

5. Портянкин, А. Д. Создание исходного материала и селекция партенокарпических гибридов огурца для защищенного грунта: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.: 06.01.05 / А. Д. Портянкин; ВНИИССОК. – М., 2006. – 24 с.
6. Пыженков, В. И. Культурная флора. Тыквенные (огурец, дыня) / В. И. Пыженков, М. И. Малинина. – М.: «Колос». – 1994. – 287 с.
7. Ракицкая, Е. В. Исходный материал в основные направления селекции партенокарпического огурца открытого грунта / Е. В. Ракицкая // Овощеводство. – Минск. – 2008. – Т. 13. – С. 107–118.
8. Сироткина, Э. Л. Особенности роста и формирования урожая у партенокарпических сортов огурца: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Э. Л. Сироткина; Моск. с.-х. акад. им К. А. Тимирязева. – М., 1971. – 16 с.
9. Стрельникова, Т. Р. Селекция гетерозисных гибридов огурца / Т. Р. Стрельникова, А. Х. Маштакова, Л. И. Гусева. – Кишинев, 1984. – С. 10–23.
10. Шамшина, А. В. Партенокарпические гибриды F₂ огурца с бугорчатыми плодами для пленочных теплиц / А. В. Шамшина // Гавриш. – 2009. – № 6. – С. 2–6.
11. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ вида *Cucumis sativus* L. – Л., 1980. – 28 с.
12. Fazio, G. Comparative study of marker-assisted and phenotypic selection and genetic analysis of yield components in cucumber: PhD diss. / G. Fazio. – University of Wisconsin Madison, 2001. – 222 p.
13. Ponti, O. M. B. Inheritance of parthenocarp in pickling cucumbers (*Cucumis sativus* L.) and linkage with other characters / O. M. B. Ponti, F. Garretsen // Euphytica. – 1976. – Vol. 25. – № 3. – P. 633–642.
14. Wenzel, G. Quantitative trait analysis of fruit quality in cucumber: QTL detection, confirmation and comparison with mating-design variation / G. Wenzel, W. C. Kennard, M. J. Havey // Theoretical and Applied Genetics. – 1995. – Vol. 91 (1). – P. 53–61.

УДК 633.358:581.14

Степень развития корневой системы проростков как критерий для оценки семенной продуктивности и урожайности семян гороха

Ю. И. Кожуро, кандидат биологических наук
Белорусский государственный университет
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 21.11.2017 г.)

В статье приведены результаты анализа морфометрических параметров корневой системы проростков сортов гороха посевного Касабланка, Конто, Айсберг (*Pisum sativum* L.) с усатым типом листа. Определена связь между длиной корешка, количеством боковых корешков, длиной боковых корешков и урожайностью семян. Установлена прямая связь между семенной продуктивностью растений, урожайностью семян и длиной боковых корешков. Выявленная закономерность может быть рекомендована для эффективного отбора сортов с наиболее высоким потенциалом урожайности семян.

Введение

Горох – одна из наиболее древних культур. Археологические раскопки свидетельствуют, что его использовали 20 тыс. лет назад наряду с пшеницей, ячменем и просом [11]. Горох – один из главных источников растительного белка для производства комбикормов. Семена гороха содержат до 30 % белка, имеют хорошие вкусовые качества, содержат витамины А, С, группы В [5].

Горох широко распространен в мире и занимал в 2015 г. около 6,93 млн га [14]. В России в 2015 г. в структуре посевных площадей зернобобовые культуры занимали 1 588,3 тыс. га, горох – 941,7 тыс. га (59,3 %), в 2014 г. – 1 596,6 и 960,0 тыс. га (60,1 %) соответственно [9].

В Республике Беларусь горох также является одной из наиболее распространенных зернобобовых культур. Так, в 2011 г. горох занимал 80,9 тыс. га (67,4 % в структуре зернобобовых культур), в 2012 г. – 93,4 тыс. га (60,3 %), в 2014 г. – 76,1 тыс. га (41,6 %) [1, 3, 7, 10].

Широкое распространение гороха можно отчасти объяснить его хорошей адаптивностью, пластичностью. В этом немалая заслуга корневой системы: горох, благодаря проникающим в глубокие слои почвы корням, способен нивелировать губительное действие засухи [13]. Для растений гороха характерна достаточно мощная стержневая корневая система, проникающая в почву до 1,0–1,5 м, с

*The article presents the results of the morphometric analysis of the seedling root systems of pea (*Pisum sativum* L.) of the varieties Casablanca, Konto, Iceberg having the mustachioed leaf type. The relationship between length of the spine, lateral root number, lateral rootlets length and seed yield was detected. A direct relationship was found between seed productivity, seed yield and side root length. The revealed correlation can be recommended for effective selection of varieties with high seed yield potential.*

большим числом боковых корней, которые располагаются преимущественно в верхнем плодородном слое.

