

АГРОНОМИЯ



УДК 635.654:631.527.5

**А.В. Обухова,
Л.В. Омелянюк,
Н.А. Поползухина**

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСХОДНЫХ ФОРМ И ГИБРИДОВ ГОРОХА ПО ПРИЗНАКАМ ПРОДУКТИВНОСТИ И НОДУЛЯЦИИ

Ключевые слова: *Pisum sativum L.*, исходный образец, диаллельные гибриды первого поколения, корреляционная зависимость, число и масса азотфиксирующих клубеньков.

Введение

Горох – основная зернобобовая культура в нашей стране, широко используется в качестве источника пищевого и кормового растительного белка. Как и другие бобовые, она обладает уникальной способностью вступать в симбиоз с клубеньковыми бактериями и фиксировать молекулярный азот из атмосферы, восстанавливая его до аммония [1]. В последние годы возрос интерес к микробиологической фиксации атмосферного азота в земледелии и растениеводстве, обусловленный главенствующей ролью этого процесса в азотном балансе биосферы Земли [2]. По данным многочисленных опытов ученых, содержание симбиотически связанного азота атмосферы в фитомассе растений варьирует в пределах 29-95% от общего накопления количества азота, фиксируемого той или иной культурой. Это связано и с биологическими особенностями объектов исследований, и с почвенно-климатическими условиями, и с применяемыми методами проведения экспериментов [3, 4].

Регистрационные параметры новых сортов бобовых очень редко включают признаки, связанные с корневой системой и нодуляцией (образованием азотфиксирующих клубеньков). Сейчас очевидно, что растительный геном, участвующий в симбиозе микроорганизмов, регулирует развитие и функционирование клубеньков. Число клубеньков, их размеры, морфология и ультраструктура определяются генотипом растения [5].

В результате наших исследований выявлено, что донорами для селекции являются образцы с усатым типом листа (af): на увеличение числа и массы семян с растения – Л 37/03, Омский 9; на крупносемянность – Благовест, Л 37/03; на мелкосемянность – Омский 9, Л 646/08. Наиболее ценный для селекции образец – Омский 9, имеющий высокую комбинационную способность по комплексу хозяйственно-ценных признаков [6].

Цель работы – изучить исходный материал для селекции сортов, сочетающих в себе высокую продуктивность с повышенной симбиотической азотфиксацией. В связи с этим были поставлены следующие **задачи**: на основе изучения исходных образцов и их диаллельных гибридов F₁ выделить источники по хозяйственно-ценным показателям корневой системы (длина и масса корня, число

и масса азотфиксирующих клубеньков); выявить корреляционную зависимость продуктивности с другими элементами структуры урожая и признаками нодуляции.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований послужили 5 родительских образцов гороха посевного с усатым типом листа (af): Омский 9, Благовест, Л 37/03, Девиз, Л 646/08 и 20 диаллельных гибридов первого (F_1) поколения. Образцы Благовест и Л 37/03 по результатам ранее проведенных нами исследований рекомендованы как источники повышенной азотфиксации [6-8].

Экспериментальная часть работы проводилась на полях лаборатории селекции зернобобовых культур ГНУ СибНИИСХ Россельхозакадемии в течение 2010-2011 гг., различающихся по гидротермическому обеспечению вегетационного периода (май-август): первый год по погодным условиям был более благоприятен, чем второй. Количество осадков в 2010 г. составило 113 мм (54% от нормы). Пик засухи в 2010 г. наблюдался в июле – за месяц выпало 20 мм осадков (32% от нормы), и в первую декаду августа, когда осадков практически не было. Среднемесячная температура воздуха превышала среднеемноголетнее значение в июне и августе, соответственно, на 0,7°C и 3,8°C. Май и июль отличались недостатком тепла – среднемесячная температура воздуха в мае составила 11,3°C (ниже средней многолетней на 0,9°C), а в июле была 17,8°C (ниже нормы на 1,6°C). В 2011 г. метеорологические условия в мае-августе в целом были близки к среднеемноголетним показателям: выпало 206 мм осадков (102% от среднеемноголетнего значения). Но распределение атмосферной влаги было неравномерным. Май-июнь были засушливыми, а июль-август – достаточно увлажненными. За эти периоды выпало осадков, соответственно, 59,1 мм (65,8% от нормы) и 146,4 мм (123,4% от нормы). Весь июнь температура воздуха была выше средней многолетней и составила 19,3°C (+1,4°C от нормы), а также во вторую декаду августа – 18,8°C (+1,7°C). В остальные периоды температура воздуха была ниже средней многолетней. Важно также отметить резкое колебание температуры воздуха и в течение суток.

