

hectare), Б3737/2-2 (32,1 centners per hectare). The yield of the standards was 30,7 (Samarius) and 32,3 (Talovets 70) centners per hectare. Quality of the grain was the best in line Б3737/2-2. A high positive correlation was observed between grain yield and protein amount per hectare ($r = 0,95$). A high negative correlation was observed between the weight of 1000 seeds and the coefficient of seed disintegration ($r = 0,79$).

Keywords: peas, line, productivity, protein, protein yield.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11129

УДК: 635:656:631.52

УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИВНОСТЬ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ГОРОХА

И.А. ФИЛАТОВА, старший научный сотрудник

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА
E-mail: niish1c@mail.ru

Исследования были направлены на изучение адаптивных способностей новых сортообразцов гороха и старых сортов местной селекции. Испытуемый материал был представлен листочковыми и усатыми формами гороха. Погодные условия, сложившиеся в годы проведения эксперимента, от благоприятных – 2016 и 2017 гг. (индекс среды (I_j) – 9,6 и 7,9) до экстремальных для гороха – 2018 и 2019 гг. (I_j – - 4,2 и - 13,3), позволили с высокой достоверностью оценить испытуемые образцы по показателям адаптивности. Было установлено, что сортообразцы с листочковым морфотипом обладают низкой экологической пластичностью, но большей стрессоустойчивостью и гомеостатичностью. А образцам с усатым морфотипом свойственно большее соответствие между генотипом и средой. На основании проведенных исследований и соответствующих расчетов, сформированы три группы с разным уровнем адаптивности: 1) интенсивного типа, которая включает 3 образца: Л-10/13 ($bi = 1,22$), Л-109/13 ($bi = 1,20$) и Л-61/14 ($bi = 1,14$); 2) высоко-экологически пластичные: Л-62/14 ($bi = 1,1$), Л-92/14 ($bi = 1,08$), Л-61/18 ($bi = 0,95$), Л-68/17 ($bi = 1,01$), Л-64/17 ($bi = 0,98$), Л-34/13 ($bi = 1,00$) и сорт Фокор ($bi = 0,92$); 3) низко-экологически пластичные: Л-92+94/13 ($bi = 0,85$), Л-71/18 ($bi = 0,78$) и Дударь ($bi = 0,82$). Такой подход к оценке выделяющихся по продуктивности линий гороха, позволяет уже на заключительном этапе селекционной работы над перспективными сортообразцами, формировать рекомендации по условиям и зонам их возделывания.

Ключевые слова: горох посевной, сортообразцы, урожайность, пластичность, стабильность, гомеостатичность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость.

Все учащающиеся экстремальные всплески аномальных явлений природы негативно отражающихся на продуктивности и качестве сельскохозяйственной продукции заставляют ученых обратить на себя особое внимание. В линейку основных задач селекции уже уверенно вошла оценка перспективных селекционных образцов на экологическую адаптивность. Исследования в этом направлении ведутся по многим культурам: озимые зерновые [1, 2], яровые зерновые [3, 4], соя [5, 6] горох [7, 8].

Оценка селекционного материала на этапе создания сортов по показателям пластичности и стабильности позволит выделять не только высокопродуктивные сорта, но и обладающие высокой экологической лабильностью, что позволит снизить долю риска потери урожая. Это

особенно важно в селекции и первичном семеноводстве, когда потеря урожая может быть невосполнимым для нового сорта.

В связи с этим, целью наших исследований стала оценка перспективных линий гороха посевного (*Pisum sativum*) по показателям экологической пластичности и стабильности.

Материалы и методы

Для изучения были отобраны 2 сорта местной селекции прошлых лет – Дударь (2002 год допуска), Фокор (2005 год допуска), перспективные линии с усатым морфотип: Л-10/13, Л-109/13, Л-61/14, Л-62/14, Л-92/14/13, Л-61/18/13, Л-68/17, Л-64/17 и листочковым: Л-34/13, Л-92+94/13, Л-71/18. Урожайные данные были получены в питомнике конкурсного сортоиспытания. Учетная площадь делянок – 20 м², повторность – пятикратная. Норма высева 1,3 млн/га.

