

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАССЕЧЕННОЛИСТОЧКОВОГО МОРФОТИПА ГОРОХА В ЧИСТЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ

А.А. ЗЕЛЕНОВ, научный сотрудник

Н.Е. НОВИКОВА*, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*ФГБОУ ВПО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Рассечённолисточковый морфотип обладает рядом преимуществ над современными возделываемыми сортами, и главным из них являются высокие показатели биологического и урожайного потенциала. Однако, его реализации мешает невысокая устойчивость к полеганию. Устранения этого недостатка возможно за счёт селекционного выведения устойчивых к полеганию линий. Вторым способом является совместный посев с неполегающим опорным компонентом.

Ключевые слова: горох, селекция, физиология, рассечённолисточковый морфотип, смешанные посевы.

Генофонд гороха посевного (*Pisum sativum L.*) представлен большим числом морфологических форм, при этом сорта относятся в основном к листочковому и усатому морфотипам. Наибольшие площади занимают сорта усатого морфотипа, благодаря устойчивости к полеганию. В то же время уменьшение листовой поверхности у них имеет ряд нежелательных последствий. Корневая система у усатых растений хуже развита, а интенсивность поглощения веществ в расчете на единицу площади корня у них выше, чем у листочковых. Видоизменение листочков в усики сопровождается рядом изменений в водном обмене листа, которые негативно отражаются на устойчивости растений к засухе [1].

Обусловленная биоэнергетическим потенциалом растения максимальная урожайность современных сортов гороха в условиях Центральной России может достигать 5,5-6,0 т/га семян при содержании белка в них 22-23 % [2].

Биоэнергетический потенциал определяется количеством усвоенной растением солнечной энергии и выражается его биомассой с учетом энергетических затрат на образование составляющих ее веществ. Так, из одного грамма первичного продукта фотосинтеза может быть получено 0,83 г крахмала или 0,40 г белка, или 0,33 г жира. Поэтому высокобелковые или высокомасличные сорта и культуры уступают по урожайности крахмалистым [3].

Установлено, что за столетний период научной селекции семенная продуктивность гороха возросла в 2,5-3 раза, однако продуктивность биомассы не изменилась [2].

В связи с этим, условием дальнейшего повышения урожайности у новых сортов гороха является увеличение общей биомассы растения. И во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур за последние годы получены формы, которые по своей продуктивности биомассы и потенциально возможной урожайности превосходят современные сорта. Одна из таких форм – рассечённолисточковая.

Рассечённолисточковая форма гороха, впервые обнаруженная в 2002 г., отличается высокой интенсивностью фотосинтеза и благодаря этому формирует большую биомассу. Многие линии обладают отличными показателями симбиотической фиксации атмосферного азота и активно взаимодействуют с грибами арбускулярной микоризы. Большинство образцов новой формы имеют повышенное содержание белка в семенах.

Недостатком рассечённолисточковой формы гороха, влияющей на реализацию её урожайного потенциала, является полегаемость стебля. Для её устранения предложен совместный посев новой формы с устойчивым к полеганию компонентом. Лауреат Нобелевской премии Норман Барлауг (цит. по [4]) в качестве очередного этапа зелёной революции определил теорию и практику смешанных посевов. Многовидовые смеси для использования вегетативной массы на корм известны давно и широко возделываются во всем мире. Полегающие сорта гороха на зерно можно вы-

ращивать в смеси с овсом, ячменём, горчицей. Хорошо известны примеры эффективного использования одновидовых сортосмесей на зерно при возделывании пшеницы, риса, хлопчатника, льна, гибридов кукурузы и других культур [5].

В предшествующих исследованиях установлено, что при совместном посеве мутанта Рас-тип с сортом Батрак увеличивается устойчивость ценоза к полеганию и повышается урожайность семян сортосмеси [6]. Однако, при изучении различных линий рассечённолисточкового морфотипа в сортосмесях результаты были неоднозначны [7]. В связи с этим для подбора компонентов и создания наиболее эффективных сортосмесей проведено изучение особенностей продукционного процесса у различных линий рассечённолисточкового морфотипа в чистых и смешанных посевах.