Посев проводился вручную: в 2010 г. – 20 мая, 2011 г. – 18 мая. Предшественник – яровая пшеница после кукурузы. Изучаемый селекционный материал размещался по методу рендомизированных блоков в четырех повторностях. Блок составляли гибриды F_1 и общая для них материнская форма. Площадь питания растений 10x40 см.

Делянки убраны вручную, исключая краевые растения. Анализ структуры урожая проведен по 9 признакам у 25 растений из каждой повторности. Учет количества и массы азотфиксирующих клубеньков проводили по методике Г.С. Посыпанова в период конец бутанизации – начало цветения [9]. Для статистической обработки данных использовали методы дисперсионного и корреляционного анализов в изложении Б.А. Доспехова с использованием прикладных программ Microsoft Excel [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Реакция образцов гороха на изменение погодных условий проявилась в существенных различиях по признакам нодуляции. В 2011 г. средняя по опыту масса клубеньков на корне (0,03 г/раст.) уменьшилась на 66,7% по сравнению с 2010 г. (0,09 г/раст.); среднее число клубеньков на корне – на 18,9% (с 15,7 до 12,7 шт/раст.). Наибольшей изменчивостью по массе азотфиксирующих клубеньков с растения характеризовалась линия Л 37/03, которая была лидером по этому показателю в 2010 г. (0,05 г/раст), а также выделялась по продуктивности растений. При этом число клубеньков по годам у нее было сравнительно стабильным – соответственно, 11,8 и 9,7 шт/раст. (табл. 1). Для остальных исходных форм была отмечена достаточно высокая масса клубеньков в условиях 2011 г. Наибольшее количество клубеньков в среднем за годы исследований было отмечено у сорта Омский 9 и линии Л 646/08. Наиболее высокой массой клубеньков характеризовались линия Л 64/08 и сорт Девиз.

В среднем за годы исследований гибриды превзошли своих родителей как по количеству, так и по массе сформировавшихся клубеньков, за исключением гибридов, созданных с использованием сорта Омский 9, у которых масса клубеньков была ниже, чем у этой родительской формы. Следует отметить, что в 2010 г. это преимущество было существенным. В условиях же 2011 г. отмечено превышение родителей над гибридами по признакам нодуляции. Лишь гибриды, полученные с участием линии Л 37/03, сформировали более эффективный, чем родительские формы, симбиотический аппарат. Среди потомков F_1 следует отметить комбинацию Л 646/08 x Девиз, которая стабильно отличалась крупными клубеньками с высокой массой (0,24 и 0,08 г/раст.), клубеньки формировались как на главном (3,0 4,3 шт/раст.), так и на боковых корнях (13,7; 11,7 шт/раст.). В 2010 г. по массе клубеньков с растения выделялся гибрид Л 646/08 x Омский 9

(0,29 г/раст.), причем клубеньки в основном располагались на боковых корешках (42,5 шт/раст.).

У родительских образцов в нашем опыте максимальным развитием корневой системы отличилась линия 646/08: длина корня (13,84 см), сырая масса (1,82 г/раст.); а минимальной – Девиз (10,92 см; 1,03 г/раст.). Корреляционная связь была стабильно средней положительной между признаками: длина корня и масса корня (сырая и сухая), масса клубеньков с растения и сырая масса корня, сухая масса корня и число клубеньков на главном корне ($r = 0,35$ и $0,62$) (табл. 2). У исходных форм установлена сильная положительная связь, независимо от условий выращивания, между сырой и сухой массой корня (соответственно, $r = 0,87$ и $0,83$), в то же время у гибридов F_1 эта связь была слабее ($r = 0,64$ и $0,66$).

Общее число клубеньков с растения у всех генотипов определялось их количеством на боковых корнях ($r = 0,86 \div 0,99$). Масса клубеньков у исходных образцов стабильно зависела от сырой массы корня (соответственно, $r = 0,62$ в 2010 г. и $r = 0,55$ в 2011 г.) и от числа клубеньков с боковых корней ($r = 0,37$ и $0,61$). У гомозиготных и гетерозиготных форм также выявлена стабильная прямолинейная связь средней силы массы клубеньков с их общим числом на корне ($r = 0,31 \div 0,64$).