Расчет показателей экологической стабильности и пластичности проводили по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.З. Пакудина, Л.М. Лопатиной [9]. Устойчивость сортов к стрессу и среднюю урожайность в контрастных условиях среды определяли по уравнению А.А. Rossille, J. Hamblin, цит. по А.А. Гончаренко [10]. Статистическую обработку данных – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Опыты закладывались в юго-восточной части ЦЧЗ на полях НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. Климат характеризуется как умеренно-континентальный. Характерной особенностью климата переходной зоны является непостоянство режима осадков и изменчивость температурного режима.

Метеорологические условия существенно различались по годам, что позволило наиболее объективно проанализировать сорта и сортообразцы, отобранные для изучения. Наиболее благоприятными для роста и развития гороха были 2016 и 2017 гг. об этом можно судить по показателям ГТК – 1,2 и 1,1 (табл. 1) и индексу среды (Ij) – 9,6 и 7,9 (табл. 2) соответственно. За период вегетации выпало 164 (2016 г.) и 148 мм (2017 г.) осадков, что превысило многолетние значения на 44 и 28 мм. Температурный режим находился практически на уровне нормы. Крайне неблагоприятными для формирования продуктивности стали 2018 и 2019 гг., ГТК составил 0,2 и 0,6, а индекс среды Ij – - 4,2 и - 13,3 (табл. 2) соответственно. В 2018 г за вегетационный период выпало всего 27 мм осадков, что соответствует экстремальной засухе. Формированию зерна способствовало снижение среднесуточной температуры в фазу бутонизации – цветения до 14,2° С [11]. Наиболее критичные погодные условия 2019 года совпали с периодом начало бутонизации – цветение – начало формирования бобов. Среднесуточные температуры составляли 21° С, цветение прошло скрытно и стремительно (5-6 дней). На растениях сформировалось по 3-5 бобов, остальные цветки засохли, что существенно отразилось на продуктивности.

Таблица 1

Метеоусловия периода вегетации гороха, 2016-2019 гг.

Показатели	Год			
	2016	2017	2018	2019
Осадки, мм	164	148	27	75
Отклонение от ср. многолетних, мм	+ 44	+ 28	- 93	- 45
Температура, °С	17,8	16,7	18,9	19,7
Отклонение от ср. многолетних, мм	+ 1,7	+ 0,6	+ 2,8	+ 3,6
Сумма активных температур, °С	1387	1333	1245	1300
ГТК	1,2	1,1	0,2	0,6
Период вегетации, дней	78	80	66	66

Результаты исследований

Продуктивность гороха в значительной степени определяется погодными условиями, складывающимися в период вегетации. Доля влияния внешних факторов составила 90,9%. Влияние генотипа на выход зерна был гораздо ниже – 2,3%. Максимальная урожайность была

зафиксирована в 2016 г. у линии Л-68/17 – 40,1 ц/га, при средней по эксперименту – 33,1 ц/га, минимальная – в 2019 г. у образца Л-10/13 – 6,8 ц/га, при средней 10,1 ц/га (табл. 2). Продуктивность новых сортообразцов с усатым морфотипом в благоприятные по метеоусловиям годы была на уровне листочковых сортов (31,4 ц/га и 31,3 ц/га в 2017 г.), или даже превосходила их (34,0 ц/га и 31,0 ц/га в 2016 г.). В условиях неблагоприятных для роста и развития культуры ситуация меняется, большой урожай формировался у обычных форм гороха. Это обусловлено, большей стрессоустойчивостью, что подтверждается и математическими расчетами. По показателю «уровень устойчивости к стрессу» (У2-У1), имеющему отрицательный знак, лучшими были образцы Л – 71/18 (-18,2), Л – 92+94/13 (-19,3), Дударь (21,8). Из образцов с усатым типом листа выделились сорт Фокор (-18,2) и Л – 61/18 (-21,6) (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность изученных образцов гороха (ц/га) и индекс среды