Главный корень и боковые корни на ранних этапах органогенеза являются объектами «проростковой» селекции, суть которой заключается в оценке качеств семенного материала по степени развития органов проростков растений, формирующихся в водной культуре [2].

«Проростковая» селекция позволяет проводить отбор с пророщенных семян F₂ гибридов высокопродуктивные растения с необходимыми признаками, а также выделять из коллекций наиболее высокоурожайные сорта.

В ходе проведенных ранее исследований органов проростков гороха определялась зависимость между семенной продуктивностью и степенью развития главного корня, гипокотилия, эпикотилия, ростка, боковых корешков на 7–10-е сутки после замачивания семян в воде [2]. Одни исследователи при проращивании семян гороха рекомендуют использовать в качестве критерия отбора наиболее продуктивных растений длину гипокотилия и боковых корешков [2]. Другие указывают на перспективность отбора по темпу начального роста корешка и ростка, и таким образом был создан в России индетерминантный сорт Темп [2]. Некоторые ученые советуют отбирать растения, у которых отношение длины корня к высоте стебля больше 2,5. В пользу последних говорит факт, что длин-

ный зародышевый корешок гороха может нивелировать губительное действие засухи и увеличивает устойчивость растения к осмотическому стрессу [13].

Ранее было установлено, что урожайность семян сортов гороха зависит в первую очередь от длины бокового корешка проростков и во вторую очередь от числа боковых корешков [2].

Цель настоящих исследований – выяснить на примере трех сортов влияние степени развития корней проростков гороха на урожайность семян и элементы ее структуры.

Методика и условия проведения исследований

Объектами исследований являлись 3 коллекционных не районированных в Беларуси зарубежных индетерминантных сорта гороха: Айсберг, Конто и Касабланка. Сорта относятся к виду *Pisum sativum* L. (горох посевной). Айсберг (Iceberg) украинского происхождения. Сорт Конто (Konто) разрешен для использования в Чехии, Германии, Литве, Латвии, Словакии. Касабланка (Casablanca) – сорт немецкой селекции [16].

Для оценки морфофизиологических показателей проростков растений 50 семян каждого сорта проращивали в течение 10 суток в бумажно-полиэтиленовых рулонах на отстоянной водопроводной воде в климатической камере КК-14-50 по методу, описанному в работе Б. С. Лихачева и соавт. [4]. В климатической камере соблюдался следующий режим: фотопериод – 18 часов, дневная температура – 20–21 °С, ночная температура – 14–15 °С, интенсивность освещения – 15 клк. В качестве показателей, характеризующих степень развития органов проростков, использовали следующие параметры: длина корешка, количество боковых корешков и средняя длина бокового корешка одного растения.

Урожайность семян гороха и элементы ее структуры оценивали в питомнике биоэнергетических культур Центрального ботанического сада в условиях вегетационного периода 2016 г. (таблица 1).

Температурные показатели и режим увлажнения в период вегетации растений в годы исследований заметно отличались от средней многолетней нормы. Как следует из данных таблицы 1, май, июнь, июль на 5–17 % были теплее обычного и лишь в июне и октябре среднемесячная температура воздуха незначительно уступала многолетним значениям. При этом отмечался дефицит осадков в мае и июне. В июле наблюдалось обилие осадков.

Таблица 1 – Характеристика вегетационного периода 2016 г.

Месяц	Температура воздуха, °С					Осадки, мм		
	средняя	норма	минимальная	максимальная	% от нормы	сумма	норма	% от нормы
Апрель	6,9	7,2	3,3	11,1	96	48	42	114
Май	15,5	13,3	10,1	21,2	117	55	65	85
Июнь	18,8	16,4	13,4	24,6	115	54	89	61
Июль	19,5	18,5	15,4	25,1	105	124	89	140
Август	18,8	17,5	14,2	24,6	107	46	68	68

Таблица 2 – Морфометрические параметры проростков и элементы структуры урожая семян сортов гороха