В результате анализа полученных данных выявлено, что продуктивность растений, независимо от происхождения, определялась в первую очередь числом семян с растения – корреляционная связь высокая положительная ($r = 0,85 \div 0,89$). Сила влияния остальных элементов структуры урожая на результирующий признак зависела от условий выращивания и генотипов. У родитель-

ских форм масса семян с растения имела стабильную среднюю положительную корреляционную связь с длиной стебля ($r = 0,64$ и $0,61$). Следует отметить ослабление зависимости между этими признаками в 2010 г. у гибридов первого поколения ($r = 0,20$). Условия выращивания изменили тесноту взаимодействия продуктивности с числом узлов до первого боба у исходных образцов (2010 г. – $r = 0,55$; 2011 г. – $r = -0,12$). Гибриды характеризовались слабой корреляционной связью; с числом продуктивных узлов в 2011 г. у родительских форм отмечена высокая положительная связь ($r = 0,74$), а в 2010 г. – средняя (соответственно, $r = 0,44$ и $0,51$). Сила связи массы семян с числом бобов на главном стебле и с растения в 2011 г. у P и F_1 была высокой (соответственно, $r = 0,71$ и $0,80$), в 2010 г. – средней ($r = 0,32$ и $0,52$). Нами выявлена средняя связь продуктивности семян с их крупностью ($r = 0,41 \div 0,43$), но в 2010 г. у исходных образцов эта зависимость была очень низкой ($r = 0,16$).

В оба года исследований наблюдалась высокая положительная корреляционная связь между хозяйственно-ценными признаками: число продуктивных узлов с главного стебля и с растения ($r = 0,73 \div 0,93$), число продуктивных узлов и число бобов с растения ($r = 0,82 \div 0,95$), число бобов с растения и на главном стебле ($r = 0,71 \div 0,95$).

До недавнего времени существовало мнение, что у сорта нельзя одновременно повысить продуктивность и активность азотфиксации, поскольку в этих процессах используется один и тот же источник энергии – продукты фотосинтеза, так как элементы питания расходуются как на формирование вегетативной массы, так и на образование клубеньков [1].

Таблица 1

Масса и число клубеньков у исходных форм (P) и гибридов (F₁)

Образец	2010 г.		2011 г.		В среднем за 2010-2011 гг.	
	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁
Масса клубеньков с растения, г						
Омский 9	0,01	0,11	0,04	0,01	0,03	0,06
Благовест	0,01	0,09	0,04	0,02	0,03	0,05
Л 37/03	0,05	0,08	0,01	0,05	0,03	0,06
Девиз	0,03	0,12	0,04	0,03	0,04	0,07
Л 646/08	0,03	0,15	0,06	0,04	0,05	0,10
НСР ₀₅	0,004	-	0,006	-	0,005	-
Число клубеньков с растения, шт.						
Омский 9	22,8	20,6	31,0	11,4	26,9	16,0
Благовест	4,2	16,2	12,0	10,5	8,1	13,3
Л 37/03	11,8	14,3	9,7	14,3	10,8	14,3
Девиз	7,0	14,0	14,0	11,7	10,5	12,9
Л 646/08	7,0	19,8	12,5	11,8	16,3	15,8
НСР ₀₅	1,98	-	2,37	-	2,18	-

Таблица 2

Корреляционная связь (r^*) массы клубеньков с признаками корня и числом клубеньков у исходных форм (P) и гибридов (F_1)

Факториальный признак	2010 г.		2011 г.	
	P	F_1	P	F_1
Длина корня	0,28	0,13	0,42	-0,14
Масса корня, сырая	0,62	0,26	0,55	0,30
Масса корня, сухая	0,57	0,25	0,22	0,36
Число клубеньков на главном корне	-0,18	0,20	0,49	0,18
Число клубеньков с боковых корней	0,37	0,28	0,61	0,64
Число клубеньков с корня	0,33	0,31	0,63	0,64

* Критерий существенности $r = 0,18$.

Таблица 3

Корреляционная зависимость между массой семян с растения (y) и признаками нодуляции (x) у исходных форм и гибридов F_1

Генотип	Год	Корреляционная зависимость		
		прямолинейная	криволинейная	
			r	η
Факториальный признак – масса клубеньков с растения, г				
P	2010	-0,11	0,82	$y = 15994 x^2 - 985,75 x + 28,38$
	2011	-0,52	0,74	$y = -75,64 x + 10,77$
F_1	2010	0,01	0,71	$y = 573,30x^2 - 161,73 x + 27,75$
	2011	-0,40	0,42	$y = 139,17 x^2 - 35,88 x + 9,59$
Факториальный признак – число клубеньков с растения, шт.				
P	2010	0,34	0,61	$y = 0,03 x^2 - 0,52 x + 17,08$
	2011	0,20	0,64	$y = 0,03 x^2 - 1,16 x + 17,09$
F_1	2010	0,21	0,60	$y = 0,02 x^2 - 0,90 x + 27,63$
	2011	-0,07	0,11	$y = 0,004 x^2 - 0,10 x + 9,33$

Критерий значимости $r = 0,25$.

Достоверной прямолинейной корреляционной связи между семенной продуктивностью и признаками нодуляции (количеством и массой клубеньков) у растений гороха в нашем опыте в основном не установлено, однако на основе построения точечных графиков и линий тренда обнаружена криволинейная зависимость, выраженная полиномиальными уравнениями второй степени (табл. 3).

