

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ РАССЕЧЁННОЛИСТОЧКОВОГО МОРФОТИПА ГОРОХА

А.Н. ЗЕЛЕНОВ, В.И. ЗОТИКОВ, Т.С. НАУМКИНА, Н.Е. НОВИКОВА*,

доктора сельскохозяйственных наук

В.Ю. ЩЕТИНИН, Г.А. БОРЗЁНКОВА, С.В. БОБКОВ,

кандидаты сельскохозяйственных наук

А.А. ЗЕЛЕНОВ, Е.Ф. АЗАРОВА, О.В. УВАРОВА,

ГНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур

*ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

Рассечённосточковая форма гороха характеризуется высокими показателями продукционного процесса, активным взаимодействием с азотфиксирующими бактериями и грибами арбускулярной микоризы, урожайностью и повышенным содержанием белка в семенах. Благодаря этому она перспективна для селекции и возделывания в производстве. Проблема устойчивости к полеганию решается селекционными и агротехническими методами. Изложены генетические особенности новой формы.

Ключевые слова: горох, рассечённосточковый морфотип, генетика, селекция, физиология, биохимия, азотфиксация, смешанные посевы.

Прогресс в селекции любой культуры вообще и гороха, в частности, возможен путем возрастания биоэнергетического потенциала растения, т.е. путем увеличения биомассы и её энергоемкости. «Повышение потенциала онтогенетической адаптации растений, в т.ч. их продукционных и средоулучшающих функций, в конечном счёте, оказывается проблемой биоэнергетической. Только имея достаточные запасы свободной энергии, аккумулированной в процессе фотосинтеза, культивируемые растения и агросистема могут обеспечить высокую потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость, а, следовательно, и высокую урожайность в варьирующих условиях внешней среды» [1].

Увеличение биосинтетической способности растений в пределах вегетационного периода современных сортов путем усиления интенсивности фотосинтеза и поглотительной деятельности корневой системы при сохранении высокой интенсивности перераспределения веществ между органами является физиологически обоснованной стратегией повышения урожайности селекционными методами [2].

Проведенными исследованиями [3-5] установлено, что некоторые формы гороха с изменённой архитектоникой листа (акациевидный, многократно непарноперистый, рассечённосточковый, гетерофильная форма хамелеон), как правило, отличаются высокой интенсивностью фотосинтеза и высоким биоэнергетическим потенциалом. Создан высокоурожайный сорт гороха морфотипа хамелеон Спартак, который с 2009 г. внесен в Госреестр селекционных достижений и в настоящее время допущен к использованию по 6 регионам Российской Федерации.

Среди других листовых морфотипов наиболее перспективной, по нашему мнению, является рассечённосточковая форма, которая благодаря высокой концентрации хлорофилла в листьях [6] и высокой интенсивности фотосинтеза [7] способна формировать повышенную биомассу при одинаковом со стандартными сортами вегетационном периоде [8].

Рассечённолисточковая форма гороха впервые обнаружена во ВНИИЗБК в 2002 г. как спонтанный мутант в посевах размножения короткостебельного, детерминантного (*deh*), безлисточкового, с неосыпающимися семенами сорта Батрак. Мутант имеет необычные как для рода *Pisum L.*, так и для семейства *Fabaceae Lindl.* вообще листья с глубокорассечёнными в верхней части листочками и простыми неветвящимися усиками, отходящие от черешка у основания листочков (рис.1).



Рис. 1. Листья рассечённолисточкового растения. Видна изменчивая экспрессивность длины усиков.

В генофонде *Pisum L.* известны две формы, несколько напоминающие рассечённолисточковый мутант. Описана мутация *insecatus* у *Pisum sativum L.*, которая контролирует формирование в верхней части листочка двух острых зубцов и часто усика между ними [9]. У листочка же рассечённолисточковой формы зубцов несколько, а усики расположены у оснований черешочков.

У разновидности глубоконадрезанной дикорастущего вида гороха красножёлтого (*Pisum fulvum Sibth. et Smith, var. incisum Post*) также имеет место сильная изрезанность края листочка. Однако надрезы у неё расположены по всему краю листочка, и усики у основания черешочков отсутствуют [10]. Таким образом, впервые обнаруженный нами рассечённолисточковый мутант является оригинальной ботанической формой. Для краткости он получил обозначение Рас-тип. В настоящей работе обобщены результаты 12-летних комплексных исследований, проведенных авторами с этим морфотипом.

