

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА НА АКТИВНОСТЬ ГАЗООБМЕНА ЛИСТЬЕВ И ПРИЛИСТНИКОВ У БЕЛОЦВЕТКОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА

Е.И. ЧЕКАЛИН, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. АМЕЛИН, доктор сельскохозяйственных наук

В.В. ЗАЙКИН, А.М. ЗАДОРИН *, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.В. ПАРАХИНА»

* ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*В полевых условиях на интактных растениях, в режиме реального времени, изучено влияние освещенности на интенсивность фотосинтеза ассимилирующих органов у 15 сортов гороха посевного зернового использования. Подтверждено, что данная культура весьма требовательна к условиям инсоляции. При снижении освещения с 1000 до 300 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ падение интенсивности фотосинтеза листьев растений составляло 43%, а при увеличении интенсивности света с 1000 до 1700 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ – возросло на 22%. Наиболее отзывчивыми на увеличение освещенности являются усики, интенсивность фотосинтеза у них увеличивалась в 4,4 раза, в то время как у листочков – в 1,6 раза, у прилистников – в 1,9 раза. На генотипическом уровне это проявляется в том, что преобразование листочков в усики, в результате действия рецессивного гена *af*, приводит к повышению светолюбивости растений. У сортов с усатой формой листа, при увеличении освещенности с 300 до 1700 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, интенсивность фотосинтеза прилистников увеличивалась почти в 2 раза – с 6,5 до 12,8 $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$, тогда как у сортов с традиционным морфотипом растений, при тех же условиях освещения, ее значение возросло на 79%, а у морфотипа хамелеон – на 62%.*

При этом характер динамики ИФ листьев при изменении условий освещения существенно не менялся, а различия между морфотипами отмечались лишь по абсолютному значению ее проявления, то есть по норме реакции. При усилении инсоляции с 300 до 1000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ интенсивность фотосинтеза у листочковых сортов возросла в 1,8 раза, у усатых – в 1,9 раза, у хамелеонов – в 2 раза. При дальнейшем росте интенсивности света наблюдалось только снижение активности фотосинтеза: у листочкового морфотипа на 11%, у хамелеонов – на 19%, в то время как у сортов с усатой формой листа значение данного показателя продолжало расти – в среднем на 10%. То есть, световое насыщение у генотипов гороха с традиционным морфотипом наступает при более низкой инсоляции, по сравнению с усатыми сортами. Это подтверждает вывод о том, что фотосинтетический аппарат сортов с усатой формой листа более отзывчив на усиление инсоляции, чем у обычных листочковых сортов.

Ключевые слова: селекция, сельскохозяйственные культуры, горох посевной, сорт, морфотип, инсоляция, интенсивность освещения, интенсивность фотосинтеза, генофонд.

Солнечный свет является основным восполняемым природным источником энергии для обеспечения полноценного функционирования зеленых растений на земле, в том числе формирования урожая сельскохозяйственными культурами. По расчетам А.А. Ничипоровича [1, 2, 3], за счет преобразованной энергии солнца фотосинтезом растений формируется до 95% сухого вещества урожая. В связи с этим весьма актуально учитывать видовые и сортовые особенности растений, произрастающих в различных условиях освещения.

Известно, что по отношению к интенсивности солнечного света виды растений разделяются на светолюбивые и теневыносливые. Среди полевых сельскохозяйственных культур к светолюбивым относятся рис, сорго, хлопчатник, кукуруза и др., а в группу

теневыносливых – пшеница, рожь, сахарный тростник и т.д. При этом в пределах вида могут быть как светолюбивые, так и теневыносливые разновидности, что объясняется эволюцией фотосинтетического аппарата в зависимости от географического распространения культуры [4]. Светолюбивым растениям свойственна высокая интенсивность фотосинтеза, а теневыносливым – низкая [5, 6].

В полевых условиях сельскохозяйственные растения освещаются разной интенсивностью света в течение дня: от слабой интенсивности в утренние часы (от 0 до 15000 лк) до высокой в полуденное время (85000-100000 лк в условиях Орловской области). Поэтому весьма важно проведение исследований, связанных с изучением генотипической реакции фотосинтеза растений на разную интенсивность освещения, с целью выделения источников высокой активности и эффективности фотосинтетического аппарата для использования в селекции.

Материалы и методика исследований

Исследования проводились на базе ЦКП Орловского ГАУ им Н.В. Парахина «Генетические ресурсы растений и их использование» по совместной программе с селекционерами по гороху ФГБНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур и в соответствии с тематическим заданием Министерства сельского хозяйства РФ.