Условия и методика

Опыты закладывали в селекционном севообороте ВНИИ зернобобовых и крупяных культур в 2012-2014 годах. Изучали пять линий рассечённолисточкового морфотипа в чистом посеве и в смеси с усатым сортом Батрак. Смесь состояла из 70 % рассечённолисточкового компонента и 30 % Батрака. Почвы опытного участка тёмно-серые лесные, средней окультуренности. Содержание гумуса по Тюрину – 5 %. На 100 г почвы приходилось 18,8 мг P₂O₅ и 7,7 мг K₂O по Кирсанову, рН солевой вытяжки 4,9. Осенью была проведена зяблевая вспашка на глубину 20-25 см. Под предпосевную культивацию было внесено N₃₀P₄₅K₉₀.

Содержание хлорофилла определяли в спиртовой вытяжке по Лихтеналеру с использованием спектрофотометра СФ-2000 [8]. Активность каталазы – по Баху и Опарину [9]; активность пероксидазы – по Бояркину [10] с модификацией на фотометре КФК-3. Устойчивость к полеганию определяли путем процентного отношения длины растения к высоте стеблестоя. Освещенность измеряли в фазе созревания на высоте 10 см от уровня почвы и на уровне первого продуктивного узла люксметром Ю 116. Площадь фотоассимилирующей поверхности (площадь листьев и прилистников) определяли в фазы бутонизации, формирования бобов, зелёной спелости семян методом высечек. Удельная поверхностная плотность листьев (УППЛ) рассчитывается как сухая масса единицы площади прилистников на основании данных по сухой массе прилистников и их площади на одном растении. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывается как прирост сухой массы растений за сутки в расчёте на 1 кв. м листовой поверхности; этот показатель рассчитывали на основе данных по сухой массе растений и площади их листьев в фазы бутонизации и формирования бобов.

Результаты и обсуждение

Как показали наши исследования, растения рассечённолисточкового морфотипа обладают более высоким, по сравнению с Батраком содержанием хлорофиллов а и b (табл. 1). При этом полученные нами данные подтвердили результаты исследования в МГУ им. М.В. Ломоносова на исходном мутанте Рас-тип (Avercheva O, 2012).

Таблица 1

Содержание хлорофиллов мг/г сухой массы, фаза бутонизации

Вариант	Листочки (усы)			Прилистники		
	Хл.а	Хл.б	a/b	Хл.а	Хл.б	a/b
Батрак	1,77	0,76	2,33	2,16	0,80	2,69
Рас-665/7	4,01	1,34	2,99	4,31	1,41	3,05
Рас-678/7	4,22	1,35	3,13	2,80	0,92	3,04
Рас-1070/8	2,65	1,03	2,58	2,60	0,89	2,93
Рас-1098/8	4,14	1,41	2,93	3,58	1,31	2,73
Рас-828/9	3,77	1,52	2,47	3,10	1,00	3,10

Растения новой формы обладают высокой активностью каталазы в листьях – фермента защиты от окислительных повреждений (табл. 2). Активность ее у рассечённолисточковых растений выше, чем у Батрака, особенно выделилась линия Рас-1098/8. В прилистниках активность этого фермента не зависела от морфотипа растений, а по пероксидазе в листьях и прилистниках преимущество было у Батрака.

Активность каталазы и пероксидазы, фаза цветения

Варианты	Каталаза, мкмоль H ₂ O ₂ / г сырой массы/мин		Пероксидаза, изменение оптической плотности/ г сырой массы/мин	
	Листочки (усы)	Прилистники	Листочки (усы)	Прилистники
Батрак	500±71	885±42	358±104	1089±228
Рас-665/7	835±49	800±21	193±31	206±71
Рас-678/7	832±81	902±81	230±14	203±71
Рас-1070/8	727±81	915±35	297±29	191±45
Рас-1098/8	1017±32	902±102	517±223	249±7
Рас-828/9	632±60	1010±98	534±92	438±28

Несмотря на высокие физиологические показатели, потенциал данного морфотипа не реализуется в полной мере из-за слабой устойчивости растений к полеганию, и способ совместного посева с опорным компонентом, очевидно, может нивелировать этот недостаток. Согласно полученным данным, в смешанных посевах с усатым сортом Батрак наблюдается увеличение устойчивости диморфного ценоза к полеганию по сравнению с чистым посевом линий рассеченнолисточкового морфотипа (рис. 1).