Генетическая природа признака рассечённолисточковости определена в 2006 г. в F₂ скрещивания Рас-тип x листочковый сорт *Adept*. Выяснилось, что признак обусловлен комплексным взаимодействием генов безлисточковости (*af*) и усиковой акации (*tac*) – табл. 1. Таким образом, появление нового признака у безлисточкового сорта Батрак связано со спонтанно возникшим в его геноме рецессивным аллелем *tac*. Однако генотип *afaf tactac* обуславливает развитие гетерофильной формы хамелеон. Следовательно, усиковая акация, формирующая в сочетании с геном *af* рассечённолисточковый лист, и усиковая акация, образующая форму хамелеон, несмотря

на их относительное фенотипическое сходство (при внимательном рассмотрении малозаметные различия есть), обусловлены разными генами.

Таблица 1. Характер расщепления в F₂ Рас-тип x *Adept*

| Показатели | всего | листочковые | усатые | усиковая акация | рассечённо-листочковые | χ^2 |
|--------------------------|-------|-------------|--------|-----------------|------------------------|--------------------|
| фактическое – количество | 179 | 104 | 34 | 30 | 11 | 0,63 ^{*)} |
| -отношение | 16,00 | 9,29 | 3,04 | 2,68 | 0,98 | |
| ожидаемое – количество | 179 | 100 | 34 | 34 | 11 | |
| -отношение | 16,00 | 9 | 3 | 3 | 1 | |

^{*)} вероятность = 0,90

В соответствии с имеющимся прецедентом персонифицировать вариации гена усиковой акации [11] предложено обозначать новый ген символом *tac^A* (обнаружил Анатолий Зеленов). Другой упомянутый ген, как это предложено его первооткрывателем, обозначался символом *tac^B* (выделил *Balram Sharma*). В настоящее время ген *tac^B* принято именовать *uni^{tac}*.

Проведённый тест на аллелизм при скрещивании Рас-тип с *tac^B-3* показал, что гены *uni^{tac}* и *tac^A* не аллельны. Представляет интерес взаимодействие этих генов в одном геноме. При гибридизации двух усиковых акаций Индийский мутант (*uni^{tac}*) x Русак (*tac^A*) в F₂ ожидалось получить 9 листочковых растений («дикий тип») : 3 усиковые акации *uni^{tac}* : 3 усиковые акации *tac^A* : 1 генотип *uni^{tac}uni^{tac} tac^Atac^A*. Фактически получено 23 листочковых растения, 7 усиковых акаций (по фенотипу различить генотип трудно), 3 хамелеона и 2 растения с усатыми листьями. Гипотетический генотип *uni^{tac}uni^{tac} tac^Atac^A* не обнаружен. Вместо этого отмечена активизация аллеля *af*. В связи с этим возникло предположение, что ген *tac^A* является переместившимся в другой локус геном *uni^{tac}*, который в геноме сорта Батрак находился в неактивном состоянии. Особенности фенотипического появления *tac^A* обусловлены эффектом его положения. Разумеется, эта гипотеза требует инструментальной проверки.

Косвенным свидетельством произошедших в геноме Батрака изменений на субмолекулярном уровне являются результаты определения частоты хромосомных нарушений в метафазных клетках меристематических участков корня. У сорта Батрак их 4,64 %, у рассечённолисточкового мутанта – только 1,89 %. Однако известно, что, по сравнению с исходными формами, как раз мутанты обладают повышенной мутабельностью, которая может быть обусловлена разрушением блоков коадаптированных генов и нарушением регуляторного аппарата растения.

В геноме сорта Батрак впервые объединены рецессивные аллели короткостебельности (*le*), детерминантного типа роста стебля (*deh*), безлисточковости (*af*), неосыпаемости семян (*def*). Каждый из этих генов, «вырванных» из генотипической среды своих доноров, «оборвал» функциональные связи с адаптивными к ним генами и вызвал нестабильность на молекулярном уровне. В геноме Батрака благодаря спонтанному мутированию шёл поиск новых гомеостатических связей. Появление аллеля *tac^A* в определённой степени решило эту проблему.

