

Таблица 3 – Урожайность культур и продуктивность звена зернового севооборота в зависимости от способов основной обработки почвы (2013–2014 гг.)

Система основной обработки почвы	Урожайность, т/га		Продуктивность звена севооборота		
			кормовых единиц, т/га	± к контролю	
	пшеница озимая	кукуруза		т/га	т/га
Разноглубинная вспашка (контроль)	4,43	7,36	7,59	–	–
Разноглубинная плоскорезная	4,19	6,93	7,15	–0,44	–6
Дифференцированная	4,52	7,20	7,53	–0,06	–
Одноглубинная дисковая	4,13	6,81	7,04	–0,55	–7

3. Продуктивность звена севооборота при вспашке и дифференцированной системе обработки была на уровне 7,5–7,6 т/га к.ед. Применение безотвальных способов основной обработки обуславливало снижение продуктивности на 6–7 %.
4. На серых лесных почвах предпочтительна дифференциация приемов основной обработки почвы с периодическим проведением вспашки.

#### Литература

1. Балюк, С.А. Розрахунок балансу гумусу и поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління / С.А. Балюк, В.О Греков, М.В. Лісовий, А.В. Комариста. – Харків: КП «Міська друкарня», 2011. – 30 с.
2. Грицай, А.Д. Основная обработка почвы в Северной Лесостепи УССР / А.Д. Грицай, Н.В. Коломиец, Н.И. Драган // Сахарная свекла. – 1985. – № 8. – С. 32–33.
3. Ятчук, В.Я. Вплив обробітку сірого лісового ґрунту на його водно-фізичні властивості / В.Я. Ятчук, С.О. Гаврилов // Землеробство. – 2008. – Вип. 80. – С. 28–32.
4. Родэ, А.А. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Родэ. – Т.1. – Л.: 1965. – С. 18–34.
5. ДСТУ ISO 11272:2001. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT).
6. ДСТУ 5096:2008 Якість ґрунту. Визначання твердості ґрунту твердоміром Ю.Ю. Рев'якіна.
7. ДСТУ ISO 11465:2001 Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT).

УДК 633.358:581.1 (476)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ ОРГАНОВ ПРОРОСТКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ГОРОХА (*Pisum sativum* L.) В АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Ю.И. Кожуро, кандидат биологических наук  
Белорусский государственный университет  
П.А. Пашкевич, научный сотрудник  
Центральный ботанический сад НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 29.05.2015 г.)

В статье приведены результаты анализа морфометрических параметров проростков пяти сортов и семи образцов гороха посевного *Pisum sativum* L. с различным типом листа. Определена степень корреляции между семенной урожайностью растений и шестью показателями, характеризующими степень развития органов проростков – длиной ростка, длиной эпикотиля, длиной гипокотиля, длиной корешка, количеством боковых корешков и средней длиной бокового корешка одного растения. Установлена прямая связь между урожайностью и средней длиной бокового корешка, числом боковых корешков. Выявленная закономерность может быть рекомендована для эффективного отбора наиболее продуктивных растений на начальных этапах создания новых сортов гороха посевного.

#### Введение

Оценка качества и урожайных свойств посевного материала – одна из сложных и актуальных задач современного семеноводства и растениеводства. К настоящему моменту сложилось мнение, что показатели по-

*This article shows analysis results of morphometric germ parameters that have been studied on 5 varieties and 7 samples of seeding pea *Pisum sativum* L. with different types of leaf plate. The degree of correlation has been determined between a seeding plant yield and 6 indicators characterized development degree of germ organs such as a germ length, the lengths of epicotyl and hypocotyl, the radicle length, the average length of lateral root of plant and the number of all lateral roots. The direct relationship has been found between the crop yield and the average length of lateral root as well the number of all lateral roots. Detected regularity can be recommended for effective selection of the most productive plants at the beginning steps of creation of new seedling pea varieties.*

севных свойств сортовых семян зернобобовых культур как критерии оценки потенциальной урожайности слабо информативны [3]. В то же время накопленные сведения по морфофизиологии растений могут стать основой методических подходов к оценке генотипа сорта с позиции

потенциала его урожайности, а также могут оказаться полезными для экологического семеноводства [1, 4]. Наиболее перспективной в этом плане является «проростковая» селекция, суть которой заключается в оценке качества семенного материала по степени развития органов проростков растений, формирующихся в водной культуре [5]. Известно несколько способов морфофизиологической оценки потенциальной продуктивности генотипа по проросткам сортообразца. Так, предложен способ сортовой и индивидуальной диагностики потенциальной продуктивности растений ячменя, в основу которого положена генотипическая ростовая реакция зародышевых корней на азотное питание в период перехода от гетеротрофного к аутотрофному питанию, коррелирующая с конечной продуктивностью и урожайностью посевов [6]. Имеются способы оценки зерновых и зерновых бобовых культур на продуктивность, основанные на использовании таких морфофизиологических показателей начального роста, как отношение величины сухой массы проростков к их длине, убыль массы семян при их прорастании [7], доля корней от общей массы проростка [8], отношение массы корешка к массе проростка [9].