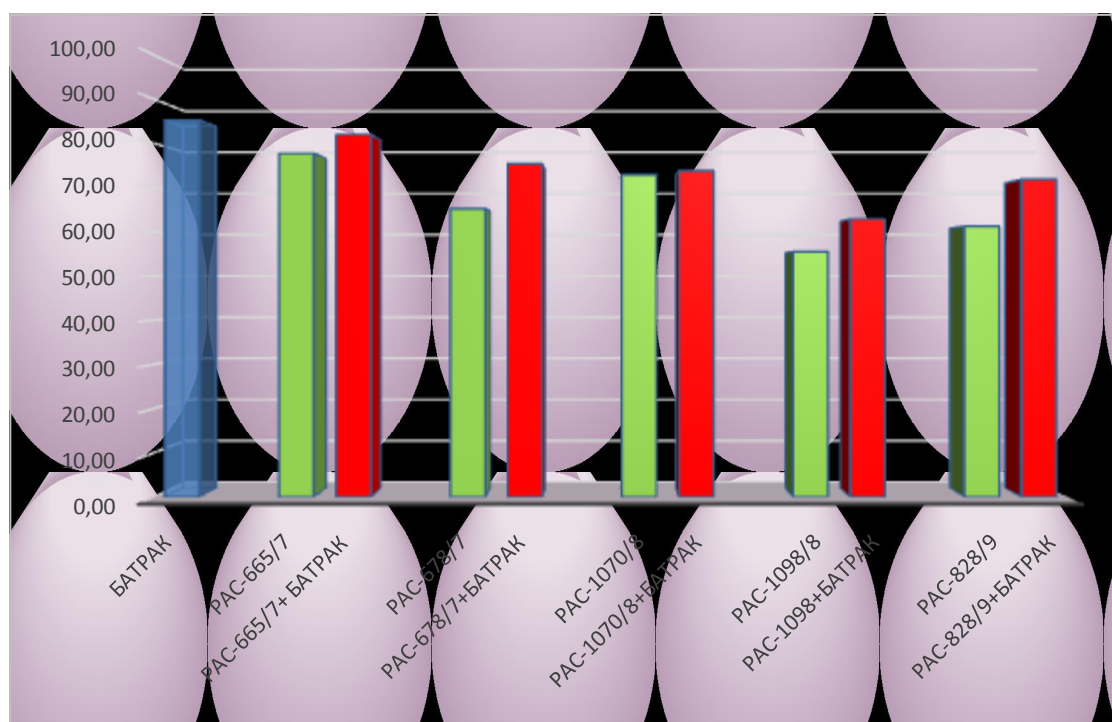


Рис. 1. Устойчивость к полеганию, в % в фазу созревания

Смешанный посев не только обеспечивает устойчивость рассеченнолисточковых растений к полеганию, но и улучшает световой режим по сравнению с чистым посевом (рис. 2).