На уровне организма это подтверждается результатами изучения в 2005-2007 гг. взаимосвязей количественных признаков методом корреляционных плеяд по П.В. Терентьеву [12]. Наиболее устойчивые связи ($r > 0,7$) отмечены у рассечённолисточкового мутанта (рис.2). Число членов плеяды у него – 12, у Батрака только 7. Относительная мощность плеяды соответственно 1,00 и 0,58. Таким образом, рассечённолисточковый мутант как на хромосомном, так и на организменном уровнях является адаптивной формой гороха для условий Центральной России.

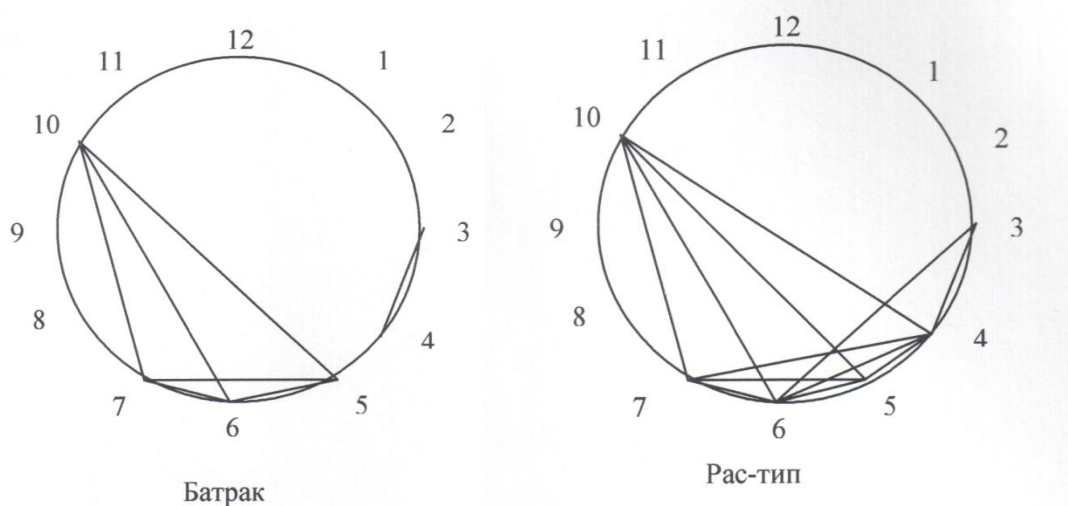


Рис. 2. Корреляционные плеяды взаимосвязи признаков продуктивности.

1 – длина растений; 2 – число узлов до 1 продуктивного узла; 3 – число продуктивных узлов; 4 – число бобов на растение; 5 – число семян с растения; 6 – масса семян с растения; 7 – масса соломы; 8 – число бобов на продуктивный узел; 9 – число семян в бобе; 10 – продуктивность биомассы; 11 – уборочный индекс; 12 – масса тысячи семян.

Положительная корреляционная связь $r > 0,7$

При скрещивании рассечённосточкового мутанта (Рас-тип) с исходным сортом Батрак ($afaf tac^A tac^A \times afaf Tac^A Tac^A$) в F_2 отмечено моногибридное расщепление – 3 усатых : 1 рассечённосточковый. Конкретно в опыте – 141:43, $\chi^2=0,26$ при 80%-ной вероятности.

Множественно непарноперистая форма Пап 485/4 ($afaf tl tl$) и Рас-тип ($afaf tac^A tac^A$) также имеют в своих геномах общий ген *af*. Поэтому в F_2 Пап 485/4 x Рас-тип наблюдалось дигибридное расщепление – 9 усатых : 3 множественно непарноперистых : 3 рассечённосточковых : 1 дважды непарноперистая с усиками и рассечёнными листочками, которую мы обозначили А-агримут ($afaf tl tl tac^A tac^A$). Фактически в изученной комбинации – 151:41:42:10; $\chi^2=1,63$ при вероятности 70%.

