, участвующих в расщеплении, как правило, велико, то для обнаружения растений с искомым фенотипом требуется проработка большой выборки растений.

Сцепление генов детерминантного типа побегов и каемчатости плодов. Альтернатива «каемчатые / не каемчатые семена» контролируется одним локусом (118 каемчатых: 47 не каемчатых, $\chi^2=1,07$; P=0,30), сцепленным с геном *D(DET)*, мутация по которому определяет детерминантный тип роста побегов (Фесенко Н.В., 1968; Ohnishi O, 1990): при скрещивании детерминантной формы *F. esculentum* с *F. homotropicum* в F₂ было получено 122 растения индетерминантного типа (из них 114 – с каемчатыми плодами и 8 – с обычными) и 43 растения детерминантного типа (из них 4 – с каемчатыми плодами и 39 – с обычными). Частота рекомбинации между ними составила 2,8%. Сцепление этих признаков увеличивает долю детерминантов с не каемчатыми плодами в прорабатываемой популяции, и упрощает отбор таких растений.

Новые подходы к созданию популяций межвидовых гибридов, соответствующих современным представлениям о возделываемой гречихе.

Индетерминантные гибриды сохранили основные недостатки *F. homotropicum*: позднеспелость, усиленный рост ветвей и др. В силу этого, к моменту созревания районированных в Орловской области сортов гречихи гибриды не успевали сформировать достаточный урожай семян, несмотря на хорошую озерненность.

Для адаптации межвидовых гибридов с индетерминантным типом роста мы использовали пересев гибридов в полевых условиях с повышенной нормой высева (3 млн всхожих зерен на гектар) и уборкой в оптимальные для среднеспелых сортов гречихи сроки. Отбор по признакам габитуса не проводили, чтобы максимально сохранить генетическое разнообразие гибридов. Морфологический анализ растений исходной популяции и популяций, прошедших адаптацию к полевым условиям, показал, что в результате трёх пересевов значительно возросла доля более скороспелых (4-5 узлов ЗВС) морфотипов в популяциях, что обеспечило существенное сокращение потенциала ветвления растений (табл. 2). Полученные данные подтверждают сделанный нами ранее вывод о том, что основным адаптивным механизмом, обеспечивающим повышение скороспелости природных популяций гречихи, является редукция потенциала ветвления растений [9-11].

Таблица 2

**Архитектоника вегетативной сферы межвидовых гибридов
(*F.esculentum* × *F.homotropicum*) индетерминантного типа (2008 г.)**

Популяция	Среднее число вегетативных узлов, шт.			Метамерийная формула популяции
	на стебле	на ветвях	на растении	
исходная	6,7	16,0	22,7	6,7+3,0+3,4+3,4+3,1+2,0+0,8+0,2+0,1
1 пересев	5,9	14,9	20,8	5,9+2,7+3,1+3,5+2,7+1,8+0,9+0,3+0,1
2 пересева	5,7	13,1	18,8	5,7+2,5+2,9+3,1+2,2+1,7+0,6+0,2
3 пересева	5,5	12,0	17,5	5,5+2,4+2,8+3,1+2,2+1,2+0,2

Урожайность адаптированной популяции возросла почти в 3 раза, однако уровень ее не превысил 40% от сорта-эталона (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность межвидовых гибридов гречихи (2008 г.)

Сортообразец	Урожайность	
	т/га	% от стандарта
Молва (эталон)	2,58	-
F ₅ (<i>F.esculentum</i> × <i>F.homotropicum</i>) – неадаптированная популяция	0,35	13,6
F ₈ (<i>F.esculentum</i> × <i>F.homotropicum</i>), 3-кратный пересев в полевых условиях	1,02	39,5
HCP ₀₅	0,353	-

Детерминантные гибриды оказались значительно менее пригодными для селекции, чем индетерминантные: детерминантные растения формировали только 1-2 соцветия на побеге [12] и отличались низкорослостью (не выше 30-40см), обильным ветвлением и крайне низкой зерновой продуктивностью.