Сорт	Длина главного корня, мм	Число боковых корешков, шт.	Длина боковых корешков, мм	Количество			Масса 1000 семян, г	Продуктивность, г	Урожайность, г / м ²
				продуктивных узлов на растении, шт.	бобов на растении, шт.	семян в бобе, шт.			
Конто	103,0	20,1	24,6	4,7	3,6	3,8	212	3,1	308
Айсберг	106,3	14,6	31,7	3,5	2,8	3,4	250	2,4	239
Касабланка	114,8	14,1	32,6	4,9	3,5	3,8	279	3,7	374
НСР ₀₅	20,5	2,8	3,5	0,6	0,7	0,6	–	0,9	29

Проростки высаживали 27 апреля в определенной последовательности из расчета 100 шт./м². При посадке корневая система проростков аккуратно во избежание повреждений размещалась в почве. Ширина деланки – 1 м. Междурядье – 20 см. Для преодоления краевого эффекта крайние рядки и края рядков засевали детерминантным усатым сортом Батрак. Тип почвы – дерново-подзолистая супесчаная, мощность A_{пах.} – 20 см. Агрохимические показатели почвы были следующими: рН в KCl – 5,06; обеспеченность фосфором – 150 мг/кг, калием – 206 мг/кг; содержание гумуса – 2,47 %. Предшественником гороха являлся чистый пар.

Обработку почвы, внесение удобрений, сев и уход за посевами гороха проводили согласно «Организационно-технологическим нормативам возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» [8]. Полив посевов водой как при посадке проростков, так и в период вегетации не проводился. Уборку гороха и разбор снопов осуществляли вручную.

Статистическую обработку (однофакторный, двухфакторный дисперсионный анализ, корреляцию, регрессию) полученных результатов исследований проводили по общепринятым методам.

Результаты исследований и их обсуждение

Прорастание – один из важнейших этапов в жизни растения гороха. От темпа роста зародышевого корня и формирования достаточного количества боковых хорошо развитых корешков зависит момент перехода проростка от гетеротрофного типа питания к аутотрофному и насколько растение быстро сформирует корневую систему, способную интенсивно поглощать питательные вещества и влагу.

Для усатых сортов гороха, каковыми являются Конто, Айсберг и Касабланка, характерна невысокая устойчивость к засухе [6, 15], поэтому важным фактором в формировании урожайности семян являются длина главного корня, количество и длина боковых корешков у проростка, которые могут оказывать влияние на показатели семенной продуктивности (таблица 2).

По длине главного корня у проростков существенных различий у сортов не наблюдалось, незначительное преимущество по данному параметру имел сорт Касабланка. По числу боковых корешков лидировал сорт Конто. Следует отметить, что особенностями данного сорта являются относительно небольшая длина главного корня про-

ростка и большое число боковых коротких корешков. По длине боковых корешков – наиболее значимому фактору, влияющему на урожайность семян гороха, – преимущество имели Айсберг и Касабланка.

По числу продуктивных узлов сорта Конто и Касабланка имели преимущество над Айсбергом. Конто также значительно превзошел Айсберг по количеству бобов на растении. Наиболее продуктивным по сравнению с Айсбергом оказался сорт Касабланка, который сформировал наибольший урожай семян – 374 г/м².

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что между сортами есть различия по семенной продуктивности, и что в пределах одного сорта гороха длина боковых корешков проростков не оказывает влияния на семенную продуктивность. В данном случае следует отметить, что семенная продуктивность (масса семян с одного растения) – комплексный параметр, который зависит от числа продуктивных узлов, бобов на растении, количества семян в бобе, массы 1000 семян (таблица 3). По этой причине искать взаимосвязь длины боковых корешков с семенной продуктивностью некорректно и значительно проще определить параметр структуры урожайности, в наибольшей степени влияющий на продуктивность растений, и сопоставить данный показатель с длиной боковых корешков у проростков сортов.

По данным таблицы 3 видно, что количество продуктивных узлов, бобов на растении, число семян в бобе в значительной мере (с вероятностью 99 %) определяют семенную продуктивность растений у сортов гороха. Чтобы разобраться, насколько влияют такие параметры, как количество бобов на растении, число семян в бобе и количество продуктивных узлов на семенную продуктивность, был проведен регрессионный анализ (таблица 4).

По данным таблицы 4 видно, что продуктивность сорта Айсберг на 90 % зависела от трех составляющих урожайности семян (в порядке убывания силы влияния): количества бобов на растении, числа семян в бобе и количества продуктивных узлов. Если по числу семян Айсберг уступил другим сортам незначительно, то малое количество бобов и продуктивных узлов способствовали снижению семенной продуктивности данного сорта. Малое число продуктивных узлов не позволило растению данного сорта реализовать хорошие параметры корневой системы проростков и сформировать большее количество бобов. Небольшое число семян в бобе также способствовало снижению семенной продуктивности растений.