Гибридизация Рас-тип x Спартак (морфотип хамелеон) привела к активному формообразовательному процессу. В F_2 из 240 растений 123 были усатые, 48 – рассечённосточковые, 23 усиковые акации (uni^{tac} и tac^A), 23 – хамелеоны, 8 пятилисточковых акаций ($tl tl uni^{tac} uni^{tac}$) и 6 растений «баттерфляй» ($tl tl tac^A tac^A$). У двух последних произошла репрессия аллеля *af*. Вероятно, это связано с взаимодействием аллелей uni^{tac} и tac^A , о чем было сказано выше.

Изучение биологических особенностей рассечённосточковой формы показало, что в целом она отличается повышенным содержанием белка в семенах (табл.2). Проанализированные линии получены от скрещивания Рас-тип x Батрак. Отмечена трансгрессия по этому показателю у большинства линий, особенно у Рас-1016/6, Рас-711/7, Рас-713/7, Рас-716/7.

Таблица 2. Содержание белка в семенах селекционных линий рассечённолисточкового морфотипа, %

| Линии, сорта | 2008 г. | 2009 г. | Среднее |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Рас-1006/6 | 25,0 | 23,6 | 24,3* |
| Рас-1016/6 | 26,2 | 23,6 | 24,9* |
| Рас-658/7 | 24,3 | 22,1 | 23,2* |
| Рас-660/7 | 24,7 | 20,6 | 22,6* |
| Рас-664/7 | 25,5 | 23,0 | 24,2* |
| Рас-665/7 | 25,5 | 24,0 | 24,8* |
| Рас-666/7 | 23,6 | 23,2 | 23,4* |
| Рас-669/7 | 24,6 | 20,8 | 22,7 |
| Рас-675/7 | 22,8 | 20,4 | 21,6 |
| Рас-678/7 | 24,6 | 23,2 | 23,9* |
| Рас-679/7 | 24,8 | 23,2 | 24,0* |
| Рас-703/7 | 25,3 | 23,4 | 24,4* |
| Рас-710/7 | 24,9 | 22,4 | 23,6* |
| Рас-711/7 | 26,8 | 25,6 | 26,2* |
| Рас-713/7 | 27,1 | 25,1 | 26,1* |
| Рас-714/7 | 26,7 | 22,0 | 24,4* |
| Рас-716/7 | 27,0 | 24,6 | 25,8* |
| Рас-730/7 | 25,7 | 24,6 | 25,2* |
| Рас-тип | 24,2 | 22,6 | 23,4* |
| Среднее | 25,2 | 23,0 | 24,1* |
| Батрак | 22,9 | 21,8 | 22,4 |
| Орловчанин – ст | 21,8 | 20,6 | 21,2 |
| НСР ₀₅ | 1,8 | 1,6 | |

* - различия существенны при уровне значимости $\alpha \leq 0,05$

Белок семян сорта Батрак характеризуется высокой биологической ценностью [13]. Но рассечённолисточковый мутант, как показали данные анализа семян урожая 2010 г., уступил исходному сорту как по содержанию сырого протеина (Рас-тип – 21,4%, Батрак – 22,4%), так и по сумме незаменимых аминокислот в нем (соответственно, 29,0% и 33,2%). Однако линия Рас-1070/8, полученная от скрещивания Рас-тип x Мадонна, отличалась как высокой белковостью (26,1%), так и комплексом незаменимых аминокислот (33,6%). Она выделилась по содержанию лизина, валина и лейцина [14]. Таким образом, методом направленного отбора в селекции рассечённолисточкового морфотипа можно улучшить качественные показатели семян.

Многие линии нового морфотипа обладают отличными симбиотическими показателями при инокуляции штаммом 250a *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* и грибами арбускулярной эндомикоризы *Glomus intraradies* и *Glomus fasciculatum* (табл. 3). Лучшие из них (Рас-661/7, Рас-660/7, Рас-658/7) в 2-2,5 раза превосходят высокоурожайный стандартный сорт Орловчанин по нитрогеназной активности и в 2-3,5 раза по числу клубеньков на растении. Это открывает перспективу для создания сортов с высоким потенциалом накопления азота в растении.

