

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ ОРГАНОВ ПРОРОСТКОВ
В СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА (*Pisum sativum* L.) НА УРОЖАЙНОСТЬ**

П.А. Пашкевич, научный сотрудник

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

В.Ч. Шор, кандидат с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 12.12.2015 г.)

В статье приведены результаты анализа морфометрических параметров проростков у перспективных линий полевого гороха (*Pisum sativum* L.) различных морфотипов. В качестве параметров сравнения линий со стандартным сортом, с которыми тесно коррелирует урожай семян гороха, использовались количество и средняя длина боковых корешков. Выделены линии, которые превосходят сорт-стандарт по этим показателям.

Введение

Оценка гибридного материала и отбор наиболее высокоурожайных линий, образцов – одна из важнейших задач в селекции гороха. Наличие большого разнообразия типов листа и других хозяйственно ценных признаков (детерминантности, неосыпаемости, фасциации) усложняет комплексную оценку и отбор. Селекционер должен учитывать как действие генов, контролирующих те или иные признаки, так и характер их взаимодействия. Многие признаки, определяющие технологичность и высокую потенциальную урожайность гороха, обусловлены действием рецессивных (мутантных) генов (*le*, *lm*, *af*, *def*, *deh*, *det*, *tl*), а порой и их взаимодействием (*fas fa det*, *fn fna*, *af-tac*) [2]. При этом растения гороха с комплексом необходимых признаков выщепляются преимущественно в 3–4-м поколениях (F_3 , F_4) гибридных популяций и характеризуются невысокими показателями продуктивности семян. Особенно часто указанное явление имеет место у детерминантных растений. Потомство отобранных растений также нередко генетически и фенотипически неоднородно и расщепляется в 4–5-м поколениях (F_4 , F_5). Дальнейшие отборы желательных растений в поздних поколениях ещё больше увеличивают количество оцениваемых линий, что сильно затрудняет работу. При этом отсутствуют гарантии, что отобранные линии и образцы будут высокоурожайными, так как сложно оценить урожайность линии по потомству одного растения гороха. Семян линии часто не хватает для посева делянки площадью, достаточной для оценки урожайных качеств. Из-за неблагоприятных погодных условий во время вегетации гороха, повреждения вредителями, поражения болезнями получаем неполноценные, инфицированные, повреждённые семена, при высевах которых всходы появляются недружно и снижается количество растений на квадратном метре. Так, например, образцы морфотипа «люпиноид» формируют высокий урожай семян только в условиях высокой влагообеспеченности на протяжении всего вегетационного периода [3], что в условиях Беларуси бывает достаточно редко.

Сократить время выведения нового сорта гороха и сделать отбор более эффективным позволяет «проростковая» селекция, суть которой заключается в оценке качеств семенного материала по степени развития органов проростков растений, формирующихся в водной культуре [1]. Метод позволяет сохранить ценные растения путём доращивания их до момента созревания семян и осуществлять отбор наиболее продуктивных растений во 2–3-м поколениях (F_2 , F_3) гибридных популяций. Кроме

*The article presents the analysis results of morphometric germ parameters in new perspective field pea (*Pisum sativum* L.) varieties having different morphological types. It was shown that quantity and an average lateral root length correlated with the yield of pea seeds. Several prospective pea varieties have been selected which excelling test variety in above mentioned characteristics.*

того, существует также запатентованный в России метод оценки селекционного материала по проросткам. Его суть заключается в следующем: у 11-суточных растений измеряют длину корня и высоту стебля, определяют отношение длины корня к высоте стебля. Отбирают растения, у которых это отношение больше 2,5. Отобранные растения высаживают в почву для доращивания и получения потомства семян [6].

В предыдущих исследованиях мы определяли связь между урожаем семян сортов, образцов гороха с разными типами листа и морфометрическими параметрами прорастания семян. По результатам исследований мы рекомендовали использовать такие параметры, как количество и средняя длина боковых корешков, для отбора высокоурожайных образцов в селекции. В данной работе оценка в основном проводилась по рекомендованным двум параметрам. Длину главного корня мы также определяли, так как она является одним из важнейших показателей корневой системы растения гороха.

Целью данной работы являлась оценка линий гороха по длине корня, числу и длине боковых корешков. По результатам исследования были предложены линии для создания детерминантных сортов гороха в агроклиматических условиях Беларуси.

