

С. И. ЛЕБЕДЕВ

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ СОДЕРЖАНИЯ КАРОТИНА В РАСТЕНИИ

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 14 IV 1947)

В последние годы появился целый ряд работ, которые дают основание отнести желтые пигменты пластид, каротиноиды, к физиологически активным веществам, принимающим непосредственное участие в процессе фотосинтеза (4), в окислительно-восстановительных процессах (5) и даже при детерминации пола у растений (6). Кроме того, в области современной физиологии фотосинтеза появляются работы (7), в которых каротиноидам отводится достаточно определенное место и вырисовывается их роль в эволюции растений. Все это приводит к мысли,

Таблица 1

Динамика содержания каротина в мужских и женских особях конопли (сорг Новгород-Северский), 1946 г.
(мг % каротина на сырое вещество)

Даты определения и фазы развития	Листья		Стебли		Репродуктивные органы	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1 VII, бутонизация	21,32	17,48	0,60	1,71	1,85	3,95
8 VII, начало цветения	23,32	18,22	—	—	—	—
11 VII, цветение	17,55	26,56	0,85	0,89	1,58	3,13
18 VII, цветение	15,31	14,43	1,80	0,81	1,76	2,54
22 VII, отцветание	13,88	14,12	1,06	0,72	1,26	2,33
2 VIII, ♂ отмирание } ♀ образование плодов }	8,69	16,13	0,59	0,36	—	1,52

что желтые пигменты хлоропластов, повидимому, активно участвуют в общем метаболизме растительного организма. Когда же было окончательно установлено, что каротин является провитамином А и что витамин А в питании человека и животных является необходимым компонентом, к каротиноидам и, в частности, к каротину стал проявляться еще больший интерес. Таким образом, разрешение вопросов о роли каротина и его производных в жизни растений имеет большое теоретическое и практическое значение.

Количественное определение каротина производилось нами колориметрически с очисткой каротина от сопутствующих пигментов методом хроматографической адсорбции (видоизмененный метод Мурри, применяемый в витаминной лаборатории Института органической химии АН УССР).

Изучение динамики содержания каротина в конопле (*Cannabis sativa*) и шпинате (*Spinacea oleracea*) показало (табл. 1 и 2), что количество каротина в листьях и стеблях как у мужских, так и у женских особей этих растений возрастает к периоду цветения и снижается к концу их вегетации. Было установлено также, что листья женских растений конопли и шпината в период цветения и к концу вегетации имели значительно большее количество каротина, чем листья

мужских растений. Репродуктивные органы женских растений конопли содержали также значительно больше каротина, чем репродуктивные органы мужских. У шпината в период цветения репродуктивные органы мужских растений содержали больше каротина, чем органы женских.

Таблица 2

Содержание каротина в мужских и женских особях шпината (сорт Виктория), 1946 г. (мг % каротина на сырое вещество)

Даты определения и фазы развития	Листья		Стебли		Репродуктивные органы	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
20 VI, цветение	4,21	8,67	0,54	0,66	2,12	1,34
26 VI, отцветание	3,81	9,43	0,39	0,36	3,84	1,14

У листьев двудомного древесного растения — облепихи (*Hipporhae ramnoides*) в августе было следующее количество каротина (в мг % на сырое вещество): листья мужских растений — 10,79, листья женских растений — 11,91, т. е. листья женских растений имели больше каротина, чем листья мужских растений.

Таблица 3

Содержание каротиноидов у облепихи в феврале (в мг % на сырое вещество)

Название объекта	Кора		Почки	
	общая сумма каротиноидов	каротина	общая сумма каротиноидов	каротина
Мужские растения . . .	9,7	2,0	4,7	1,2
Женские растения . . .	13,9	2,4	11,2	2,7

Следовательно, и в зимний период также наблюдаются резкие различия в содержании каротиноидов у мужских и женских растений облепихи. При этом у почек женских растений было значительно больше (более чем в 2 раза) как всех каротиноидов, так и каротина. Кора женских растений также содержала больше каротиноидов, чем кора мужских растений.

Содержание каротина в листьях разных зон растений, например, в листьях 7-летнего дерева березы (*Betula verrucosa*) (определение произведено 2 IX), было следующее (в мг % каротина на сырое вещество): листья верхней части кроны — 23,35, листья средней части кроны — 19,16, листья нижней части кроны — 18,51. Таким образом, наибольшее количество каротина обнаружено в листьях верхней части дерева.

В листе, как мы убедились на опыте, каротин также распределен неравномерно. Для исследования мы взяли листья сахарной свеклы, желтеющие к концу периода вегетации, и листья сирени, опадающие осенью в зеленом виде. Пробы для анализа с различных зон листа брались при помощи отточенного пробочного сверла диаметром в 1 см (табл. 4).

Таким образом, нижняя растущая часть (основание) листа содержит каротина относительно меньше, чем верхняя, более старая часть его. К концу периода вегетации количество каротина в верхушечной и нижней зонах листа выравнивается.

Количество каротина у водного растения элодея (*Elodea canadensis*) (женские растения) повышается в осенний период и понижается лишь поздней осенью, с понижением температуры до 3—5° (табл. 5).