Следует отметить, что все эти способы оценки потенциальной продуктивности растений имеют недостатки. Во-первых, некоторые из них не могут быть применены для гороха в силу особенностей его физиологии (горох – азотфиксатор). Во-вторых, для того чтобы оценить генотип проросток должен быть расчленён на отдельные части, которые затем высушивают и взвешивают. В результате такого анализа полностью уничтожаются ценные в селекционном отношении уникальные растения.

В настоящей работе предложен и испытан иной подход оценки и отбора высокопродуктивных форм гороха на начальных этапах органогенеза растений, основанный на определении степени развития комплекса из отдельных органов проростков. Метод позволяет сохранить ценные растения путём доращивания их до момента созревания семян.

Целью работы являлось определение корреляционной связи между степенью развития органов проростков различных сортов и сортообразцов гороха с различным типом листа и их урожайностью. По результатам исследования сформулированы подходы для определения потенциальной продуктивности растений гороха, выращиваемых в агроклиматических условиях Беларуси.

### Материалы и методика исследований

Объектами исследований являлись 12 коллекционных сортов и образцов гороха отечественного и зарубежного происхождения (таблица 1). Все сорта относятся к виду *Pisum sativum* L. (горох посевной): парноперистые – к var. *sativum* Shor, var. *omphalodes* Koern, var. *glaucospermum* Alef., var. *ecaducum* Makash.; усатые – к var. *micolayczikii* Kuptzov N., var. *cirroso-sativum* Pashk.; с ярусной гетерофиллией – к var. *zelenovii* Serd. et Stankev [11]. В работе использованы как внесенные в Госреестр Республики Беларусь сорта (Миллениум, Слодыч и Алесь), так и не районированные в Беларуси (Радимич, Мадонна).

Для оценки морфофизиологических показателей проростков семена растений проращивали в бумажно-поли-

этиленовых рулонах на отстоянной водопроводной воде в климатической камере КК-14-50 по методу, описанному в работе Лихачева Б.С. и соавт. [5] в течение 10 суток. В климатической камере соблюдался следующий режим: фотопериод – 18 ч, дневная температура – 20–21°C, ночная температура – 14–15°C, интенсивность освещения – 15 клк. В качестве показателей, характеризующих степень развития органов проростков, использовали следующие параметры: длина ростка, длина надсемядольного колена, длина подсемядольного колена, длина корешка, количество боковых корешков и средняя длина бокового корешка одного растения.

Урожайность образцов гороха оценивали в селекционном севообороте РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» в течение 2011–2014 гг. Растения высевали в трех повторениях. Учётная площадь делянки составляла 1 м<sup>2</sup>, расстояние между образцами – 40 см, междурядье – 20 см, глубина заделки семян – 4–6 см. Агрохимические показатели почвы были следующими. Тип почвы – дерново-подзолистая легкосуглинистая, рН в KCl – 5,98–7,0, обеспеченность фосфором – 212,0–317,3 мг/кг, калием – 248,7–278,0 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,33–2,78 %. Предшественником посевов гороха являлся овес.

Обработку почвы, внесение удобрений, сев и уход за посевами гороха проводили согласно «Организационно-технологическим нормативам возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» [11]. Хозяйственную спелость учитывали при созревании на большинстве растений 60–70 % бобов, после того как их створки приобрели вид пергаментной бумаги, а семена затвердели [12]. Уборку гороха осуществляли вручную, убранные растения обмолочены на комбайне Nege-125С.

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

### Результаты исследований и их обсуждение

Листовой аппарат гороха посевного всегда являлся важным объектом селекции. В результате были созданы образцы с различными типами листа (парноперистый, усатый, «хамелеон», многократнепарноперистый), что повлекло за собой изменение целого ряда морфометрических параметров (площадь листовой поверхности одного растения, листовой индекс и др.). Проводимые работы по изменению листа и особенно работы по его редукции не могли не повлиять на состояние других систем растительного организма и способны изменить его общую продуктивность. Следует отметить, что в сельскохозяйственном производстве Беларуси наибольшее применение нашли сорта с парноперистым типом листа, усатыми формами засеваются меньшие по площади территории. Образцы морфотипа «хамелеон» и с многократнепарноперистым типом листа возделываются только на опытных участках и в селекционных питомниках. Однако некоторые авторы [2] указывают на высокую (90 ц/га и более) потенциальную урожайность форм гороха с ярусной гетерофиллией листа («хамелеон»). Учёные [1, 3], занимавшиеся «проростковой» селекцией, использовали в своих исследованиях сорта, не указывая тип листа. По названиям сортов гороха нам удалось определить, что для анали-