Материалы и методика исследований

Объектами исследования являлись 9 линий полевого гороха (таблица 1). Многие из них являются детерминантами луганской модели, для которых характерны жёсткая блокировка роста стебля в длину и небольшое число продуктивных узлов. Все линии относятся к виду *Pisum sativum* L. В качестве стандарта мы использовали индетерминантный сорт Зазерский усатый, а также сравнивали полученные линии с родительскими детерминантными формами: образцом морфотипа «люпиноид» ЛУ-268-996 и образцом морфотипа «хамелеон» Аз-96-718-1.

Для оценки морфофизиологических показателей проростков семена растений проращивали в бумажно-полиэтиленовых рулонах на отстоянной водопроводной воде в климатической камере КК-14-50 в течение 10 суток по методу, описанному в работе Лихачева Б.С. [1]. В климатической камере соблюдался следующий режим: фотопериод – 18 ч, дневная температура – 20–21 °С, ночная температура – 14–15 °С, интенсивность освещения – 15 клк. В качестве показателей использовали следующие параметры: длина корешка, количество боковых корешков и средняя длина бокового корешка одного растения.

Урожайность линий и сортов гороха оценивали в селекционном севообороте РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» в 2014 г. Линии и сорта высевали в трех повторениях. Учётная площадь делянки составляла 1 м², расстояние между образцами – 40 см, междурядие – 20 см, глубина заделки семян – 4–6 см. Агрохимические показатели почвы были следующими: тип почвы – дерново-подзолистая легкосуглинистая, рН в KCl – 6,5, обеспеченность фосфором – 270 мг/кг, калием – 265 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,4 %. Предшественником посевов гороха являлся овёс.

Метеорологические условия вегетационного периода 2014 г. существенно отличались от среднесуточных показателей как по температурному режиму, так и по количеству выпавших атмосферных осадков.

В апреле среднесуточная температура воздуха превышала норму на 2,1–4,0 °С, в то время как количество атмосферных осадков незначительно отличалось от нормы. В мае, за исключением первой декады, температура воздуха была выше среднесуточного уровня на 2,9–3,1 °С, а количество осадков за этот месяц, особенно за 2-ю и 3-ю декады, значительно превысило норму (в 1-ю декаду выпало 34 % от нормы). Неблагоприятные условия по средней температуре воздуха сложились во 2-й и 3-й декадах июня, когда среднесуточная температура воздуха уступала нормальной на 2,4–3,8 °С. В июле отмечалось некоторое превышение среднесуточного уровня температуры воздуха при недостатке осадков в 1-й и 2-й декадах и дефиците в 3-й. Первые две декады августа были также теплее, чем обычно, 1-я декада (время уборки) характеризовалась отсутствием осадков.

При оценке периода вегетации гороха в 2014 г. можно сделать заключение, что по сумме активных температур год превышал среднесуточное значение в 1,12, а по количеству атмосферных осадков уступил в 0,93 раза. Гидротермический коэффициент за май – август 2014 г. составил 1,54 и равен среднесуточному значению.

Обработку почвы, внесение удобрений, сев и уход за посевами гороха проводили согласно «Организационно-технологическим нормативам возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» [5]. Хозяйственную спелость учитывали при созревании на большинстве растений 60–70 % бобов, после того как их створки приобрели вид пергаментной бумаги, а семена затвердели [4]. Уборку гороха осуществляли вручную, убранные растения обмолачены на комбайне Nege-125С.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программ Statistica 6.0 и Excel 2007.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка линий гороха по урожайности и морфометрическим параметрам прорастания не была бы полной без

краткой характеристики исходных родительских форм гибридов.

Образец гороха ЛУ-268-996 является типичным представителем морфотипа «люпиноид» с невысоким урожаем семян. Данный образец среднерослый, с длинными междоузлиями сильно полегающего стебля и мезоморфными листьями: удельная поверхностная площадь листьев (УПП) составила 3,18 мг/см².

Образец гороха Аз-96-718-1 является представителем самарской модели детерминантности морфотипа «хамелеон». Образец среднерослый, с укороченными междоузлиями и невысокой урожайностью. УПП не определялась по причине отсутствия у растений образца подходящих для анализа листьев.

Кореличский кормовой – среднерослый сорт, характеризующийся мезоморфным листовым аппаратом: удельная поверхностная площадь листьев составила 2,65 мг/см².

Заранка – высокорослый сорт, с длинными междоузлиями сильно полегающего стебля и мезоморфными листьями: удельная поверхностная площадь листьев составила 3,8 мг/см².

Сорт Агат характеризуется ксероморфным листовым аппаратом (УПП = 4,04 мг/см²), полукарликовым прочным стеблем с короткими междоузлиями.