Объектами специальных исследований являлись 4 районированных зерновых сорта гороха посевного разного морфотипа: листочковый – наличие и листочков, и прилистников (сорт Темп), безлисточковый (усатый) – листочки видоизменены в усики при хорошо развитых прилистниках (сорта Фараон и Гамбит), хамелеон – наличие у растений одновременно листочковой и усатой форм листа (сорт Спартак).

Опытный материал выращивали в условиях вегетационного и полевого опытов. В поле экспериментальный материал высевался на делянках площадью 7,5 м² в 4-х кратной повторности, размещение делянок – рендомизированное. В вегетационных опытах выращивание растений осуществлялось в селекционной теплице методом почвенной культуры с использованием полимерных сосудов емкостью 5 кг сухой почвы. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70% от полной ее влагоемкости.

Кроме того, в условиях экологического испытания на Шатиловской СХОС оценивались 13 усатых сортов и один хамелеон, с целью выделения генотипов с высокой отзывчивостью на инсоляцию.

Учет интенсивности фотосинтеза (ИФ) ассимилирующих органов у опытных образцов в вегетационном и полевом опытах осуществляли на интактных растениях в режиме реального времени с помощью портативных переносных газоанализаторов марки LI-6400 XT и GFS 3000. Исследовались усики, листовые пластины листьев и прилистники растений без видимых повреждений вредителями и болезнями. Величина ИФ рассчитывалась на единицу их фотосинтезирующей поверхности и выражалась в $\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$. Площадь листовых пластинок и прилистников, помещенных в рабочую камеру, определялась с помощью миллиметровой бумаги, а усиков – по формуле усеченного конуса, при этом учитывалась лишь $\frac{1}{2}$ ее значения.

Измерения значений ИФ усиков, листовых пластинок и прилистников осуществляли при 8 разных режимах освещения в рабочих камерах приборов: 300, 500, 800, 1000, 1300, 1500, 1700, 2000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, что соответствует 15000, 25000, 40000, 50000, 65000, 75000, 85000 и 100000 люкс.

Математическую и статистическую обработки экспериментальных данных проводили с использованием современных компьютерных программ с учетом «Методики полевого опыта» под редакцией Доспехова [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные экспериментальные данные подтвердили, что горох является требовательной культурой к свету. По данным вегетационного опыта, увеличение освещения растений с 300 до 1500 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ приводит к росту активности фотосинтеза их листочков и прилистников в среднем в 1,86 раза. При этом, наиболее выраженный рост интенсивности

фотосинтеза (в среднем по сортам и органам на 46%) отмечается при увеличении света с 300 до 1000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$. При дальнейшем повышении инсоляции (с 1000 до 1500 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$) его темпы существенно замедляются и составляют в среднем всего 27%. Последующее же увеличение освещенности растений (с 1500 до 2000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$) приводит к резкому снижению интенсивности фотосинтеза их листьев – в среднем на 37,8% (рис. 1).

Это указывает на то, что световое насыщение листьев и прилистников растений гороха наступает где-то в диапазоне от 50000 до 75000 люкс, что отмечается в Центрально-Черноземном регионе России (Орловская) в июне – июле месяцах.

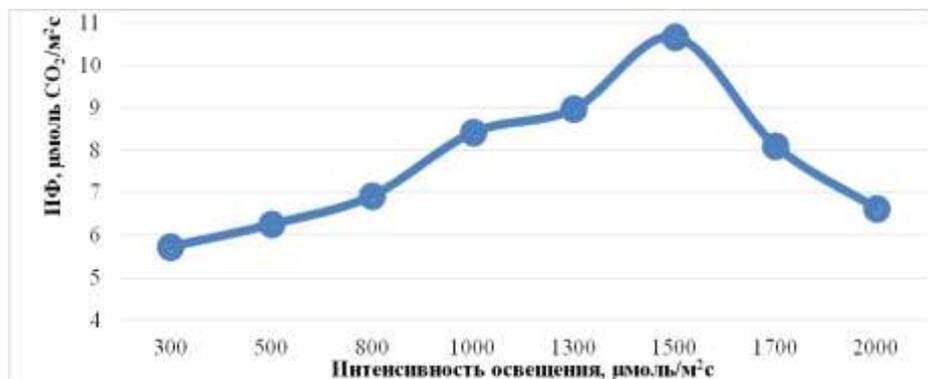


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза листьев растений гороха в зависимости от интенсивности освещения в фазу 5-6 листьев, данные вегетационного опыта 2016 г. при влажности почвы 70% от ПВ