Таблица 1 – Характеристика сортов и образцов гороха

Тип листа растения	Условное обозначение	Сорт, сортообразец
Парноперистый (обычный)	Af	Миллениум, Радимич, Слодыч, ЛУ-10-1
Усатый	af	Мадонна, Алесь, Аз-2.2, Аз-4.2
Ярусная гетерофиллия («хамелеон»)	af-tac	Аз-3.1-1/3, Аз-93-1955, Аз-96-718
Многократнепарноперистый	af tl	Д. 2532/04

за параметров прорастания чаще всего отбирались сорта гороха с обычным, реже усатым типом листа.

В связи с вышесказанным, для повышения объективности проводимых оценок в работе использовали сорта и образцы гороха с разным типом листа (таблица 1). С обычным парноперистым листом для анализа были отобраны сорта Миллениум, Радимич и Слодыч, а также образец ЛУ-10-1. Образец ЛУ-10-1 представлял собой линию морфотипа «люпиноид» (F<sub>4</sub> в 2014 г.). В качестве представителей усатых форм были отобраны сорта Мадонна и Алесь, а также два образца Аз-2.2 и Аз-4.2 (оба F<sub>5</sub> в 2014 г.). Аз-3.1-1/3 (F<sub>5</sub> в 2014 г.), Аз-93-1955 и Аз-96-718 относятся к морфотипу «хамелеон», а образец Д. 2532/04 имеет многократнепарноперистый лист.

Морфометрические параметры проростков сортов и образцов гороха представлены в таблице 2. Анализ полученных данных показал следующее. Наибольшая длина ростка наблюдалась у проростков усатых сортов Мадон-

на, Алесь и образца морфотипа «хамелеон» Аз-96-718, наибольшая длина главного корня – у сорта Мадонна и образца Аз-93-1955. По числу боковых корешков проростки сортов Мадонна, Радимич и образцов морфотипа «хамелеон» Аз-93-1955, Аз-96-718 превосходили таковые сорта-стандарта Миллениум. По показателю длины боковых корешков ни один сорт или образец не превзошёл сорт-стандарт, но не уступали ему Радимич, Мадонна, Алесь и Аз-93-1955.

На рисунке 1 представлены данные по средней урожайности изученных сортов и образцов гороха за 2011–2014 гг. Формы гороха с обычным парноперистым типом листа несколько превосходили по данному параметру другие группы. Как видно из приведенных данных, показатель средней урожайности растений сортов Миллениум, Радимич и Слодыч составил 508 г/м<sup>2</sup>, 478 и 391 г/м<sup>2</sup>, соответственно. Тем не менее, наибольшая урожайность в 2011–2014 гг. зафиксирована у усатого сорта Мадонна, у