Симбиотическая активность растительно-микробных сообществ подвержена значительному экзогенному влиянию. В условиях очень жаркого и сухого лета 2010 года почти у всех линий произошло снижение нитрогеназной активности клубеньков и уменьшилось их число на растении. Стабильные показатели отмечены лишь у образца Рас-661/7. На интенсивность развития микоризной инфекции и содержание арбускул в микоризованной части корня погодные условия влияли мало. Поэтому в таблице 3 приведены средние данные за оба года.

Таблица 3. Симбиотические показатели линий рассечённолисточкового морфотипа

| Сорта линии | Нитрогеназная активность мкг N ₂ / рас.час | | | Число клубеньков на расте- нии, шт. | | | Развитие микориз- ной инфекции M%* | Содержа- ние арбу- скул в корне, %* |
|-------------------|--|---------|---------|--|---------|---------|--|--|
| | 2009 г. | 2010 г. | Среднее | 2009 г. | 2010 г. | Среднее | | |
| Рас-1006/6 | 43±3,81 | 10±0,17 | 26 | 13±0,65 | 6±0,11 | 10 | 67 | 16 |
| Рас-658/7 | 80±1,24 | 25±0,18 | 52 | 62±0,84 | 20±0,11 | 41 | 64 | 32 |
| Рас-660/7 | 82±1,17 | 19±0,15 | 50 | 58±0,37 | 16±0,08 | 37 | 56 | 30 |
| Рас-661/7 | 90±3,46 | 75±0,21 | 82 | 34±0,47 | 25±0,13 | 30 | 74 | 39 |
| Рас-666/7 | 51±4,63 | 21±0,12 | 36 | 23±0,48 | 8±0,11 | 16 | 66 | 22 |
| Рас-675/7 | 63±2,71 | 18±0,17 | 40 | 24±0,52 | 11±0,05 | 18 | 66 | 24 |
| Рас-678/7 | 48±4,26 | 15±0,09 | 32 | 61±0,29 | 7±0,10 | 34 | 60 | 20 |
| Рас-679/7 | 31±1,49 | 17±0,10 | 24 | 27±0,19 | 12±0,09 | 20 | 50 | 15 |
| Рас-782/7 | 41±1,24 | 20±0,19 | 30 | 45±0,89 | 18±0,09 | 32 | 70 | 16 |
| Рас-тип | 79±1,12 | 22±0,21 | 50 | 49±0,38 | 18±0,12 | 34 | 85 | 28 |
| Батрак | 78±1,18 | 45±0,20 | 62 | 32±0,25 | 10±0,12 | 21 | 64 | 23 |
| Орловчанин- ст | 35±,2,33 | 12±0,15 | 24 | 18±1,03 | 6±0,08 | 12 | 78 | 22 |

*среднее за 2009 и 2010 гг.

Изучение селекционного материала рассечённолисточкового морфотипа на инфекционном, инвазионном и провокационном фонах не выявило высокоустойчивых образцов. Среднюю устойчивость к фузариозной корневой гнили показала линия Рас-716/7, к пероноспорозу – Рас-351/11, к ржавчине – Рас-678/7, к гороховой зерновке – Рас-716/7 и Рас-1070/8.

Следует иметь в виду, что сорта с высокой устойчивостью к отдельным расам патогенов уязвимы в случае возникновения новых, более агрессивных рас. Печальный пример продемонстрировали сорта озимой пшеницы Аврора и Кавказ селекции Краснодарского НИИСХ. Поэтому в настоящее время селекция ориентирована на создание сортов хотя и восприимчивых, но выносливых к биотическим стрессорам. Такие сорта способны обеспечивать стабильную по годам урожайность.

Уже было отмечено, что рассечённолисточковая форма гороха отличается высокой интенсивностью фотосинтеза. В фазу плоского боба у линии Рас-657/7 этот показатель составил 16,53 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$, у стандартного сорта Орловчанин – только 11,56 $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\text{s}$ [6]. Фотосинтез – ключевое звено продукционного процесса. Однако связь между интенсивностью фотосинтеза и урожайностью выражена слабо. Необходимыми звеньями являются величина и деятельность корневой системы, дыхание, водный режим, транспорт ассимилянтов в растении, аттрагирующая активность семян как органов запаса и другие физиологические процессы. Все эти звенья должны быть объединены регуляторными связями в единую, оптимально функционирующую цепь и застрахованы системами защиты от биотических и абиотических стрессов.

