

## АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАСТЕНИЙ ПЕЛЮШКИ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ И СЕЛЕКЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

А.В. Амелин, Е.И. Чекалин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет», Орёл, Россия, *amelin\_100@mail.ru*

**Аннотация.** Исследования показали, что пигменты каротиноиды и антоцианы в растениях пелюшек играет важную роль в повышении: устойчивости к абиотическим стрессорам; активности, стабильности и хозяйственной эффективности фотосинтетической деятельности растений, что является на современном этапе селекции важным условием в достижении более высокого уровня семенной продуктивности у культуры.

**Ключевые слова:** селекция, горох посевной (пелюшка), каротиноиды, антоциан, фотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-76-80

В результате многовекового отбора урожайность белоцветковых сортов гороха посевного увеличилась в 3-5 и более раз, но при этом устойчивость к стрессовым факторам среды существенно ослабла [Амелин, 2001].

Аналогичные тенденции проявляются и в селекции окрашенноцветкового гороха (пелюшки). По многолетним экспериментальным данным, в результате искусственного отбора урожайность пелюшки увеличилась за последние 70-80 лет в среднем на 26%, но при этом амплитуда ее колебаний по годам, как и общей сухой массы, приобрела выраженную тенденцию к усилению. В зависимости от погодных условий вегетации растений, её величина в годы исследований варьировала: у пелюшек 1920-50-х годов - в диапазоне от 2,15 до 3,32 т/га; 1970-80-х годов – 2,16...3,36 т/га, а у современных – от 1,77 до 4,31 т/га [Амелин и др., 2009].

В засушливых условиях у современных пелюшек количество бобов и семян формировалось в 2,3 раза, а у более старых по времени создания сортообразцов в 1,7 раза меньше, чем в обычных условиях – умеренное увлажнение (таблица).

**Таблица.**

**Влияние погодных условий на морфофизиологические показатели пелюшек разных периодов селекции, фаза зеленой спелости бобов.**

Условия вегетации	Число на растение		Масса семян, г	Длина стебля, см	Кол-во листьев, шт	ФП, млн. м <sup>2</sup> дней	Инт-ть накопл с.в., мг/сут.
	бобов	семян					
Сорта 1920-1970-х годов							
условия, близкие к оптимальным	5,7	23,6	3,3	148,3	21,4	1,9	98,8
засушливые условия	3,0	13,6	2,6	76,1	18,2	0,7	62,9
Сорта 1990-2000-х годов							
условия, близкие к оптимальным	4,7	18,1	4,6	74,9	19,4	1,1	137,6
засушливые условия	2,1	7,6	3,3	30,6	16,5	0,4	60,7

Но реакция современных окрашенноцветковых сортов гороха посевного на экстремальные погодные условия пока менее выражена по сравнению с белоцветковыми представителями. В 2007 году, из-за засушливой погоды во время вегетации растений (гидротермический коэффициент составлял 0,59), интенсивность накопления ими сухой массы была снижена в среднем в 2,2 раза, а у белоцветковых сортов в 3,1 раза, по сравнению с 2006 (ГТК был равен 1,39) и 2008 (ГТК был равен 1,30) годами, когда отмечалось достаточное увлажнение. В результате у современных пелюшек в 2007 году сухая масса надземных органов растений формировалась на 15% больше, чем у белоцветковых сортов зернового использования.

Устойчивость растений к дефициту влаги и перегреву в значительной мере зависит от антиоксидантной системы растений, задача которой нейтрализовать активные формы кислорода, образующиеся при воздействии стрессора [Мерзляк, 1999; Карташов и др., 2008; Ясар и др., 2008]. Новикова Н.Е. с сотрудниками [2011], изучая сортовые особенности по содержанию антиоксидантов в листьях растений гороха, пришла к заключению, что по содержанию каталазы, пероксидазы и аскорбиновой кислоты современные безлисточковые пелюшки не уступают белоцветковым сортам подобного морфотипа. А низкое содержание аскорбиновой кислоты в их семенах, возможно, компенсируется наличием антоцианов в семенной оболочке [Новикова и др., 2011].

Известно, что в защитных механизмах клеток существенную роль играют и пигменты растений [Макашева, 1979; Demming-Adams et al., 1989; Frank et al., 1994].

У гороха наиболее изученными пигментами, участвующими в защитных механизмах клеток растений, являются каротиноиды и антоциан. Нами установлено, что больше всего каротиноидов синтезируется в листочках и прилистниках и меньше всего в усиках. В последних содержание пигмента отмечалось меньше, чем в листочках в среднем на 37%, а в прилистниках – на 30% (рис. 1).



**Рис. 1. Содержание каротиноидов в основных фотосинтезирующих органах растений пелюшки в фазу цветения.**

Образование каротиноидов у растений более активно шло на ранних этапах развития, достигая максимума в фазу 7-8 настоящих листьев, а с началом генеративного развития быстро снижалось, что особенно проявлялось у прилистников и усиков. В фазу плоского боба содержание пигмента в листочках, усиках и прилистниках растений было в среднем на 30% меньше, по сравнению с фазой 7-8 листьев. Но именно с данным пигментом отмечалось наиболее высокое сопряжение активности реакций световой фазы фотосинтеза (фотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла – ФТФХ) (рис. 2).