Во многом схожие тенденции отмечались и в условиях полевого опыта: при увеличении освещения с 300 до 1500 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, интенсивность фотосинтеза усиков, листочков и прилистников растений гороха увеличивалась в среднем в 2,2 раза. При этом важно отметить, что из них наиболее отзывчивыми на увеличение освещения были, прежде всего, усики, интенсивность фотосинтеза которых увеличивалась в 4,4 раза и продолжала дальше заметно расти вплоть до 1700 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$. В тоже время, у листочков и прилистников при тех же изменениях освещения (с 300 до 1500 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$), увеличение интенсивности фотосинтеза не так было выражено и составляло всего лишь 36,6 и 44,1%, соответственно. Фактически световое насыщение у них наступало уже при инсоляции в 1000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, так как дальнейшее ее усиление (до 1700 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$) приводило к увеличению ИФ менее, чем на 10%, тогда как у усиков оно было в 2 раза выше и составляло в среднем 8,66 $\mu\text{моль } \text{CO}_2/\text{м}^2\text{с}$. (рис. 2).

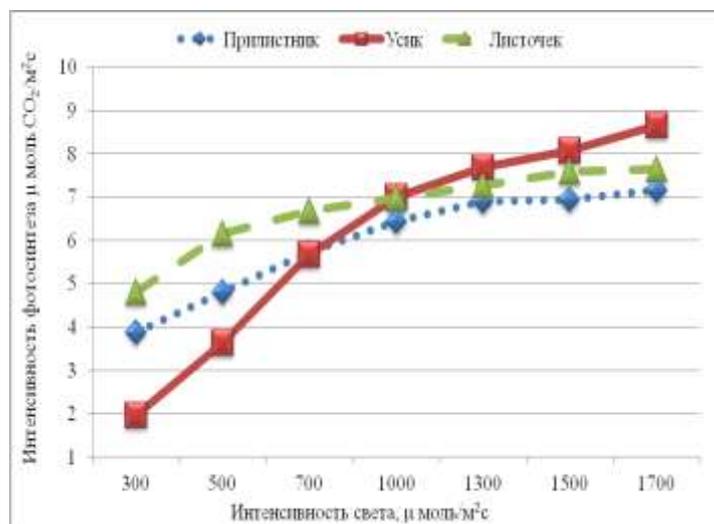


Рис. 2. Интенсивность фотосинтеза листочков, усиков и прилистников растений гороха в зависимости от уровня их освещенности в полевом опыте 2011-2012 гг.

На преимущество фотосинтетической активности усиков указывают и зарубежные ученые [8, 9, 10]. По результатам их исследований, данные органы растений гороха обладают большей эффективностью ассимиляции CO_2 на единицу фотосинтезирующей поверхности, по сравнению с листочками, что имеет тесную взаимосвязь с интенсивностью первичных реакций фотосинтеза. Причем, усики имеют определенные преимущества перед листочками не только по фиксации CO_2 , но и другим весьма важным функциональным показателям – активность в них ключевого фермента фотосинтеза рибулозо-1,5-бифосфаткарбоксилазы (РБФК) в расчете на единицу хлорофилла намного выше, чем в листочках.

На генотипическом уровне это проявляется в том, что преобразование листочков в усики, в результате действия рецессивного гена af , приводит к резкому повышению у нового морфогенотипа не только реакций темновой, но и световой фазы фотосинтеза. В ранних исследованиях нами было показано, что усики растений безлисточковых (усатых) сортов по фотовосстановительной активности хлоропластов превосходят листочки сортов гороха обычного морфотипа в среднем на 41% в фазу 7...8 настоящих листьев и на 25% – в фазу образования бобов. Такие же по значимости преимущества отмечались и по прилистникам. Различия между листочками и прилистниками по фотовосстановительной активности хлоропластов (ФВАХ) были не достоверными [11, 12].

В результате был сделан вывод, что сорта гороха усатого морфотипа более светолюбивы и отзывчивы на увеличение интенсивности освещения, что подтверждается и результатами текущих исследований. Многолетними полевыми исследованиями показано, что при усилении освещения с 300 до 1700 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, у сортов усатого типа интенсивность фотосинтеза прилистников увеличивается почти в 2 раза – с 6,5 до 12,8 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, тогда как у сортов с традиционным (листочковым) морфотипом растений при тех же изменениях освещения ИФ листочков и прилистников возрастает на 79%, а у морфотипа хамелеон - на 62%. Причем, при освещенности более 1000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ у листочкового морфотипа и хамелеон интенсивность фотосинтеза даже снижается – в среднем на 11 и 19% соответственно, в то время как у сортов с усатой формой листа отмечается дальнейшее ее увеличение – в среднем на 10% (рис. 3).