Рассечённолисточковая форма гороха характеризуется формированием большей, по сравнению с исходным сортом, биомассы с повышенным накоплением белка в семенах. При этом в растении организуются новые блоки коадаптированных генов, соответствующие новому более высокому биоэнергетическому уровню. В процессе создания сортов рассечённолисточкового морфотипа, особенно на первых этапах селекции, неизбежно приходится привлекать источники и доноры хозяйственно ценных признаков низкого ароморфозного уровня. В результате может

быть потеряно самое ценное свойство рассечённолисточкового морфотипа – его биоэнергетический потенциал.

Исследования, проведённые с гетерофильной формой гороха хамелеон, также обладающей высоким биоэнергетическим потенциалом, показали эффективность внутриморфных скрещиваний (хамелеон x хамелеон) по сравнению с междуморфными (хамелеон x усатый) как по выходу трансгрессивных элитных растений, так и по уровню трансгрессии [15]. Естественно было предложить, что селекцию и рассечённолисточкового морфотипа целесообразно проводить на одном биоэнергетическом уровне (рассечённолисточковый x рассечённолисточковый). Но для этого предварительно необходимо было создать достаточно разнообразный по признакам и свойствам генбанк образцов нового морфотипа.

В настоящее время коллекция рассечённолисточкового морфотипа насчитывает более сотни сортообразцов. При формировании генбанка особое внимание обращалось на продуктивность биомассы отобранных линий. В таблице 4 представлены наиболее урожайные линии генбанка.

Таблица 4. Продуктивные линии рассечённолисточкового морфотипа (2008 г.)

| Сорт, линии | Происхождение | Урожай семян | | Продуктивность биомассы, г/раст. | Масса семян с растения, г/раст. | K _{хоз} , % | Содержание белка, % |
|-------------------|---------------------|--------------|---------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------|
| | | /га | к ст. % | | | | |
| Орловчанин | стандарт | 5,37 | 100,0 | 7,79 | 4,13 | 53,0 | 21,8 |
| Рас-тип | исходный мутант | 4,64 | 86,4 | 9,23 | 3,91 | 42,4 | 24,0 |
| Рас-657/7 | Рас-тип x Батрак | 5,57 | 103,7 | 9,13 | 4,68 | 51,3 | 24,3 |
| Рас-675/7 | Рас-тип x Батрак | 5,75 | 107,0 | 9,80 | 4,71 | 48,1 | 24,2 |
| Рас-678/7 | Рас-тип x Батрак | 5,31 | 98,8 | 8,64 | 4,44 | 51,4 | 24,6 |
| Рас-712/7 | Рас-тип x Опорный 1 | 5,68 | 105,7 | 9,37 | 4,48 | 47,8 | 27,1 |
| Рас-1006/6 | Рас-тип x Спартак | 5,65 | 105,2 | 11,71 | 5,52 | 47,1 | 25,0 |
| Рас-1016/6 | Пап-485/4 x Рас-тип | 5,05 | 94,0 | 9,72 | 4,42 | 45,5 | 25,1 |
| НСР ₀₅ | | 0,41 | | 0,85 | 0,33 | | |

Если лучшая по урожаю семян линия Рас-675/7 превысила стандарт на 7,0%, то по продуктивности биомассы все рассечённолисточковые линии превосходили сорт Орловчанин на 10,9-50,3%. С учётом более высокого, на 2,2-5,3% содержания белка в семенах преимущество рассечённолисточковых линий в энергетическом отношении следует оценивать ещё выше, так как на биосинтез белка растение расходует вдвое больше энергии, чем на биосинтез углеводов.

По величине уборочного индекса (K_{хоз}) линии нового морфотипа уступают стандарту, что свидетельствует о недостаточной аттрагирующей активности семян. Но в то же время в этом заключается потенциал увеличения семенной продуктивности, который следует реализовывать селекционными методами. Расчёты показывают, что K_{хоз} у гороха можно увеличить до 60-70%.