Николка – полукарликовый усатый сорт с короткими междоузлиями, технологичный, устойчивый к полеганию. УПП также не определялась по причине отсутствия у растений образца подходящих для анализа листьев.

По характеристике приведенных выше сортов гороха видно, что родительские формы различаются как по высоте растений, устойчивости к полеганию, так и типу листа и его строению.

В таблице 2 представлены результаты оценки урожайности линий гороха.

Полученные нами данные свидетельствуют о высокой урожайности линий ЛУ-10-1 и Аз-4.1-1 по сравнению с сортом-стандартом. Они также превзошли по урожайности образец ЛУ-268-996, несмотря на его высокую семенную продуктивность. Обнаружены также линии гороха, которые превзошли сорт Зазерский усатый (и родительские формы) по количеству бобов на растении, семян в бобе, но однолетние данные по урожайности из-за неблагоприятных погодных условий во второй половине вегетации нельзя считать объективными и полноценными. По этой причине мы провели анализ морфометрических параметров прорастания линий (таблица 3).

Полученные в результате прорастания семян линий гороха данные свидетельствуют о том, что Л-ЛУ-5-1/1, ЛУ-11-1 и Аз-5.2 превзошли по длине и количеству боковых корешков сорт-стандарт. Данный факт указывает на то, что корневая система этих образцов позволяет фор-

Таблица 1 – Характеристика сортов, образцов и линий гороха

| № п/п | Сорт, гибрид | Тип листа | Морфотип | Модель детерминантности |
|-------|------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | Зазерский усатый | усатый | индетерминант | – |
| 2 | ЛУ-268-996 | обычный | детерминант, люпиноид | луганская |
| 3 | Аз-96-718-1 | «хамелеон» | детерминант | самарская |
| 4 | Л-ЛУ-8-2 | обычный | детерминант | луганская |
| 5 | Л-ЛУ-8-2-1 | обычный | детерминант | луганская |
| 6 | Л-ЛУ-5-2 | обычный | детерминант | луганская |
| 7 | ЛУ-10-1 | обычный | штамбовый индетерминант | – |
| 8 | Л-ЛУ-5-1/1 | обычный | детерминант | луганская |
| 9 | Л-ЛУ-5-1/2 | обычный | детерминант | луганская |
| 10 | ЛУ-11-1 | обычный | штамбовый индетерминант | – |
| 11 | Аз-4.1-1 | «хамелеон» | детерминант | самарская |
| 12 | Аз-5.2 | усатый | индетерминант | – |

Таблица 2 – Характеристика образцов, линий гороха по элементам структуры урожая в полевых условиях 2014 г.

| № п/п | Сорт, гибрид | Количество бобов на растении, шт. | Количество семян в бобе, шт. | Продуктивность, г | Урожайность, г/м ² семян |
|-------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | Зазерский усатый | 7 | 4,1 | 4,6 | 252 |
| 2 | ЛУ-268-996 | 8 | 3,8 | 8,7 | 186 |
| 3 | Аз-96-718-1 | 6 | 4,1 | 8,9 | 184 |
| 4 | Л-ЛУ-8-2 | 4 | 6,3 | 4,5 | 208 |
| 5 | Л-ЛУ-8-2-1 | 3 | 2,7 | 0,6 | 85 |
| 6 | Л-ЛУ-5-2 | 8 | 3,3 | 3,1 | 227 |
| 7 | ЛУ-10-1 | 4 | 6,8 | 5,0 | 296* |
| 8 | Л-ЛУ-5-1/1 | 10 | 3,4 | 4,3 | 118 |
| 9 | Л-ЛУ-5-1/2 | 11 | 3,2 | 4,4 | 124 |
| 10 | ЛУ-11-1 | 9 | 4,1 | 4,4 | 270 |
| 11 | Аз-4.1-1 | 8 | 3,4 | 4,0 | 360* |
| 12 | Аз-5.2 | 7 | 4,1 | 4,9 | 202 |
| НСР ₀₅ | | | | | 24 |

Примечание – *Достоверно превзошли сорт-стандарт (p<0,05).