Интервал генотипического варьирования значений признака в годы исследования составлял 1,32-5,01 мг/г сухого вещества в листочках, и 1,53-4,55 мг/г сухого вещества в прилистниках.

Обобщая многочисленные литературные сведения, ученые пришли к заключению, что каротиноиды присутствуют в мембранах у всех фотосинтезирующих организмов, где выполняют ряд важнейших функций в процессе фотосинтеза: антенную – дополнительные пигменты в процессе поглощения солнечной энергии; защитную – тушители триплетного хлорофилла и синглетного кислорода; фотопротекторную – предохраняют реакционный центр от мощных потоков энергии при высоких интенсивностях света и стабилизируют липидную фазу тилакоидных мембран, защищая ее от окисления [Алехина и др., 2007].

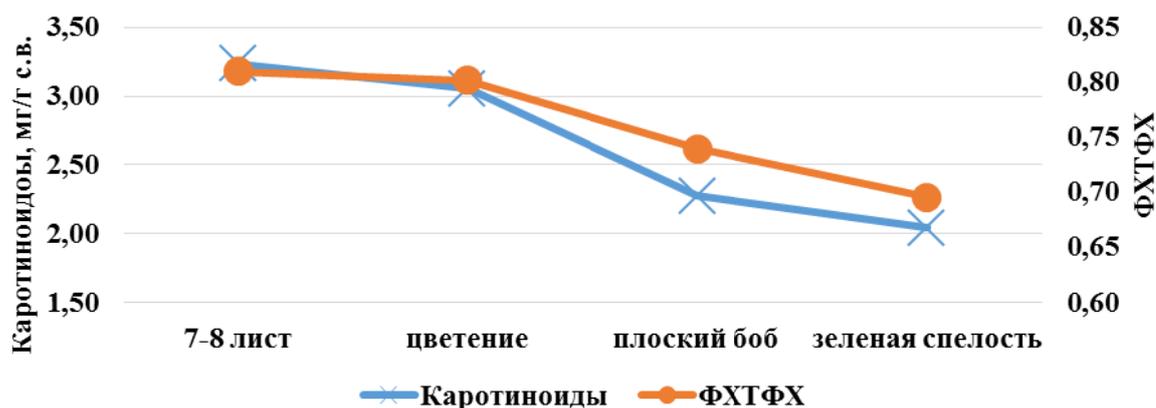


Рис. 2. Динамика каротиноидов и фотохимического тушения флуоресценции хлорофилла (ФТФХ) в прилистниках растений пелюшки.

Кроме этого, каротиноиды играют важную роль и в половом процессе растений [Якушкина, 2004]. В период цветения высших растений содержание каротиноидов в листьях уменьшается, но одновременно оно заметно растет в генеративных органах [Мироненко, 1965]. По мнению П.М. Жуковского [1964], микроспорогенез тесно связан с метаболизмом каротиноидов. Незрелые пыльцевые зерна имеют белую окраску, а созревшая пыльца – желто-оранжевую. Высказывается мнение, что именно каротиноиды обуславливают подвижность сперматозоидов.

Что касается антоциана, то в основном он локализован в пазухах прилистников растений и его содержание составляло в годы исследований 19,69 мг на грамм сухого вещества, что в среднем в 6 раз больше, по сравнению с каротиноидами, и в 2,3 раза – с хлорофиллом «а+в». В отличие от каротиноидов, его образование активно проявлялось в период «цветение – плоский боб» и во многом совпадало с динамикой хлорофилла (рис. 3).

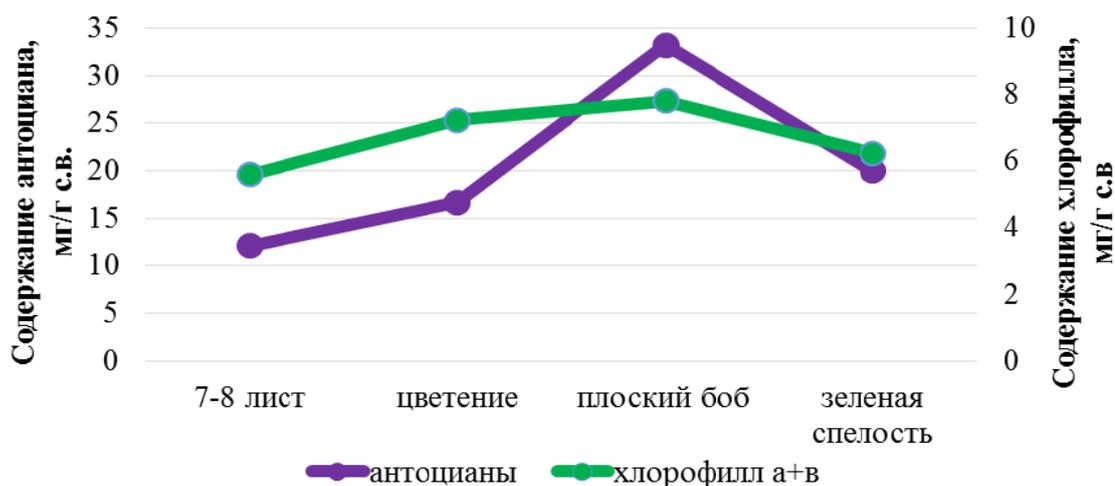


Рис. 3. Динамика антоциана в пазухах прилистников растений гороха полевого.