Актуальным для селекции рассечённолисточкового морфотипа является также повышение устойчивости к полеганию. Работа ведётся с двумя признаками. Первый – прочный неполегающий стебель. Для этого в гибридизацию в качестве источников привлекаются сорта Батрак, Софья, Фараон, Мадонна, Стабил и другие. Второй признак – усики. У исходного рассечённолисточкового мутанта они слишком коротки и не обеспечивают сцепления растений друг с другом. Поэтому, учитывая изменчивую экспрессивность длины усиков у этой формы, проводится

целенаправленный отбор длинноусиковых линий. В целом по устойчивости рассечённолисточкового морфотипа к полеганию достигнут некоторый прогресс: созданы линии, превосходящие по этому показателю листочковые сорта, но пока ещё уступающие усатым.

Другой путь преодоления полегаемости – посев рассечённолисточковых линий в смеси с устойчивыми усатыми сортами (диморфные посева). В 2005-2007 гг. во ВНИИЗБК были проведены исследования, в результате которых установлено, что при совместном выращивании рассечённолисточкового мутанта (Рас-тип) с неполегающим усатым сортом Батрак устойчивость к полеганию сортосмеси повышается почти до уровня усатого сорта, и при этом проявляется синергизм компонентов агрофитоценоза: в среднем за годы испытания урожайность в чистом посеве у Рас-типа составляла 2,28 т/га, Батрак 2,50 т/га. В диморфных посевах в зависимости от соотношения компонентов от 2,51 до 2,64 т/га [16].

В 2012-2013 г.г. в смеси с Батраком попарно выращивали несколько рассечённолисточковых линий. В этом опыте устойчивость к полеганию в фазу созревания (отношение высоты стеблестоя к длине стебля в %) в монопосеве составляла в среднем за два года 51,3-76,0% (у Батрака – 91,6%); в смешанном посеве 74,6-87,2%. Однако увеличение урожайности в сортосмесях на 8,0-19,1% отмечено только у линий Рас-678/7, Рас-1070/8 и Рас-1098/8. У двух других линий, Рас-665/7 и Рас-828/9, реакция на смешанный посев отсутствует (табл. 5). Одной из причин может быть заметная разница между сортом и линиями по длине стебля. Известно, что компоненты сортосмесей по своим реакциям на условия агроценоза должны «как бы дополнять друг друга и в то же время обеспечивать однородность по таким признакам, как высота, сроки созревания и т.д.» [17].

Таблица 5. Урожайность семян в чистом и смешанном посевах

| Варианты | Монопосев, т/га | | | Смесь, т/га | | | % смеси к монопосеву |
|-------------------|-----------------|---------|-----------------|-------------|---------|-----------------|----------------------|
| | 2012 г. | 2013 г. | Среднее за 2 г. | 2012 г. | 2013 г. | Среднее за 2 г. | |
| Батрак | 3,04 | 1,75 | 2,40 | - | - | - | - |
| Рас-665/7 | 2,67 | 1,62 | 2,15 | 2,82 | 1,44 | 2,13 | 99,1 |
| Рас-678/7 | 2,44 | 1,48 | 1,96 | 3,09 | 1,51 | 2,30 | 117,4 |
| Рас-1070/8 | 2,72 | 1,48 | 2,10 | 3,13 | 1,86 | 2,50 | 119,1 |
| Рас-1098/8 | 2,70 | 2,06 | 2,38 | 2,97 | 2,18 | 2,58 | 108,0 |
| Рас-828/9 | 3,09 | 1,93 | 2,51 | 2,93 | 1,99 | 2,46 | 98,0 |
| НСР ₀₅ | 0,32 | 0,20 | | 0,48 | 0,26 | | |

Таким образом, впервые обнаруженная во ВНИИЗБК рассечённолисточковая форма гороха отличается высокой продуктивностью биомассы, высокой интенсивностью фотосинтеза, стабильностью продукционного процесса. Многие линии обладают отличными симбиотическими показателями азотфиксации и взаимодействия с грибами арбускулярной микоризы. Большинство линий нового морфотипа имеют повышенное содержание белка в семенах. Все эти данные позволяют сделать вывод о перспективности рассечённолисточкового морфотипа для селекции и возделывания в производстве.