Таблица 3 – Морфометрические параметры прорастания образцов, линий гороха

| № п/п | Сорт, гибрид | Длина главного корня, мм | Количество боковых корешков, шт. | Длина боковых корешков, мм |
|-------------------|------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1 | Зазерский усатый | 46,6 | 14,2 | 9,5 |
| 2 | ЛУ-268-996 | 57,0 | 10,6 | 8,1 |
| 3 | Аз-96-718-1 | 108,0 | 9,2 | 15,1 |
| 4 | Л-ЛУ-8-2 | 55,6 | 9,2 | 13,7 |
| 5 | Л-ЛУ-8-2-1 | 73,3* | 13,0 | 20,1* |
| 6 | Л-ЛУ-5-2 | 81,4* | 18,6 | 5,0 |
| 7 | ЛУ-10-1 | 63,4* | 15,2 | 16,5* |
| 8 | Л-ЛУ-5-1/1 | 70,0* | 19,0* | 16,1* |
| 9 | Л-ЛУ-5-1/2 | 75,2* | 17,6 | 18,7* |
| 10 | ЛУ-11-1 | 48,0 | 18,5* | 15,0* |
| 11 | Аз-4.1-1 | 55,6 | 11,8 | 13,7 |
| 12 | Аз-5.2 | 128,0* | 18,3* | 24,5* |
| НСР ₀₅ | | 17,3 | 4,0 | 4,7 |

Примечание – *Достоверно превзошли сорт-стандарт (p<0,05).

мировать больший по сравнению с Зазерским усатым урожай семян и их можно высевать в последующих питомниках (селекционном второго года, контрольном, конкурсном). Усатая линия Аз-5.2 выделялась наибольшей длиной зародышевого корешка, что также может в некоторой степени повысить урожай семян. Следует отметить, что эти линии – результат отбора из гибридных популяций, полученных от скрещивания образцов морфотипов «люпиноид» и «хамелеон» с полукарликовыми технологичными сортами Агат и Николка. По этой причине сорта Агат и Николка целесообразно использовать в селекции гороха на урожайность семян. Линия Аз-4.1-1 находилась по параметрам прорастания на уровне стандарта, а ЛУ-10-1, Л-ЛУ-5-1/2, Л-ЛУ-8-2-1 превзошли по длине зародышевого (главного) и боковых корешков. Данные линии требуют дальнейшего совершенствования путём скрещиваний и проведения отборов.

Образец ЛУ-268-996 незначительно превзошёл сорт-стандарт по длине главного корня и незначительно уступил по длине и количеству боковых корешков, поэтому превзошедшие стандарт по параметрам прорастания линии можно считать более урожайными, чем родительская форма. Образец Аз-96-718-1 значительно превзошёл сорт-стандарт по длине главного корня и длине боковых

корешков и незначительно уступил по количеству боковых корешков. Линия Аз-5.2 превзошла родительскую форму по всем параметрам прорастания семян.

Заключение

Результаты проведенных в 2014 г. исследований сортов и перспективных линий гороха по урожаю семян, а также их оценки по морфометрическим параметрам прорастания позволили сделать следующие выводы:

1. Установлено, что листовая линия луганской модели детерминантного типа роста Л-ЛУ-5-1/1, листовая индетерминантная фасцированная линия ЛУ-11-1 и усатая индетерминантная Аз-5.2 превосходят по длине и количеству боковых корешков сорт-стандарт Зазерский усатый. Аз-5.2 выделяется наибольшей длиной зародышевого корешка, что также будет способствовать повышению урожая семян. Линии Л-ЛУ-5-1/1, ЛУ-11-1 и Аз-5.2 рекомендованы для дальнейшего изучения в селекционных питомниках.

2. Для создания высокоурожайных сортов рекомендуем использовать сорт Агат как родительскую форму в скрещиваниях с образцами морфотипа «люпиноид», сорт Николка – в скрещиваниях с образцами морфотипа «хамелеон».

Литература

1. Лихачёв, Б.С. Перспективы «проростковой» селекции люпина / Б.С. Лихачёв, А.С. Якушева, Н.В. Новик // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – №3. – С. 47.
2. Кондыков, И.В. Основные достижения и приоритеты в селекции гороха / И.В. Кондыков // Зернобобовые и крупяные культуры: научно-производственный журнал. – 2012. – №1. – С. 42.
3. Перспективы использования морфотипа «люпиноид» в селекции гороха / И.В. Кондыков [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 1 (5). – С. 15–21.

4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры) / Государственная Комиссия по сортоиспытанию с.-х. культур при Министерстве сельского хозяйства СССР. – 2-й выпуск. – М.: Колос, 1971. – С. 79–105.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 155–166.
6. Способ отбора высокопродуктивных форм гороха // mail.ru [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: – <http://ru-patent.info/20/30-34/2031573.html>. – Дата доступа: 21.12.2014.

УДК 633.2./3:631.527

ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

Е.Н. Куликович, кандидат с.-х. наук, Е.Ф. Барчевская
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 10.12.2015 г.)