Семенная продуктивность сорта Конто на 79 % зависела от количества бобов на растении и семян в бобе. По этим параметрам данный сорт находился на одном уровне с сортом Касабланка, однако незначительно уступил ему по продуктивности. Относительно короткий главный корень и большое число коротких боковых корешков у проростков сорта Конто снизили крупность и, как следствие, массу 1000 семян (таблица 2).

Наилучшие показатели корневой системы у проростков сорта Касабланка способствовали реализации потенциала семенной продуктивности посредством формирования наибольшего количества продуктивных узлов на растении и семян в бобе.

Сложность подобных исследований заключается в том, что каждый сорт гороха имеет свою сортовую агротехнику и оптимальную структуру урожайности семян (норма высева, количество бобов и семян в бобе, масса 1000 семян), которые в процессе создания сорта определены селекционером. По этой причине высокие морфометрические характеристики проростков могут способствовать повышению продуктивности и урожайности семян в целом, а не отдельных элементов ее структуры. Указанное особенно актуально при отборах растений из гибридной популяции, оценке линий, образцов и создании нового сорта. Учитывая сказанное выше, можно утверждать, что быстрый начальный темп главного и боковых корешков у проростков гороха способствует повышению потенциальной урожайности семян сорта, а селекционер в ходе создания сорта определяет ее элементы (количество продуктивных узлов, бобов на растении, число семян в бобе, массу 1000 семян).

Заключение

Проведенные в 2016 г. исследования морфометрических параметров проростков и элементов структуры урожайности позволили сделать следующие выводы.

1. Морфометрические параметры корневой системы проростков гороха не оказывают прямого влияния на число продуктивных узлов, бобов на растении, количество семян в бобе.
2. Длина боковых корешков у проростков оказывает влияние на семенную продуктивность растений гороха.

Литература

1. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск, 2013. – С. 183.

Таблица 3 – Корреляция между семенной продуктивностью растений сортов гороха и элементами структуры урожая семян

Параметр	Коэффициент корреляции с семенной продуктивностью		
	Конто	Айсберг	Касабланка
Количество продуктивных узлов	0,66*	0,81*	0,77*
Количество бобов на растении	0,80*	0,84*	0,73*
Количество семян в бобе	0,55*	0,72*	0,82*

Примечание – *Достоверны при $p = 0,01$.

Таблица 4 – Зависимость семенной продуктивности растений сортов гороха от элементов структуры урожая семян

Сорт	Уравнение зависимости	R ²
Конто	$Y = -2,42 + 0,63 \cdot x_1 + 0,66 \cdot x_2$	0,79
Айсберг	$Y = -2,33 + 0,61 \cdot x_1 + 0,53 \cdot x_2 + 0,33 \cdot x_3$	0,90
Касабланка	$Y = -4,94 - 0,411 \cdot x_1 + 1,26 \cdot x_2 + 1,35 \cdot x_3$	0,91

Примечание – Y – семенная продуктивность, x_1 – количество бобов на растении, x_2 – число семян в бобе, x_3 – количество продуктивных узлов.