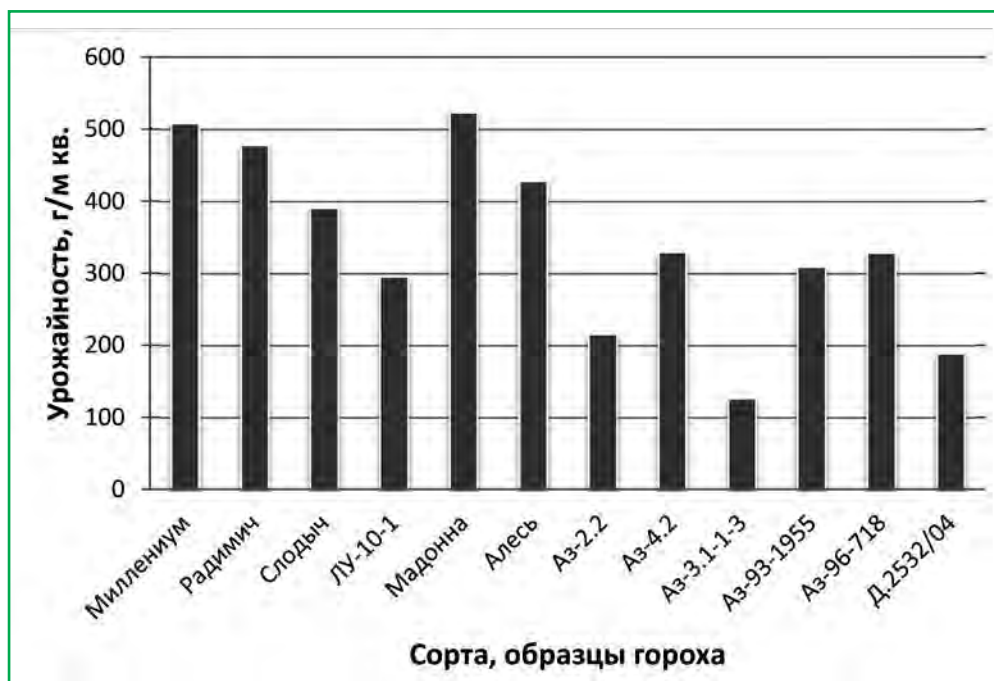


Рисунок 1 – Урожайность сортов и образцов гороха (среднее, 2011–2014 гг.)

Таблица 2 – Морфометрические параметры проростков сортов и образцов гороха по типам листа

Тип листа гороха	Сорт, образец	Длина ростка, мм	Длина надсемядольного колена, мм	Длина подсемядольного колена, мм	Длина главного корня, мм	Число боковых корешков	Длина бокового корешка, мм
Af	Миллениум	29,32	9,79	10,54	109,11	4,00	30,75
	Радимич	25,16	5,71	7,18	90,24	6,87*	34,65
	Слодыч	25,86	8,48	7,10	73,07	5,07	19,06
	ЛУ-10-1	12,23	5,85	7,04	87,73	2,54	19,98
af	Мадонна	70,72*	10,45	10,62	136,79*	10,93*	29,72
	Алесь	39,12*	7,48	6,36	79,79	7,64*	26,19
	Аз-2.2	28,83	12,83	8,30	81,23	1,77	9,66
	Аз-4.2	16,74	8,92	9,82	89,08	1,79	8,79
af-tac	Аз-3.1-1/3	24,15	10,10	9,43	69,95	2,58	6,66
	Аз-93-1955	31,93	8,86	6,51	124,77*	10,23*	34,36
	Аз-96-718	39,16*	10,58	6,00	108,00	9,19*	15,11
af tl	Д. 2532/04	18,41	10,73	8,97	109,03	0,59	2,96
НСР <sub>05</sub>		7,46	17,6	1,78	3,69	1,68	6,16

Примечание – \*Достоверно (p<0,05) превосходят сорт-стандарт Миллениум.

которого данный показатель находился на уровне 524 г/м<sup>2</sup>. У других усатых образцов гороха средняя урожайность была ниже и находилась на уровне 216–428 г/м<sup>2</sup>. Еще более низкие значения показателя средней урожайности наблюдались у образцов с ярусной гетерофиллией и многократнотенарноперистым типом листа. Так, наилучший показатель урожайности среди морфотипов «хамелеон» был зарегистрирован для образца Аз-96-718, у которого данный параметр составил 329 г/м<sup>2</sup>. У растений образца Д. 2532/04 с многократнотенарноперистым листом урожайность находилась на уровне 189 г/м<sup>2</sup>.

В таблице 3 приведена корреляционная зависимость между морфометрическими параметрами проростков и показателем средней урожайности растений гороха. Анализ полученных данных показал, что с показателем средней урожайности форм гороха тесно коррелируют такие морфометрические показатели, как средняя длина бокового корешка и число боковых корешков, определяемые в раннем онтогенезе растений.

Корреляция между урожаем семян и числом боковых корешков проростков гороха составила 0,58 (p<0,05). Средняя длина бокового корешка проростков ещё более тесно коррелирует с урожайностью гороха (r=0,8). Коэффициент корреляции между длиной боковых корешков и их числом составил 0,72 (p<0,05). Модель зависимости длины боковых корешков от их числа представлена на рисунке 2. Обнаруженная тесная связь морфометрических показателей корневой системы проростков с урожайностью взрослых растений может быть связана с целым комплексом причин. Способность образовывать более мощную корневую систему с большим количеством длинных боковых корешков приводит к образованию большего количества клубеньков, а также большей площади поглощения необходимых растению соединений. Это, вероятно, и обуславливает большую конкурентоспособность таких растений в борьбе за элементы питания, а соответственно, и большой урожай семян.

### Заключение

1. Установлено, что с показателем средней урожайности различных сортов и образцов гороха положительно коррелируют такие морфометрические показатели их проростков, как средняя длина бокового корешка и число боковых корешков.
2. При прогнозировании потенциальной урожайности гороха наиболее статистически значимым для всех типов листа является критерий средней длины бокового корешка проростков.