Литература

1. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. Том I, 2008. – 816 с.
2. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов гороха. Автореф. дисс... доктора с.х. наук. – Орёл, 2002. – 46 с.

3. Князькова С.Р. Исходный материал в селекции гороха на улучшение габитуса растений. Автореф. дисс... канд.с.х. наук. – Немчиновка, 1987. – 16 с.
4. Сулова Л.В. Особенности исходного материала для селекции овощного гороха по морфологическим признакам. Автореф. дисс... канд.с.х. наук. – М., 1990. – 26 с.
5. Зеленов А.Н., Амелин А.В., Новикова Н.Е. Перспективы использования новой селекционной формы гороха хамелеон // Доклады Россельхозакадемии, 2000. - №4. – С.15-17.
6. Avercheva O., Sinjushin A., Zelenov A. A spontaneous mutation in a semi-leafless pea cultivar restores leaflet formation and improves photosynthetic function // VI Intern. Conf. on Legume Genetics and Genomics. India, Hyderabad, 2012. / P-TLG08. <http://www.incrisat.org/gt-bt/VIICLGG/Homepage.htm>.
7. Панарина В.И. Эндо- и экзогенные факторы регуляции плод- и семяобразования у современных сортов гороха. Автореф. дисс... канд.с.х. наук. – Орёл, 2011, – 24 с.
8. Зеленов А.Н., Немётова Ю.С. Рассечённолисточковый мутант гороха // Новые и нетрадиционные растения и перспектива их использования. Мат. симпозиума. М., 2005. – Т.2. – С. 276-278.
9. Lamprecht H. Das Merkmal *insecatus* von *Pisum* und seine Vererbung sowie einige Koppelungsstudien. Agri. Hort. gen., 1959. – Bd. 17. – S. 26-36.
10. Макашева Р.Х. Горох // Культурная флора СССР, т.IV, часть I. – Л., 1979. – 324 с.
11. Sharma B. and Kumar Sushil. Discovery of one more allele of the *Tac* locus of *Pisum sativum* // Pulse Crops Newsletter. – 1981. Vol. 1. - №3. – P. 21-22.
12. Терентьев П.В., Ростова Н.С. Практикум по биометрии. – Л.: ЛГУ, 1977. – 152 с.
13. Косолапов В.М., Фицев А.И., Гаганов А.П., Мамаева М.В. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных, М., 2009. – 374 с.
14. Зеленов А.Н., Шелепина Н.В., Мамаева М.В. Особенности аминокислотного состава белка листовых мутантов гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, 2013. - №1(5). – С. 21-25.
15. Задорин А.М., Зеленов А.Н., Парахин Н.В. Особенности организации селекционного процесса при выведении новых сортов гороха с ярусной гетерофиллией // Регуляция продукционного процесса сельскохозяйственных растений. Материал науч. - практ. конф., ч. II. Орёл, 2006. – С. 120-124.
16. Зеленов А.Н., Щетинин В.Ю. Диморфные агрофитоценозы гороха на зерно // Доклады Россельхозакадемии, 2008. - №2. – С. 13-15.
17. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинёв, 1980. – 588 с.

BIOLOGICAL POTENTIAL AND PROSPECTS OF SELECTION OF DISSECTED LEAF MORPHOTYPE OF PEAS

A.N. Zelenov, V.I. Zotikov, T.S. Naumkina, N.E. Novikova*, V.Yu. Schetinin,

G.A. Borzenkova, S.V. Bobkov, A.A. Zelenov, E.F. Azarova, O.V. Uvarova

The All-Russia Research Institute of Legumes and Groat Crops

*Orel State Agrarian University

Abstract: *The dissected leaf form of peas is characterized by high indicators of production process, active interaction with nitrogen-fixing bacteria and arbuscular mycorrhiza fungi, productivity and the increased content of protein in seeds. Thanks to it it is perspective for selection and commercial production. The problem of resistance to lodging is solved by selection and agrotechnical methods. Genetic features of the new form are stated.*

Keywords: peas, dissected leaf morphotype, genetics, breeding, physiology, biological chemistry, nitrogen fixation, admixed sowings.