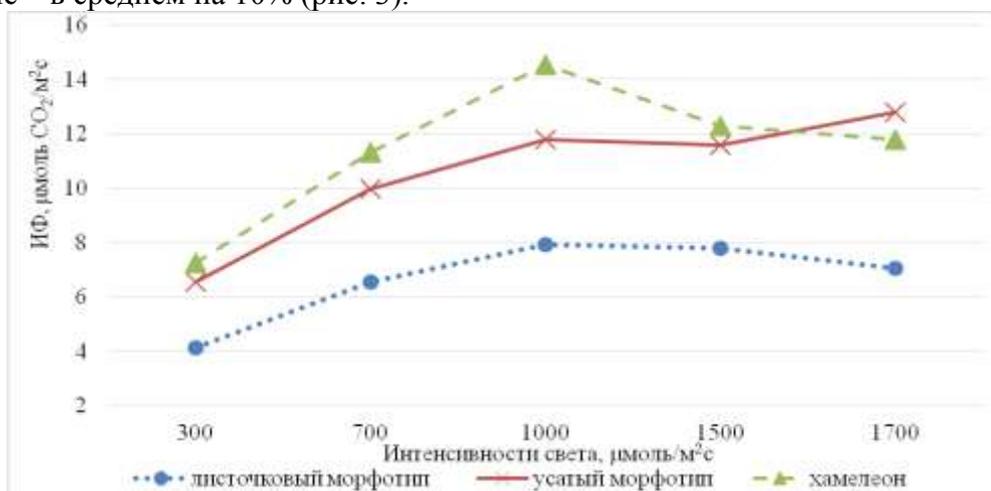


Рис. 3. Интенсивность фотосинтеза листьев и прилистников при разных режимах освещенности у изученных морфотипов гороха посевного, среднее за 2011, 2012, 2018 гг.

Причем и внутри каждого морфотипа отмечается высокий генетический полиморфизм по норме реакции фотосинтетического аппарата на изменение инсоляции. По результатам экологического испытания, проведенного в 2017 году на Шатиловской СХОС, у зерновых сортов гороха усатого типа интервал генотипического варьирования интенсивности фотосинтеза прилистников при освещенности 300 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ составляет 4,79 - 8,93 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, при 1000 – 10,90 – 15,23 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, а при 1700 – 8,71 – 16,92 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$. (табл.).

Таблица

Интенсивность фотосинтеза ($\mu\text{моль CO}_2/\text{м}^2\text{с}$) прилистников растений при разных режимах освещения у зерновых сортов гороха усатого типа, 2017 год

Сорта	Интенсивность освещения, $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$		
	300	1000	1700
С высокой отзывчивостью на инсоляцию			
Фрегат	4,79	12,23	16,92
Фонеер	4,96	11,20	15,26
Немчиновский 50	8,93	12,52	16,40
Таловец 90	7,07	12,72	15,76
Спартак*	7,03	15,23	15,74
Ракул	5,91	11,32	13,47
Альянс	8,23	13,31	15,85
Оптимус	7,13	13,21	15,08
Немчиновский 100	7,22	12,69	13,37
среднее	6,76	12,71	15,56
С низкой отзывчивостью на инсоляцию			
Шеврон	6,10	10,90	11,75
Флагман	6,46	13,63	12,47
Ватан	6,27	14,62	8,71
среднее	6,51	12,96	10,97
НСР₀₅	0,23	0,31	0,37

*Морфотип хамелеон

Наиболее выраженные различия между сортообразцами гороха по реакции фотосинтеза на изменение инсоляции отмечаются при освещенности 1000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, когда начинает проявляться световое насыщение. Это позволило условно разделить их на 2 группы: с высокой отзывчивостью фотосинтеза на увеличение инсоляции (рост ИФ более в 2 и более раза), и с низкой – рост ИФ менее чем в 2 раза. В 1-й группе сортообразцов наиболее выраженной отзывчивостью фотосинтеза на усиление света выделялись сорта Фрегат (увеличение ИФ в 3,5) и Фонеер (увеличение ИФ в 3,1 раза.), а самой низкой – сорта 2-й группы Ватан и Флагман – ИФ возрастала в среднем всего в 1,6 раза. Сорт Спартак, растения которого имеют и листочковую, и усатую форму листа (морфотип хамелеон), в данном случае, вошел в состав 1-й группы (см. табл.).