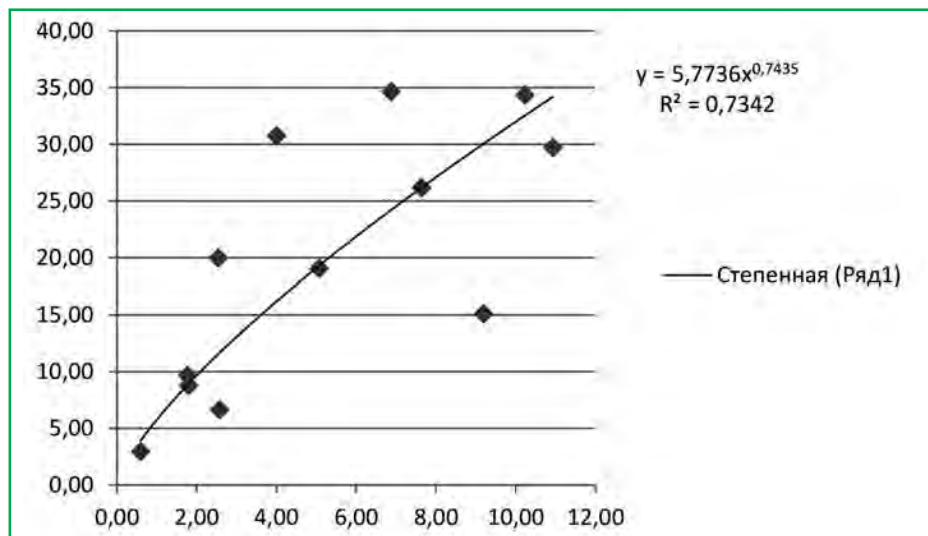


Рисунок 2 – Модель зависимости длины бокового корешка от их числа у проростков гороха

Таблица 3 – Корреляционная связь между морфометрическими параметрами проростков и показателем средней урожайности сортов и образцов гороха

Параметр	Коэффициент корреляции r
Длина ростка	0,53
Длина надсемядольного колена	-0,37
Длина подсемядольного колена	0,09
Длина главного корня	0,38
Число боковых корешков	0,58*
Длина бокового корешка	0,8*

Примечание – \*Достоверно (p<0,05).

3. Среди изученных сортов и образцов гороха по показателю наибольшей урожайности выделяется сорт Мадонна, что позволяет рекомендовать его для активного использования в селекционном процессе Республики Беларусь.
4. При создании новых сортов гороха можно рекомендовать отбор растений по комплексу параметров проростков: средняя длина бокового корешка и число боковых корешков.

### Литература

1. Горбатая, А.П. Продуктивность зернобобовых культур в связи со степенью развития органов проростков семян в условиях южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / А.П. Горбатая; ВПО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». – Красноярск, 2013. – С. 17.
2. Биология и селекция детерминантных форм гороха / И.В. Кондыков [и др.]; под общ. ред. И.В. Кондыкова. – Орёл: Картуш, 2006. – С. 75–78.
3. Ларионов, Ю.С. Степень развития органов проростков семян бобовых культур как показатель их потенциальной продуктивности / Ю.С. Ларионов, А.П. Горбатая // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 17.
4. Ларионов, Ю.С. Оценка урожайных свойств и урожайного потенциала семян зерновых культур / Ю.С. Ларионов. – Челябинск: Челябинский государственный аграрный университет, 2000. – 100 с.
5. 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.
6. Шевелуха, В.С. Способы отбора высокопродуктивных растений ячменя на первом этапе органогенеза: методические указания / В.С. Шевелуха, М.А. Прыгун, С.И. Гриб. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1985. – 8 с.
7. Шевелуха, В.С. Ростовые морфофизиологические показатели продуктивности зерновых культур / В.С. Шевелуха, С.И. Гриб, Н.М. Андреева // Биологические основы селекции растений на продуктивность. – Таллинн, 1981. – С. 19–21.
8. Тромпель, А.Ф. Морфофизиологические показатели развития корневой системы озимой тетраплоидной ржи в связи с продуктивностью / А.Ф. Тромпель, В.В. Кравченко // Сб. науч. тр. / Белорусский научно-исследовательский ин-т земледелия. – Минск, 1985. – Вып. 28. – С. 102.
9. Петибская, В.С. Основные слагаемые продукционного процесса у риса / В.С. Петибская // Селекция и семеноводство. – 1985. – № 5. – С. 17.
10. Унифицированный классификатор гороха *Pisum L.* / Ф.И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2013. – 47 с.
11. 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.
12. 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. – Москва: Колос, 1971. – С. 79–105.