Образец	Урожайность, ц/га				
	2016	2017	2018	2019	Средняя
	Усатый морфотип				
Л-10/13	35,1	32,9	18,8	6,8	23,4
Л-109/13	36,2	32,3	17,2	8,5	23,6
Л-61/14	35,2	31,4	17,5	8,7	23,2
Л-62/14	36,2	32,6	19,6	10,4	24,7
Л-92/14	34,2	33,3	19,0	9,9	24,1
Л-61/18	31,7	32,0	20,5	10,4	23,7
Л-68/17	40,1	28,8	22,0	12,2	25,8
Л-64/17	36,8	30,6	21,5	12,0	25,2
Фокор	25,2	27,3	18,6	9,8	20,1
	Листочковый морфотип				
Л-34/13	34,3	32,2	19,8	11,5	24,5
Л-92+94/13	31,1	30,3	20,8	11,8	23,5
Л-71/18	31,4	29,5	20,1	13,2	23,6
Дударь	27	33,1	20,4	11,3	23,0
ср Хj	33,1	31,4	19,3	10,1	23,5
НСР05	2,0	1,9	2,1	1,7	1,7
ср Хjус	34,0	31,4	19,0	9,5	23,5
ср Хjлист	31,0	31,3	20,3	12,0	23,7
индекс среды Ij	9,6	7,9	-4,2	-13,3	

Генетическая гибкость анализируемых образцов определялась как среднее арифметическое между минимальной и максимальной урожайностью, полученной в контрастных условиях. Наиболее высокими показателями обладали новые сортообразцы, принадлежащие к усатому морфотипу: Л-10/13 (14,2), Л-68/17 (14,0), Л-109/13 (13,9), Л-61/14 (13,5). Относительно низкое взаимодействие между генотипом и факторами среды отмечено у образцов с листочковой формой растения и сорта Фокор.

Адаптивность сортов оценивали по показателям экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) их урожайности. Чем больше b_i , тем более отзывчив сорт на изменение условий выращивания. В случае, если b_i нулевое или стремится к нулю, то сорт не реагирует на изменение условий среды. Если b_i равен или близок к единице, изменение урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания. Низкие значения S_i^2 показывают, что сорт слабо отзывается на улучшение условий выращивания [9].

Таким образом, изучаемые образцы были распределены на 3 группы (табл. 3). В первую вошли 3 образца, коэффициент регрессии которых, значительно превышал единицу: Л-10/13 ($b_i = 1,22$), Л-109/13 ($b_i = 1,20$) и Л-61/14 ($b_i = 1,14$). Такие сорта можно отнести к

интенсивному типу, так как они положительно отзываются на улучшение условий возделывания. Их вариация стабильности признака находилась на уровне средних значений $S_i^2 = 1,66$, $S_i^2 = 2,33$, $S_i^2 = 2,43$ соответственно, то есть при неблагоприятных условиях урожайность их снижается и уступает сортам других групп, что наглядно отражается в урожайных данных (табл. 3). Все они принадлежат к усатому морфотипу.

Таблица 3

Параметры адаптивности старых сортов и перспективных сортообразцов гороха, 2016-2019 гг.

Группа	Образец	Показатель*							
		Y_2	Y_1	$Y_2 - Y_1$	$(Y_1 + Y_2)/2$	bi	S_i^2	$V\%$	Ном
	Усатый морфотип								
1	Л-10/13	6,8	35,1	-28,3	14,2	1,22	1,66	50,4	1,6
	Л-109/13	8,5	36,2	-27,7	13,9	1,20	2,33	49,3	1,7
	Л-61/14	8,7	35,2	-26,5	13,5	1,14	2,43	47,6	1,8
2	Л-62/14	10,4	36,2	-25,8	12,9	1,10	1,15	43,0	2,2
	Л-92/14	9,9	34,2	-24,3	12,2	1,08	1,67	43,6	2,3
	Л-61/18	10,4	32,0	-21,6	10,8	0,95	4,59	39,7	2,8
	Л-68/17	12,2	40,1	-27,9	14,0	1,01	15,58	40,8	2,3
	Л-64/17	12,0	36,8	-24,8	12,4	0,98	4,95	38,4	2,6
	Фокор	9,8	27,3	-18,2	9,1	0,92	5,38	37,5	2,0
	Листочковый морфотип								
	Л-34/13	11,5	34,3	-22,8	11,4	1,00	2,27	39,8	2,7
3	Л-92+94/13	11,8	31,1	-19,3	9,7	0,85	2,21	35,2	3,5
	Л-71/18	13,2	31,4	-18,2	9,1	0,78	1,37	32,3	4,0
	Дударь	11,3	33,1	-21,8	10,9	0,82	11,45	37,4	2,8

Примечание: * Y_1 – максимальная урожайность, Y_2 – минимальная урожайность, $Y_2 - Y_1$ – устойчивость к стрессу, $(Y_1 + Y_2)/2$ – генетическая гибкость, bi – пластичность, S_i^2 – стабильность, $V\%$ – варибельность признака, Ном – гомеостатичность.