Для их улучшения был применен следующий метод. Семена гомостильных растений межвидовых гибридов высевали в полевых условиях рядовым способом в смеси с семенами индетерминантного сорта Молва. Жесткая конкуренция с более высокорослыми индетерминантными растениями в условиях плотного ценоза обеспечивала выбраковку наименее конкурентоспособных генотипов; наличие морфологического маркера (детерминантный тип роста) обеспечивало выбраковку переопылившихся растений в потомстве. Следующим этапом был пересев потомств и отбор длинностолбчатых растений (дающих потомство только от перекрестного опыления) с целью снятия инбредной депрессии и рекомбинации благоприятных аллелей. После этого следовал следующий цикл отбора. Вектор отбора в таких условиях направлен на повышение общей мощности растений. Большой объем прорабатываемой популяции (4-5 тысяч растений) обеспечивает высокую вероятность отбора продуктивных генотипов, а использование самоопыления повышает вероятность закрепления лучших генетических комбинаций.

Проведение трёх циклов такого отбора позволило не только существенно сократить потенциал ветвления растений (табл. 4) и продолжительность их вегетации, но и увеличить высоту растений и число соцветий на побегах до уровня сорта Дикуль.

Таблица 4

**Архитектоника вегетативной сферы растений межвидового гибрида
(*F.esculentum* × *F.homotropicum*) детерминантного типа (2015 г.)**

Популяция	Среднее число вегетативных узлов, шт.			Метамерийная формула популяции
	на стебле	на ветвях	на растении	
исходная	7,1	22,1	29,2	7,1+2,4+2,8+3,3+3,6+3,5+3,1+1,9+0,9+0,4+0,2
проработанная	5,7	15,8	21,5	5,7+2,7+3,0+3,4+3,6+2,5+0,5+0,1

Созданная в результате такой селекции гомостильная популяция в 2015 году достоверно не отличалась по уровню урожайности от сорта-эталона Дикуль (табл. 5). В 2016 году различия были достоверными, но за счет более высокой урожайности сорта-эталона урожайность популяции гибридов осталась на том же уровне.

Таблица 5

Урожайность межвидовых гибридов гречихи детерминантного типа

Год	Сортообразец	Урожайность	
		т/га	% от эталона
2015	Дикуль (эталон)	1,82	-
	F ₁₁ (<i>F.esculentum</i> × <i>F.homotropicum</i>), 3-кратный отбор в условиях конкуренции с сортом	1,62	89,0
	НСР ₀₅	0,251	-
2016	Дикуль	1,95	-
	F ₁₂ (<i>F.esculentum</i> × <i>F.homotropicum</i>)	1,61	82,6
	НСР ₀₅	0,272	-

Таким образом, отбор в условиях жесткой конкуренции со стороны более адаптированных растений культурной гречихи может служить эффективным методом ускорения селекционной проработки популяций, полученных на основе гибридизации с диким видом.

Литература

1. Campbell C. Interspecific hybridization in the genus *Fagopyrum* // Proc. 6th Intl. Symp. Buckwheat at Ina. – 1995. – V.1. – P. 255-263.
2. Wang Y.J., Campbell C. Interspecific hybridization in buckwheat among *Fagopyrum esculentum*, *F. homotropicum* and *F. tataricum* // Proc. 7th Intl. Symp. Buckwheat at Winnipeg. – 1998. – Part 1. – P. 1-12.
3. Wang Y., Scarth R., Campbell C. Comparison between diploid and tetraploid forms of *Fagopyrum homotropicum* in intraspecific and interspecific crossability and cytological characteristics // *Fagopyrum*. – 2002. – V.19. P.23-29.
4. Wang Y.J., Campbell C. Buckwheat production, utilization and research in China // *Fagopyrum*. – 2004. – V.21. – P. 123-133.
5. Фесенко А.Н. Использование межвидовой гибридизации для повышения устойчивости гречихи к инбридингу // Доклады РАСХН. – 2007. – № 2. – С. 9-11.
6. Фесенко А.Н., Фесенко Н.Н. Использование межвидовой гибридизации в селекции гречихи посевой // Доклады РАСХН. – 2002. – № 5. – С. 11-13.
7. Фесенко Н.В., Фесенко А.Н., Фесенко И.Н., Мартыненко Г.Е., Цуканова З.Р., Анисимов И.П., Гуринович И.А. Новые методы создания скороспелых сортов гречихи // Вестник ОрелГАУ. – 2009. – № 3. – С.26-29.
8. Фесенко И.Н., Фесенко А.Н. Генетический анализ некоторых последствий эволюции дикого автогамного вида *Fagopyrum homotropicum* Ohnishi и возделываемого перекрестноопылителя *F. esculentum* Moench // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № (7). – С. 19-25.
9. Фесенко Н.В., Фесенко А.Н., Романова О.И. Морфологическая структура популяций как основной элемент функциональной системы экологической адаптации гречихи обыкновенной *Fagopyrum esculentum* Moench. // Вестник ОрелГАУ. – 2010. – №4. – С.47-52.
10. Фесенко Н.Н., Романова О.И., Мартыненко Г.Е., Фунатзуки Х. Экологическая изменчивость архитектоники российских и японских сортов гречихи // Аграрная Россия. – 2002. – №1. – С. 68-72.
11. Fesenko A.N., Fesenko N.N., Romanova O.I., Fesenko I.N. Crop Evolution of Buckwheat in Eastern Europe: Microevolutionary trends in the secondary center of buckwheat genetic diversity. In: M. Zhou, I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo, G. Wieslander (eds.), *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. 2016. Chapter 8, –P. 99-107.
12. Фесенко А.Н., Фесенко И.Н., Бирюкова О.В., Шипулин О.А. Генетический контроль числа соцветий на побегах детерминантной формы гречихи.// Доклады РАСХН. – 2010. – № 1. – С. 9-10.