Известно, что данный пигмент локализован в вакуоле клетки, в отличие от каротиноидов, которые находятся в хлоропластах. С.А. Родиков [2012] в исследованиях с яблоней получил доказательства, что антоцианы отличаются большей стабильностью к облучению, чем хлорофиллы. Предполагается, что антоцианы выполняют защитную функцию против болезней яблок, индуцированных светом. Кроме того, они могут действовать как эффективная внутренняя ловушка света, дополняющая низкую абсорбцию хлорофилла в зелено-оранжевой части спектра [Merzlyak, Chivkunova, 2000].

Образование антоциана связывают и с адаптацией растений к заморозкам и низким положительным температурам [Oren-Shamir, Levi-Nissim, 1997]. В широком обиходе это явление известно, как «закаливание», которое нашло широкое применение в народной практике.

В целом можно заключить, что пигментный состав растений пелюшки играет важную роль в повышении: устойчивости к абиотическим стрессорам; активности, стабильности и хозяйственной эффективности фотосинтетической деятельности растений, что является на современном этапе селекции важным условием в достижении более высокого уровня семенной продуктивности у культуры.

#### Литература

- Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений. – М.: Изд. центр «Академия». – 2007. – 640 с.
- Амелин А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха: автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра с.-х. наук. – М., 2001. – 46 с.
- Амелин А.В., Кондыков И.В., Чекалин Е.И. и др. Качественный состав семян гороха полевого и его изменение в ходе селекции на семенную продуктивность // Вестник Орел ГАУ. – 2009. – № 3. – С. 35–37.
- Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. Систематика. География, цитогенетика, экология, происхождение, использование. – Л.: Колос, 1964. – 791 с.
- Карташов А.В., Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В. и др. Роль систем антиоксидантной защиты при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу // Физиология растений. – 2008. – Т. 55, № 4. – С. 516–522.
- Макашева Р.Х. Горох. Культурная Флора СССР. Зерновые бобовые культуры. – Л.: Колос, 1979. – Т. 4. – 324 с.
- Мерзляк, М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 9. – С. 20–26.
- Мироненко А.В. Физиология и биохимия люпина. – Минск, 1965. – 29 с.
- Новикова Н.Е., Зотиков В.И., Фенин Д.М. Механизмы антиоксидантной защиты при адаптации генотипов гороха (*Pisum sativum* L.) к неблагоприятным абиотическим факторам среды // Вестник Орел ГАУ. – 2011. – Т. 29, № 2. – С. 5–8.
- Родиков С.А. Влияние солнечного излучения на содержание антоцианов и хлорофиллов в кожице яблок // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 33. – С. 286–292.
- Якушкина Н.И. и др. Физиология растений. – М.: Владос, 2004. – 464 с.
- Ясар Ф., Элиальтиглу С., Ильдис К. Действие засоления на антиокислительные защитные системы, перекисное окисление липидов и содержание хлорофилла в листьях фасоли // Физиология растений. – 2008. – № 6. – С. 869–873.
- Demming-Adams B., Winter K., Krüger A. Zeaxanthin synthesis, energy dissipation, and photoprotection of PSII at chilling temperature // Plant Physiol. – 1989. – No. 90. – P. 894–898.
- Frank H.A., Cua A., Chynwat V. et al. Photosynthesis of the carotenoids associated

with the xanthophyll cycle in photosynthesis // Photosynth. Res. – 1994. – V. 41. – P. 389–395.

Merzlyak M.N., Chivkunova O.B. Light stress induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apple fruit // J. Photochemistry and Photobiology (B), 2000. – V. 55, No. 2/3. – P. 154–162.

Oren-Shamir M., Levi-Nissim A. Temperature effect on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygria* 'Royal Purple'. // J. of Hort. Sci. – 1997. – No. 72 (3). – P. 425–432.

## **ADAPTIVE OPPORTUNITIES OF COLOR FLOWERED PEA PLANTS TO ABIOTIC STRESSES AND THEIR REALIZATION IN BREEDING**

A.V. Amelin, E.I. Chekalin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orel State Agrarian University”, Orel, Russia, *amelin\_100@mail.ru*

**Abstract.** Studies have shown that pigment carotenoids and anthocyanins of the plants of the color flowered pea plays an important role in increasing: resistance to abiotic stressors; activity, stability and economic efficiency of photosynthetic activity of plants, which is an important condition for achieving a higher level of seed productivity in culture at the present stage of breeding.

**Key words:** *breeding, pea (color flowered pea), carotenoids, anthocyanin, photochemical quenching of fluorescence of chlorophyll*