Однако, для селекции светолюбивых сортов усатого типа наибольший интерес, на наш взгляд, представляют сорта Немчиновский 50 и Альянс, которые отличаются выраженной отзывчивостью на инсоляцию и при этом проявляют наибольшую активность фотосинтеза прилистников не только при высокой, но и низкой интенсивности света. В тоже время, для создания теневыносливых сортов данного морфотипа, очевидно, лучшими следует считать Шеврон и Флагман, характеризующиеся хотя и невысокой, но стабильной активностью фотосинтеза, как при низком, так и повышенном уровне освещенности.

Заключение

В результате проведенных исследований подтверждено, что растения гороха посевного весьма требовательны к условиям инсоляции. Наиболее отзывчивыми на усиление освещения являются усики: интенсивность их фотосинтеза увеличивается в 4,4 раза, в то время как у листочков – в 1,6 раза, а прилистников – в 1,9 раза. На генотипическом уровне это проявляется в том, что преобразование листочков в усики, в результате действия рецессивного гена *af*, приводит к повышению светолюбивости растений. При этом характер динамики ИФ листьев при изменении условий освещения существенно не меняется, а различия между морфогенотипами отмечаются лишь по абсолютному значению ее

проявления. У зерновых сортов гороха усатого типа интервал генотипического варьирования интенсивности фотосинтеза листьев при освещенности 300 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$ составляет 4,79 - 8,93 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, при 1000 – 10,90 – 15,23 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, при 1700 – 8,71 – 16,92 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$. Наиболее выраженные различия между сортообразцами гороха по реакции фотосинтеза на изменение инсоляции отмечаются при освещенности 1000 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, когда начинает проявляться световое насыщение, которое наступает у генотипов гороха с усатой формой листа при более высокой инсоляции, по сравнению с традиционными листочковыми сортами. С одной стороны, это подтверждает вывод о том, что фотосинтетический аппарат усатых сортов более отзывчив на усиление солнечного освещения, с другой – показывает, что в селекции культуры можно проводить целенаправленную работу по созданию, как светолюбивых, так и теневыносливых сортов. Реализация данного направления позволила бы существенно повысить эффективность не только самой селекции, но и сельскохозяйственного производства в целом.

Литература

1. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Тимирязевское чтение. – М.: АН СССР. – 1956. – 93 с.
2. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений // Итоги науки и техники. Физиология растений. Теоретические основы продуктивности растений. – М.: ВИНТИ. – 1977. – Т.3. – С.11-55.
3. Ничипорович А.А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений. Пущено: НЦ БИ АН СССР. – 1979. – 37с.
4. Зеленский М.И., Агаев М.Г. Некоторые тенденции эволюционной изменчивости фотосинтеза культурных растений // Труды прикладной ботаники, генетики и селекции. – 2007. – Т. 164. – С. 361-378.
5. El Sharkawy M.A., Hesketh J. Photosynthesis among species in relation to characteristics on leaf anatomy and CO₂ diffusion resistance // Crop Science. – 1965. – V. 5. – P. 517-521.
6. Lush W.M., Rawson H.M. Effect of domestication and region of origin on leaf gas exchange in Cowpea *Vigna unguiculata* L. // Photosynthetica. – 1979. – V. 13. – № 4. – P. 419.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
8. Harvey D.M., Ioodivin Y. The photosynthesis Net Carbon Dioxide Exchange Potential in Conventional and Leafless Phenotypes of *Pisum sativum* L. In Relation to Foliage Area, Dry matter Production and Seed Yield // Annals of Botany. – 1978. – V. 42. – N. 181. – P. 1091.
9. Labond L., Evans I.E. Comparative study of Conventional, Leafless and Semileafless phenotypes of Peas: Photosynthetic CO₂ Fixation in vitro // Can.Y.Plant Sci. – 1981. – V.61. – N3 – P. 665.
10. Harbison J., Genty B., Baker N.R. Relationship between the quantum efficiencies of photosystems I and II an pea leaves // Plant Physiol. – 1989. – V. 90. – N. 3. – P. 1029-1034.
11. Амелин А. В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха: специальность 03.00.12 Физиология и биохимия растений: автореф. дис. на соиск. учен. степ, док. с.-х. наук / [Орлов, гос. аграрный ун-т], – Орел, – 2001. – 46 с.
12. Амелин А.В., Лаханов А.П., Яковлев В.Л. Фотовосстановительная активность хлорофиллсодержащих органов у растений гороха с разным морфогенотипом // Биологический и экономический потенциал зернобобовых, крупяных культур и пути его реализации. - Орел: ВНИИЗБК. – 1997. – С. 80-84.