ELEMENTS OF THE GENETIC CONTROL OF THE MORPHOLOGICAL DIFFERENCES BETWEEN *FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH AND *F. HOMOTROPICUM* OHNISHI, AND SOME RESULTS OF THE USE OF INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION IN BREEDING OF COMMON BUCKWHEAT

A.N. Fesenko, I.N. Fesenko, N.N. Fesenko, O.V. Biryukova

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *The genetic control of differences between *Fagopyrum esculentum* and *F. homotropicum* has been studied on a number of features that are significant for breeding (1000 seed weight, number of vegetative nodes on main stem, winged/non-winged seeds). A wild species carries dominant minus-alleles at loci controlling the variation in weight of 1000 seeds. Interspecies difference in the number of vegetative nodes on stem was inherited additively. The gene, the dominant allele of which determines the winged seeds, is linked to the locus D (DET) which mutation determines the determinate growth habit. New approaches have been tested to accelerate selection in population of interspecific hybrids. Indeterminant hybrids were sown in the field with a high seeding rate (3 million seeds per hectare) and were harvested in time which is optimal for medium-ripening buckwheat varieties. Any selection was not carried out to maximally preserve the genetic diversity of the hybrids. The manipulations during three generations allowed to significantly increase the share of the earlier (4-5 vegetative nodes) morphotypes. Determinant interspecific hybrids were drilled in the field in a mixture with seeds of the indeterminant variety Molva. Strong competition with taller indeterminant plants in conditions of dense cenosis ensured the culling of the least competitive genotypes; the presence of a morphological marker (determinate type of growth) made it possible to remove indeterminant hybrids with the Molva variety from the population. The next stage was the sowing of the progenies and selecting plants with pin flowers (which progenies are only from cross-pollination) in order to avoid inbreeding depression and for recombination of favorable alleles. Three cycles of such selection allowed not only to significantly reduce both the potential of branching of plants and the duration of their vegetation, but also to increase the height of plants and the number of inflorescences on shoots up to the level of variety Dikul.*

Keywords: buckwheat, breeding, interspecific hybridization, adaptation, weight of 1000 seeds.

УДК 635.58(470. 319)

ОПЫТ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В РАЗРАБОТКЕ И ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.Т. ЛОБКОВ, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГАУ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

Вопросы энерго- и ресурсосбережения, экологической устойчивости земледелия вышли в современной агрономии на первое место. В поиске их решения в науке сформировалось новое направление – биологизация земледелия, предполагающее решение указанных проблем на основе активизации биологических процессов воспроизводства агроэкологических ресурсов.

Данное направление развивается и в России. Однако если в развитых странах распространение биологического земледелия имеет в своей основе перепроизводство сельхозпродукции, то у нас объективно идет процесс сокращения средств химизации из-за их дороговизны. Использование биологических методов здесь является антикризисным фактором в АПК.

Значительный научный задел и практический опыт в этом направлении накоплен в Орловской области. Производство зерна в регионе в последние два года превышает 3 т на душу населения. Это самый высокий показатель в Российской Федерации. Достигнутый уровень является рекордным для Орловщины: в конце 80-х годов прошлого столетия земледельцы лишь в отдельные годы производили более 2 млн. т зерна, сейчас – стабильно более 3 млн. тонн. При этом решение ключевой проблемы земледелия и всей сельскохозяйственной отрасли увеличение производства зерна осуществляется при