2. Пашкевич, П. А. Использование степени развития органов проростков для оценки потенциальной урожайности гороха (*Pisum sativum* L.) в агроклиматических условиях Беларуси / П. А. Пашкевич, Ю. И. Кожуро // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 5 (102). – С. 27–30.
3. Кукреш, Л. В. Роль зернобобовых культур в оптимизации кормопроизводства для крупного рогатого скота / Л. В. Кукреш, Т. И. Дубовцова // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 5 (90). – С. 9.
4. Лихачев, Б. С. Перспективы «проростковой» селекции люпина / Б. С. Лихачев, А. С. Якушева, Н. В. Новик // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3. – С. 47.
5. Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства [Электронный ресурс] / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов // Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы». – Режим доступа: http://ebooks.grsu.by/pochva_s_osn_rast/glava-6-zernovye-bobovye-kultury.htm. – Дата доступа: 03.02.2017.
6. Новикова, Н. Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха / Н. Е. Новикова // Вестник Орел ГАУ. – 2012. – № 1. – С. 55–57.
7. Об итогах уборки урожая зерна в Республике Беларусь (к республиканскому фестивалю-ярмарке тружеников села «Дажынки – 2013») / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2013. – С. 6–8.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / НПИЦ Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2012. – С. 155–166.
9. Посевные площади основных растениеводческих культур в России в 2001–2015 гг. [Электронный ресурс] // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. – 2017. Режим доступа: <http://ab-centre.ru/page/rastenievodstvo-rossii>. – Дата доступа: 01.02.2017.
10. Результаты испытания сортов озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных культур на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2010–2012 годы / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2012. – С. 159–166.
11. Рубцова, С. Н. Формирование высокопродуктивных основных и промежуточных посевов гороха на черноземах Саратовского Правобережья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / С. Н. Рубцова. – Саратов, 2006. – С. 9.
12. Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2016: статистический сборник [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – 2017. Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_5313/. – Дата доступа: 01.02.2017.
13. Соболева, Г. В. Использование физиологических методов в селекции гороха на засухоустойчивость / Г. В. Соболева, В. Н. Уваров // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 37–39.
14. Статистическая база данных FAOSTAT [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН ФАО. – 2017. – Режим доступа: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>. – Дата доступа: 01.02.2017.
15. Шукис, Е. Р. Сортовой потенциал гороха // Е. Р. Шукис, С. К. Шукис // Аграрная тема. – 2013. – № 12. – С. 21.
16. Common catalogue of varieties of agricultural plant species // Official EN Journal of the European Union. – 2010. – № 29. – S. 139–149.

УДК 633.367.2:631.524.02:631.559

Корреляции между количественными признаками у желтого люпина

Г. И. Витко, кандидат с.-х. наук

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 15.01.2018 г.)

В статье дана оценка коллекционного материала желтого люпина по количественным признакам и выделены сорта, отличающиеся лучшим сочетанием элементов структуры урожайности.

Установлены сильные прямые корреляции между числом бобов и семян на центральной кисти и растении, массой семян с растения, числом мутовок ($r = 0,736 - 0,955$), а также слабые обратные корреляции – между элементами структуры урожайности и массой тысячи семян ($r = -0,027 - -0,235$).

Рассчитаны коэффициенты детерминации, позволяющие определить зависимость одного признака от другого.

Введение

В Беларуси ведется селекция желтого люпина, так как среди зернобобовых культур этот вид люпина имеет особое значение для развития экологического земледелия, увеличения производства высокобелковых и энергонасыщенных кормов.

В настоящее время в Государственный реестр сортов включено всего 2 сорта желтого люпина. Районированные сорта и имеющиеся коллекционные образцы обладают достаточно высоким уровнем продуктивности, имеют различные типы ветвления, устойчивы к полеганию и болезням, что способствует сохранению урожая семян. Урожайность лучших сортов люпина в передовых хозяйствах республики превышает 50–60 ц/га [1, 2, 3].

Большое внимание уделяется изучению исходного материала как при создании новых сортов, так и при улучшении уже существующих. Для выявления лучших доноров и перспективных кандидатов в новые сорта может быть полезен статистический анализ возможно большего количества признаков [4, 5, 6, 7, 8].

В селекционной работе изучение связей между признаками играет важную роль, поскольку они могут опре-

The estimation of collection material of yellow lupine on the quantitative characteristics and the varieties, featuring the best combination of elements of seed productivity, are given in the article.

The strong direct correlations between the number of beans and seeds on the central brush and the whole plant, seed weight per plant, number of whorls ($r = 0,736 - 0,955$) and the weak reverse correlations between the elements of seed productivity and mass of thousand seeds ($r = -0,027 - -0,235$) are determined.

The coefficients of determination which allow defining the dependence one characteristic of another one are calculated.

делять направление отбора при создании новых сортов. Наиболее интересными являются количественные признаки, связь которых может быть обусловлена либо генетическим сцеплением, либо физиологическими взаимосвязями [4, 5].

Коэффициенты корреляции являются наиболее удобным показателем для изучения взаимной зависимости количественных признаков. Исследования корреляций представляют интерес при создании адаптивных генотипов и получении требуемых характеристик продуктивности [4, 5, 8]. Для отбора высокопродуктивных генотипов большое значение имеет знание закономерностей формирования продуктивности растений. В полной мере это относится и к культуре люпина, у которого продуктивность растений в сильной степени зависит от сочетания элементов структуры [3, 4].

Для желтого люпина основными элементами структуры урожайности являются число продуктивных кистей и мутовок, количество бобов и семян на растении, масса семян с растения и масса 1000 семян. Сбор урожая с единицы площади в конечном итоге складывается из количества растений на этой площади и их продуктивности.