INFLUENCE OF INTENSITY OF LIGHT ON ACTIVITY OF GAS EXCHANGE OF LEAVES AND STIPULES AT DRY PEAS

E.I. Chekalin, A.V. Amelin, V.V. Zaikin, A.M. Zadorin*

FSBEE HE «OREL STATE AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER N.V. PARAKHIN»

* FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In field conditions, the influence of illumination on the rate of photosynthesis of the photosensitive surface of plants in 15 varieties of dry peas was studied for intact plants. It has been confirmed that peas are a very demanding crop for insolation conditions. With a decrease in illumination from 1000 to 300 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, the decrease in the rate of photosynthesis of plant leaves was 43%, and with increasing light from 1000 to 1700 $\mu\text{моль}/\text{м}^2\text{с}$, the value of this indicator increased by 22%. The most responsive to the increase in illumination is the tendrils: the rate of photosynthesis increased 4,4 times, while in leaflets – 1,6 times, and stipules – 1,9 times. At the genotypic level, this is manifested in the fact that the transformation of leaflets into the tendrils, as a*

result of the action of the recessive gene *af*, leads to an increase in the photophilicity of plants. In varieties with a tendriling leaf shape, with an increase in illumination from 300 to 1700 $\mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$, the rate of photosynthesis of stipules increased almost 2-fold - from 6,5 to 12,8 $\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2\text{s}$, whereas in varieties with a traditional plant morphotype, with the same lighting conditions, the rate of photosynthesis increased by only 79%, and in the morphotype "chameleon" - 62%.

In this case, the nature of the dynamics of the rate of photosynthesis of the leaves did not change significantly when the lighting conditions changed, and the differences between the morphotypes were noted only in terms of the absolute value of its manifestation, that is, according to the reaction rate. With an increase in insolation from 300 to 1000 $\mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$, the rate of photosynthesis in leaf varieties increased 1,8-fold, tendriling – 1,9 times, and chameleon – 2-fold. With further increase in illumination, the rate of photosynthesis in the leafy morphotype was decreased by 11%, in the chameleon by 19%, while in the varieties with the tendriling form of the leaf, the value of this indicator continued to grow - on average by 10%. That is, light saturation in genotypes of peas with a traditional morphotype occurs at a lower insolation, in comparison with tendriling varieties. This confirms the conclusion that the photosynthetic apparatus of the tendriling varieties is more responsive to an increase in intensity of light than in ordinary leaf varieties.

Keywords: breeding, agricultural crops, pea, variety, rate of photosynthesis, gene pool.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11043

УДК 57.085.23

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГАПЛОИДНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОХА

С.В. БОБКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: svbobkov@gmail.com

Проведен анализ современного состояния в области получения андрогенных гаплоидов гороха. Выявлены критические элементы создаваемого метода и приведены результаты наших исследований. В культуре изолированных пыльников гороха иницировано развитие многоклеточных структур, морфогенных, эмбриогенных каллусов и растений-регенерантов. Из микроспор культивируемого *in vitro* пыльника получено несколько растений-регенерантов, что было подтверждено с использованием морфологических маркеров. В культуре изолированных микроспор обнаружены признаки перехода микроспор на спорофитный (эмбриогенный) путь развития и получены многоклеточные структуры. Показано, что перенос эмбриогенных каллусных тканей на питательные среды, традиционно используемые для морфогенеза побегов, способствует их переходу от эмбриогенного развития к формированию морфогенного потенциала, необходимого для быстрого и массового получения побегов-регенерантов. Проведен сравнительный анализ влияния 5 вариантов температурного стресса на формирование эмбриогенных каллусных тканей. Установлено, что обработка изолированных бутонов гороха низкой температурой +4°C в течение 7 суток является лучшим вариантом температурного стресса для стимулирования спорофитного развития микроспор. Показано, что оригинальные питательные среды с низким содержанием сахарозы более эффективно поддерживают инициацию эмбриогенных каллусов и эмбриоидов. Полученные результаты могут служить основой для разработки эффективных методов получения гаплоидных растений гороха.