Получение полноценных качественных регенерантов является важным этапом микроклонального размножения растений. В опытах с клевером луговым (*Trifolium pratense* L.) установлено, что оптимальным местом отчленения экспланта от проростка является участок гипокотиле, удалённый от «семядольного узла» на 0,2–1,0 мм. В этом случае значительно увеличивается выход регенерантов, пригодных для последующего пассажа, сокращается время регенерации. Данный способ получения эксплантов применим и для других бобовых культур, однако питательные среды должны подбираться в зависимости от вида растения.

Введение

Создание новых сортов растений, наряду с развитием материально-технической базы, имеет первостепенное значение при интенсификации сельскохозяйственного производства. В настоящее время наиболее актуальным и экономически наименее затратным путем решения проблемы растительного белка является расширение ареала возделывания многолетних бобовых трав. Клевер – наиболее дешёвый источник растительного кормового белка, почти вдвое превосходящий по сбору кормовых единиц зерновые культуры.

В условиях Беларуси для решения белковой проблемы актуальным представляется привлечение таких еще слабо задействованных видов, как клевер средний, эспарцет закавказский и донник белый. Неоспоримую ценность в качестве доноров отдельных признаков представляют дикорастущие виды клевера. Это связано с тем, что они могут служить донорами и источниками ценных хозяйственно-биологических признаков, хотя в готовом виде не могут быть использованы в качестве производственных сортов, так как в большинстве своем менее продуктивны. Перспективу для селекции представляет клевер средний, который обладает корнеотпрысковостью, долголетием, зимостойкостью, засухоустойчивостью, малотребователен к плодородию почв, стоек к избытку влаги. Нормально развивается на кислых, песчаных и солонцеватых почвах, по питательности не ниже клевера лугового [4].

Одним из направлений интенсификации селекции клевера и других бобовых трав является разработка эффективных методов размножения ценных генотипов, получаемых при отборе из гибридных популяций. И здесь всё большее применение в селекции находит клональное микроклональное размножение растений на основе методов биотехнологии [2, 3]. В связи с этим культура тканей *in vitro* является высокоэффективным методом расширения возможности процессов регенерации растений [1], а её совершенствование применительно к конкретным культурам становится актуальным направлением научных исследований.

У клевера лугового экспланты для работы в культуре *in vitro* получают из меристем пазушных почек, каллусных

Obtaining of proper quality regenerants is an important step in microclonal propagation of plants. In experiments with meadow clover (Trifolium pratense L.), it is established that the best spot for explant removal from a seedling is a hypocotyl section located at 0,2–1,0 mm away from the "cotyledon node". In this case, the yield of the regenerants suitable for the subsequent passage significantly grows, the regeneration time decreases. This method of the explant obtaining is applicable to other leguminous crops, however, culture media should be selected depending on plant species.

структур, проростков, соцветий и суспензионных клеточных культур [5, 6, 8]. Наиболее технологичным способом получения растений-регенерантов *in vitro* считается прямой морфогенез растений из соматических клеток эксплантов [3, 7]. При таком способе размножения из одного экспланта в результате нескольких пассажей получают большое количество регенерантов. При этом существенную роль играет способ выделения экспланта, который предполагает точный учет особенностей первичного и вторичного анатомического строения органа, используемого для получения регенерантов.

В роде *Trifolium* межвидовая гибридизация в последние годы вызывает все больший интерес как метод селекции на зимостойкость, засухоустойчивость, продуктивность, долголетие, устойчивость к болезням. Принудительная межвидовая гибридизация в роде *Trifolium* обычными методами чаще всего неудачна. В наших исследованиях мы изучали развитие зародышей у клевера среднего и подбирали для этого наиболее оптимальные составы питательных сред.

Работы по микроклональному размножению эспарцета закавказского немногочисленны. И поэтому перед нами стояла задача отработки методики данного биотехнологического метода с целью ускорения дальнейшей селекционной работы с эспарцетом с помощью отбора на селективных средах.

Методика исследований

Исследования проводили в 2005–2014 гг. в отделе генетики и биотехнологии РУП «НПЦ НАНБ по земледелию». Целью исследований являлся поиск высококомпетентного сложнокомплексного экспланта клевера лугового, способного к интенсивной прямой регенерации в условиях *in vitro* и разработка способа его выделения. Это особенно важно, когда при ограниченном количестве ценных генотипов требуется получить большое количество регенерантов, которые могли бы быть использованы для практической селекции.

В задачу исследований входило:

1) выявление оптимального места среза на проростке клевера лугового (красного) для получения высоко-