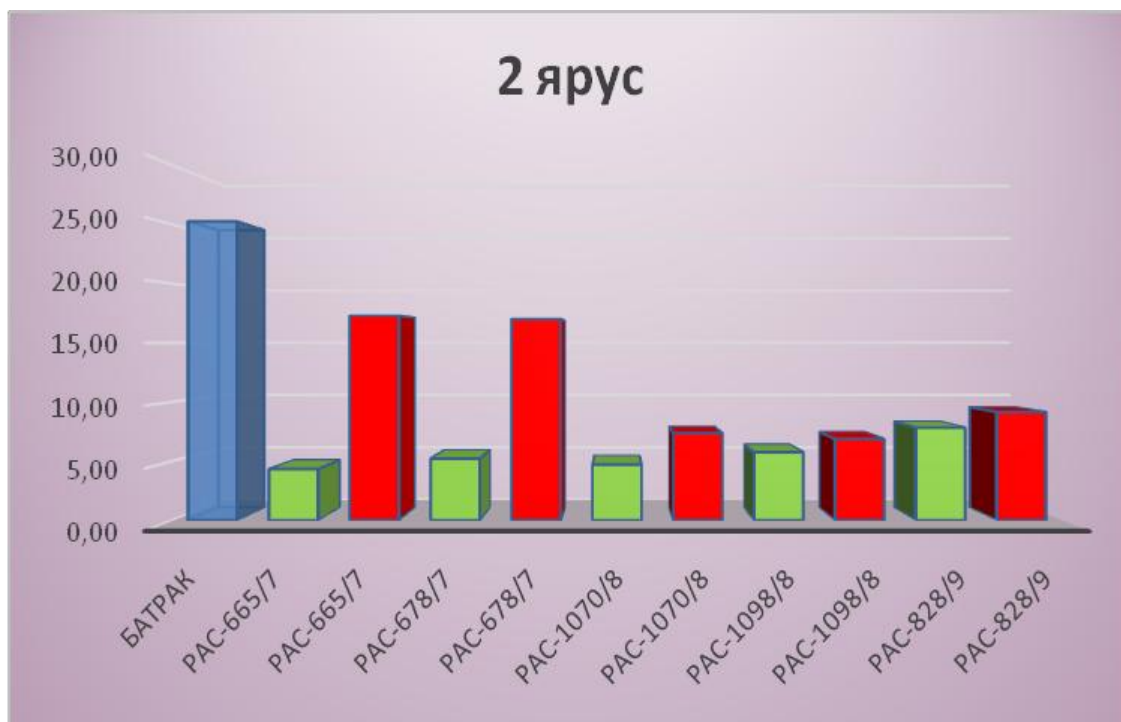


Рис. 2. Освещенность агроценоза на 1 продуктивном узле, тыс. люкс.

Из рисунка 2 видно, что в смешанном посеве по сравнению с монопосевом растений Рас-типа свет проникает глубже по ярусам, что позволяет растениям более эффективно использовать падающую солнечную радиацию.

Лучшие условия светового режима и увеличение устойчивости к полеганию способствуют формированию более действенного фотосинтетического аппарата.

Растения Батрак имеют усатый тип листа и, соответственно, уступают рассечённолисточковым по площади фотоассимилирующей поверхности (табл. 3).

Таблица 3

Показатели фотосинтетической активности, фаза созревания

Вариант		Площадь листовой поверхности, см ² /раст.	ЧПФ, г/м ² в сутки	ФП в дм ² х сут./раст.
Батрак		590	9,43	117,3
Рас-678/7		363	2,81	81,3
Рас-678/7+Батрак	Рас	713	4,55	156,0
	Бат	309	8,32	72,3
Рас-1070/8		444	3,29	91,1
Рас-1070/8+Батрак	Рас	492	5,66	108,7
	Бат	292	8,75	67,9
Рас-1098/8		342	4,32	91,0
Рас-1098/8+Батрак	Рас	703	4,16	142,5
	Бат	373	8,83	83,7

Опытами установлено увеличение площади листовой поверхности у рассечённолисточкового компонента в смешанном посеве и уменьшение у усатого сорта Батрак. В зависимости от варианта

площадь листовой поверхности у линий в смешанном посеве увеличилась в 1,1-2,1 раза. Наиболее активно реагировали на улучшение условий линии Рас-678/7 и Рас-1098/8. У Батрака в смешанном посеве, напротив наблюдается уменьшение площади листовой поверхности в 1,6-2 раза. Причиной этого является, очевидно, ухудшение светового режима по сравнению с чистым посевом, о чем свидетельствуют данные, представленные на рис.2.

Увеличение площади листовой поверхности коррелировало с увеличением фотосинтетического потенциала растений. Продуктивность работы фотосинтетического аппарата также повышалась в смешанном посеве. Чистая продуктивность фотосинтеза увеличилась у Рас-678/7 – в 1,6 раза, у Рас-1070/8 – в 1,7 раза. Только у Рас-1098/8 она была одинаковой в чистом и смешанном посевах.

Конечным результатом улучшения условий для произрастания растений рассеченнолисточкового морфотипа в смешанном посеве явилось увеличение урожайности семян (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность семян в чистом и смешанном посевах

Варианты	Монополев, т/га				Смесь, т/га				% смеси к монополеву
	2012	2013	2014	Среднее за 3 г.	2012	2013	2014	Среднее за 3 г.	
Батрак	3,04	1,75	2,96	2,58	-	-	-	-	-
Рас-665/7	2,67	1,62	2,84	2,38	2,82	1,44	3,63	2,63	110,66
Рас-678/7	2,44	1,48	2,96	2,29	3,09	1,51	2,43	2,34	102,19
Рас-1070/8	2,72	1,48	2,77	2,32	3,13	1,86	3,34	2,78	119,64
Рас-1098/8	2,70	2,06	3,39	2,72	2,97	2,18	3,43	2,86	105,37
Рас-828/9	3,09	1,93	2,63	2,55	2,93	1,99	3,44	2,79	109,20
НСП ₀₅	0,32	0,20	0,18		0,48	0,26	0,21		

В среднем за три года исследований, в чистом посеве только линия Рас-1098/8 превысила сорт Батрак (на 0,14 т/га). Урожайность линии Рас-828/9 была на уровне Батрака, а остальные уступали ему. Выращивание рассеченнолисточковых линий в смеси с Батраком вызывало повышение урожайности. Оно было наиболее значительным в смешанном посеве с использованием линий Рас-1070/8 (на 19,6 %) и Рас-665/7 (на 10,7 %).