В неблагоприятном 2011 г. как у родительских форм, так и у гибридов первого поколения отмечена отрицательная прямолинейная связь между массой семян и количеством клубеньков (соответственно, $r = -0,52$; $r = -0,40$). В тех же погодных условиях у гибридных образцов не выявлено связи между продуктивностью растения и числом клубеньков ($r = -0,07$; $\eta = 0,11$). Это говорит об индивидуальной реакции гетерозиготных растений на ухудшение гидротермического обеспечения. Влияние числа клубеньков на урожайность в 2010 г. у исходных образцов имеет положительную прямолинейную направленность ($r = 0,34$), однако величина коэффициента криволинейной зависимости была значительно выше ($\eta = 0,61$).

Выводы

1. Характер проявления признаков корневой системы и нодуляции (число и масса

азотфиксирующих клубеньков) зависел от условий выращивания и генотипов.

2. Теснота и направление корреляционной зависимости между признаками определялись как условиями выращивания, так и изучавшимися генотипами. У гомозиготных и гетерозиготных образцов выявлена стабильная прямолинейная связь средней силы между массой клубеньков и общим числом клубеньков на корне, высокая – между числом клубеньков с растения и их числом на боковых корнях.

3. Достоверной прямой корреляционной связи между семенной продуктивностью и нодуляцией у растений гороха в нашем опыте в основном не установлено, однако обнаружена криволинейная зависимость.

4. Масса семян с растения определялась всеми основными элементами структуры урожая, но наиболее сильная и стабильная связь выявлена с числом семян с растения.

5. В благоприятных гидротермических условиях возможно сочетание повышенной продуктивности и признаков нодуляции. Выявлены источники повышенной нодуляции – линии Л 37/03 и Л 646/08. Необходимо также отметить, что Л 37/03 является донором высокой семенной продуктивности, а Л 646/08 – донором признаков короткостебельности. При включении линии Л 646/08 в гибридизацию необходимо под-

ходить индивидуально к выбору пары для скрещивания. Среди изученных гибридов F₁, полученных с использованием этой короткостебельной формы, следует отметить высокопродуктивные комбинации – Л 646/08 х Девиз и Л 646/08 х Омский 9, которые характеризовались высокой массой азотфиксирующих клубеньков с растения.

Библиографический список

1. Сидорова К.К. и др. Селекция кормового гороха (*Pisum sativum* L.) на повышение азотфиксации с использованием симбиотических мутантов // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 1. – С. 105-109.
2. Бузмаков В.В. Производство биологически чистой продукции растениеводства // Аграрная наука. – 1999. – № 12. – С. 6-10.
3. Юркин С.Н. и др. Источники азота для растений: обзор // Сельское хозяйство за рубежом. – 1976. – № 3. – С. 2-6.
4. Шиян П.И., Черепанова В.П., Якименко В.Н. Изучение размеров симбиотической фиксации азота клевером и горохом // Агрехимия. – 1980. – № 3. – С. 12-17.
5. Сидорова К.К., Шумный В.К. Генетика симбиотической азотфиксации и основы селекции самоопыляющихся бобовых культур

// Генетика. – 1999. – Т. 35. – № 11. – С. 1550-1557.

6. Обухова А.В., Омелянюк Л.В., Поплухина Н.А. Комбинационная способность гороха посевного в системе диаллельных скрещиваний по элементам семенной продуктивности // Вестник Алтайского аграрного университета. – 2012. – № 12. – С. 14-17.

7. Озякова Е.Н. Урожайность и особенности формирования симбиотического аппарата у сортообразцов зернобобовых культур в южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Тюмень, 2009. – 19 с.

8. Озякова Е.Н. и др. Сравнительное изучение сортов гороха посевного на способность к азотфиксации в условиях Сибирского Прииртышья // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2008. – № 2. – С. 59-64.

9. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.



УДК 615.322:577.16:577.152.1

**Ю.В. Рогожин,
В.В. Рогожин**

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДПОСЕВНОГО УФ-ОБЛУЧЕНИЯ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ

Ключевые слова: зерна пшеницы, ультрафиолетовое облучение, антиоксиданты, малоновый диальдегид, перекисное окисление липидов, прорастание зерен пшеницы.

Введение

В живых организмах существует физиологически нормальный уровень свободно-радикальных процессов и перекисного окисления липидов, необходимый для регулирования липидного состава и проницаемо-

сти мембран и ряда биосинтетических процессов [1]. Контроль за уровнем ПОЛ в семенах осуществляют антиоксиданты (АО), являющиеся ингибиторами процессов свободнорадикального окисления [2].

Набухание и прорастание семян всегда сопровождаются активированием оксидазных процессов, возрастанием дыхательной активности митохондрий. УФ-облучение семян может инициировать возрастание перекисного окисления липидов (ПОЛ), регули-