Во вторую группу «высокой экологической пластичности» вошли образцы, имеющие коэффициент регрессии близкий к единице: Л-62/14 ($bi = 1,1$), Л-92/14 ($bi = 1,08$), Л-61/18 ($bi = 0,95$), Л-68/17 ($bi = 1,01$), Л-64/17 ($bi = 0,98$), Л-34/13 ($bi = 1,0$) и сорт Фокор ($bi = 0,92$). Анализируя урожайные данные этих образцов, мы видим, что в благоприятные годы сбор зерна находился на уровне или выше средних значений по опыту, а в экстремальных условиях 2018 и 2019 гг. их продуктивность была значительно выше 19,0-22,0 ц/га в 2018 г. и 9,8-12,2

ц/га в 2019 г., чем у образцов интенсивного типа 15,0-18,8 ц/га и 6,1-8,7 ц/га, соответственно (табл.2).

Низкой экологической пластичностью (третья группа) отличались сортообразцы листочкового морфотипа – Л-92+94/13 ($b_i = 0,85$), Л-71/18 ($b_i = 0,78$), Дударь ($b_i = 0,82$). В условиях экстремальной засухи они обладают большей «выносливостью», по сравнению с усатыми формами, что позволяет им формировать более высокую продуктивность [12]. Снижение урожайности у таких форм в благоприятные годы происходит, в основном, из-за потерь при уборке, так как листочковые формы подвержены сильному полеганию.

В нашем эксперименте изменчивость продуктивности образцов была очень сильной и находилась в пределах от 32,3% у Л-71/18, до 50,4% у Л-10/13. При сравнительной оценке показателей адаптивности по их корреляционной взаимосвязи, была выявлена высокая положительная связь между пластичностью (b_i) и коэффициентом вариации (V) $r = 0,833 \pm 0,160$, и полное её отсутствие между стабильностью (S_i^2) $r = - 0,094 \pm 0,287$. Показатели гомеостатичность и вариабельность имеют полярную направленность по отношению друг к другу $r = - 0,876 \pm 0,139$.

Наибольшей стабильностью по опыту обладали два образца гороха с обычными листьями Л-71/18 и Л-92+94/13, о чем свидетельствуют низкие значения коэффициента вариации (32,3% и 35,2%) и высокие у показателя гомеостатичность (4,0 и 3,5).

Заключение

Подводя итог проведенной работе, можно сделать вывод о том, что сортообразцы, находящиеся на последнем этапе в селекционной проработке, обладают различными уровнями адаптивности. Выделено 3 образца интенсивного типа использования: Л-10/13, Л-109/13, Л-61/14. 7 образцов экологически пластичных, из них 6 принадлежат к усатому морфотипу: Фокор, Л-62/14, Л-92/14, Л-61/18, Л-68/17, Л-64/17, и только один к обычному – Л-34/13. Остальные образцы листочкового типа относятся к группе с низкой экологической пластичностью, но способные формировать высокую продуктивность в неблагоприятные по метеоусловиям годы.

Более высокой стрессоустойчивостью обладают сорта листочкового морфотипа и сорт усатого морфотипа Фокор. А большая генетическая гибкость свойственна новым перспективным образцам, принадлежащим к усатому морфотипу. Наибольшая гомеостатичность также свойственна образцам листочкового морфотипа.