Выводы

1. В ходе физиологических исследований установлено, что растения рассеченнолисточкового морфотипа обладают высоким содержанием фотосинтетических пигментов, а также высокой активностью ферментов антиоксидантной защиты.
2. Приём смешанных посевов позволяет улучшить показатели стеблестоя и освещения в агроценозе.
3. Растения рассеченнолисточкового морфотипа в смешанных посевах, за счет взаимовлияния компонентов, увеличивают площадь фотоассимилирующей поверхности в агрофитоценозе.
4. Несмотря на полегаемость, линия Рас-1098/8, в монополевом посеве превосходящая Батрак на 5,5 %, является перспективной для создания сорта рассеченнолисточкового морфотипа.
5. Приём смешанных посевов позволяет получить устойчивый к полеганию агрофитоценоз, улучшить условия выращивания растений и, как результат, получить прибавку урожая в лучшем варианте на 19 % (Рас-1070/8), относительно своего монополевого посева. Все линии, кроме Рас-678/8, в смешанных посевах превосходили Батрак по урожаю, в лучшем варианте (Рас-1098/8) на 5,5 %.

Литература

1. Новикова Н.Е. Проблемы засухоустойчивости растений в аспекте селекции гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С. 53-58.
2. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов гороха. Автореф. дисс... доктора. с.х. наук: 03.00.12 /. – Орел, 2002. – 46 с.

3. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика. Т.2 / М.: Изд. Агрорус. – 2009. – 1104 с.
4. Дебелый Г.А. Зернобобовые культуры в Нечернозёмной зоне РФ. – М. – Немчиновка, 2009. – 217 с.
5. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. – Кишинев: «Штиинца». – 1980. – 588 с.
6. Зеленев А.Н., Щетинин В.Ю. Диморфные агрофитоценозы гороха на зерно // Доклады Россельхозакадемии. – 2008. – №2. – С. 13-15.
7. Зеленев А.А. Генотипическая специфика формирования технологичных сортосмесей гороха с участием расщепленносточкового морфотипа // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №4(8). – С. 16-18.
8. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents//– Biochem. Soc. Trans: 1983: Vol. 11: №5. P. 591–592.
9. Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А., Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии/– М.: Просвещение, 1975. – 318 с.
10. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1976. – 256 с.

PHYSIOLOGICAL FEATURES OF DISSECTED PINNULED LEAF MORPHOTYPE OF PEAS IN THE PURE AND MIXED SOWINGS

Zelenov A.A.

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Novikova N.E.

FGBOU VPO «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: *Dissected pinnuled leaf morphotype possesses a number of advantages over modern cultivated varieties, and the main thing from them is high indicators of biological and yield potential. However, low resistance to lodging stirs its realizations. Elimination of this lack is possible at the expense of selection release of lines resistant against lodging. The second method is a companion sowing with not lodging basic component.*

Keywords: peas, selection, physiology, dissected pinnuled leaf morphotype, mixed sowings.

УДК 635.656:631.527

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАНТНЫХ ЛИНИЙ ГОРОХА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ КЛЕТОЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ

Г.В. СОБОЛЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В статье представлены результаты изучения 19 регенерантных линий гороха различных морфотипов, полученных методами клеточной селекции. Показано преимущество регенерантных линий над исходными генотипами по водоудерживающей способности и общему содержанию воды в тканях. Выделены перспективные для селекции регенерантные линии.

Ключевые слова: горох, клеточная селекция, засухоустойчивость, регенеранты.

Среди абиотических факторов максимальный ущерб сельскохозяйственному производству в Российской Федерации наносит засуха, так как более 2/3 посевных площадей находятся в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. В годы с сильными засухами снижение урожайности и валовых сборов зерна может достигать 40-60 % и более, по сравнению с благоприятными по увлажнению годами. При этом фиксируется повышение среднегодовых температур и резкое колебание водного и температурного режима в течение вегетации. По прогнозам периодичность повторения засух по годам будет только усиливаться [1]. Для снижения потерь урожая, вызванных засухой, необходимо создание высокопродуктивных засухоустойчивых сортов.

Сложности классической рекомбинантной селекции на устойчивость к засухе обусловлены, прежде всего, тем, что это комплексный признак, связанный с целым рядом физиологических особенностей растений. Сдерживающим фактором является также трудное сочетание в одном генотипе таких вступающих в противоречие признаков, как высокая продуктивность и засухоустойчивость [2].