Литература

1. Мамеев В.В., Ториков В.Е., Никифоров В.М. Экологическая стабильность и пластичность сортов озимых культур на юго-западе Центрального региона России // Вестник Брянской государственной с.-х. академии, – 2014. – № 6. – С. 32-38.
2. Константинова О.Б., Кондратенко Е.П. Урожайность и параметры адаптивности новых сортов озимой ржи в условиях лесостепной зоны Кемеровской области // Социальная экология как основа экологизации общества. Сб. мат. молодежного науч. семинара посв. 65- летию Кузбасского ГТУ им. Т.Ф.Горбачева, – 2014. – С.20.
3. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш., Сапега С.В. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 10. – С. 22-26.
4. Туляков М.В., Баталова Г.А., Пермякова С.В., Лисицын Е.М. Пластичность и стабильность сортов и линий овса в условиях Кировской области // Достижения науки и техники АПК, 2018. – Т.32. – № 8. – С. 54-56. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10814.
5. Фадеев А.А., Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В. Экологическая устойчивость раннеспелых сортов сои к абиотическим стрессам // Масличные культуры. Науч. - практ. бюлл. Всероссийского НИИ масличных культур, 2011. – вып.2 (148-149). – С. 45-48.
6. Фокина Е.М., Титов С.А., Разанцев Д.Р. Агроэкологическая оценка перспективных образцов сои // Достижения науки и техники АПК, – 2019. – Т.33. – № 7. – С.21-23. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10705.

7. Пономарева С.В. Экологическая пластичность и стабильность по урожайности семян и зеленой массы гороха полевого в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2019. – № 2 (30). – С. 43-47. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11086.
8. Филатова И. А. Экологическая пластичность и стабильность сортов и сортообразцов гороха в условиях Каменной Степи // Зернобобовые и крупяные культуры, – 2016. – № 3 (19). – С. 41-45.
9. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология, – 1984. – № 4. – С. 109-113.
10. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН, – 2005. - № 6. – С. 49-53
11. Филатова И.А. Формирование элементов продуктивности гороха в зависимости от погодных условий вегетационного периода // Земледелие, – 2018. – № 6. – С.44-47. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10612.
12. Кондыков И.В. О приоритетах в селекции гороха // Вестник Орел ГАУ, – 2011. – № 5 (32). – С. 96-103.

Номер научного направления (задания) – 0621-2019-0013 «Создать, изучить и выделить новые генотипы гороха по комплексу хозяйственно-ценных признаков и устойчивости к вредным объектам в условиях ЦЧЗ».

YIELD AND ECOLOGICAL ADAPTIVITY OF PERSPECTIVE PEA VARIETIES

I. A. Filatova

V.V. DOKUCHAEV RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF THE CENTRAL-CHERNOSEM ZONE

Abstract: *The studies were aimed at studying the adaptive abilities of new varieties of peas and old varieties of local selection. The test material was represented by leaf and baleen forms of peas. Weather conditions that developed during the years of the experiment, from favorable – 2016 and 2017 (environmental index (Ij) – 9,6 and 7,9) to extreme conditions for peas – 2018 and 2019 (Ij – 4,2 and – 13, 3), allowed to evaluate the tested samples with high reliability by adaptability indicators. It was found that variety specimens with leaf morphotype have low environmental plasticity, but greater stress resistance and homeostaticity. Of the samples with a baleen morphotype, 3 responsive to weather changes were identified: L-10/13 (bi = 1,22), L-109/13 (bi = 1,20) and L-61/14 (bi = 1,14) and 6 with high environmental plasticity: L-62/14 (bi = 1,1), L-92/14 (bi = 1,08), L-61/18 (bi = 0,95), L-68 / 17 (bi = 1,01), L-64/17 (bi = 0,98) and the Fokor variety (bi = 0,92). Specimen with a whiskered morphotype is characterized by a greater correspondence between the genotype and the environment. Based on the studies and corresponding calculations, three groups were formed with different levels of adaptability: 1) intensive type, which includes 3 samples: L-10/13 (bi = 1,22), L-109/13 (bi = 1,20) and L-61/14 (bi = 1,14); 2) highly environmentally plastic L-62/14 (bi = 1,1), L-92/14 (bi = 1,08), L-61/18 (bi = 0,95), L-68/17 (bi = 1,01), L-64/17 (bi = 0,98), L-34/13 (bi = 1,00) and the Fokor variety (bi = 0,92); 3) low-environmentally plastic L-92 + 94/13 (bi = 0,85), L-71/18 (bi = 0,78) and Dudar (bi = 0,82). Such an approach to assessing pea lines distinguished by productivity allows already at the final stage of breeding work on promising variety varieties to formulate recommendations on the conditions and zones of their cultivation.*

Keywords: sowing peas, variety samples, productivity, plasticity, stability, homeostatic, stress tolerance, genetic flexibility.