Нужно отметить высокое содержание каротина у элодеи: оно близко к богатым каротином листьям шпината. Возможно, что в каче-

стве одного из новых видов сырья для получения провитамина А (каротин) может быть использована и элодея, которая благодаря быстрому вегетативному размножению повсеместно растет в большом

Таблица 4

Содержание каротина в разных частях листьев сахарной свеклы и сирени (среднее из 2 параллельных определений)

Зоны листа	Лист сахарной свеклы				Лист сирени	
	мг % каротина на сырое вещество		% сухого вещества		мг % каротина на сырое вещество	
	9 VIII	7 X	9 VIII	7 X	23 VIII	16 X
Верхушечная часть	11,83	10,85	24,02	15,31	18,85	13,12
Средняя часть	8,10	—	21,24	—	15,55	—
Нижняя часть листовой пластинки (основание) . .	6,89	9,75	18,63	14,02	15,49	12,92

количестве в прудах, канавах, реках и озерах. У элодеи мы изучали также влияние внешних условий (температуры, освещения) на содержание каротина у высших растений. Для каждого варианта опыта бралась навеска в 30 г. Непрерывное освещение создавалось путем

Таблица 5

Динамика содержания каротина у элодеи (в мг % на сырое вещество)

Даты определений	Среднее из 2 определений	% сухого вещества	Примечание
29 VIII	6,28	12,53	Растения зеленые
13 IX	9,33	15,76	» »
26 IX	7,25	15,17	» »
16 X	8,05	19,00	» »
31 X	5,79	—	Растения побуревшие

освещения в ночные часы электрической лампой 500 W на расстоянии в один метр. Для создания непрерывной темноты сосуд помещался в темную камеру. Результаты опыта (26 IX 1946) приводим в табл. 6.

Увеличение содержания каротина наблюдается при непрерывном освещении и при повышенной температуре 20—25° и 35—40° C. В условиях непрерывной темноты резкое повышение содержания каротина было лишь при 20—25° и значительное снижение при 35—40°. Видимо, каротин, принимая участие в фоторедукции угольной кислоты как компонент окислительно-восстановительной системы, как это показал Сапожников (8) с листьями конских бобов, окисляется на свету до ксантофилла (дегидрооксикаротина) и регенерируется в темноте (при темновой фазе), чем и объясняется значительное повышение содержания каротина (+37%) при оптимальной для деятельности ферментов температуре и при непрерывной темноте, а также при непрерывном освещении (на 9,8%).

Кроме того, для изучения влияния температуры на содержание каротиноидов у растений нами был проведен опыт с одно-двухлетними побегами абрикоса (*Prunus armeniaca*). Побеги абрикоса, отделенные от дерева 15 XI, были поставлены в воду при комнатной температуре и при температуре 0—5° C. 7 I, когда при комнатной температуре цветочные почки начали распускаться, почки и кора с побегов

были подвергнуты анализу на содержание в них общей суммы каротиноидов и каротина. В качестве контроля служили побеги с того же дерева, которые брались в день анализа (7 I). (табл. 7).

Таблица 6

Влияние освещения и температуры на содержание каротина у элодеи. Экспозиция—24 часа (мг каротина на 100 г сырой навески)

Варианты опыта	Исходное количество каротина (контроль)	Количество каротина в подопытных растениях		
		10—15° С	20—25° С	35—40° С
Естественное освещение—14 ч.	7,25	8,13	7,95	7,26
Непрерывное освещение	7,25	6,25	8,69	8,91
Непрерывная темнота	7,25	7,31	10,94	3,38

Из табл. 7 видно, что в распускающихся почках абрикоса общая сумма каротиноидов увеличилась почти в пять раз, а каротина почти в 19 раз. В то же время в коре наблюдается заметное уменьшение

Таблица 7

Влияние температуры на образование и превращение каротиноидов у 1—2-летних побегов абрикоса

Варианты опыта	Почки		Кора	
	общая сумма каротиноидов	каротина	общая сумма каротиноидов	каротина
Побеги, непосредственно взятые с дерева 7 I 1947	2,18	0,29	6,52	1,39
Побеги, бывшие с 15 XI 1946 по 7 I 1947 при 0—5°С (почки в набухшем состоянии)	2,82	0,61	5,53	1,51
Побеги, находившиеся с 15 XI 1946 по 7 I 1947 при 10—15°С	10,55	5,49	4,96	1,29

общей суммы каротиноидов, количество же каротина оставалось почти без изменения.

Полученные нами результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Содержание каротина у однолетнего растения в процессе онтогенеза постоянно подвергается определенным изменениям. Количество его в растении достигает максимума к периоду бутонизации и цветения, уменьшаясь постепенно к периоду созревания плодов и отмирания растения. У двудомных растений, как правило, женские особи содержат больше каротина, чем мужские. Органы растения по содержанию в них каротина располагаются в следующем убывающем порядке: листья, репродуктивные органы, стебли. Содержание каротина в листе возрастает от основания листа к верхней зоне его.

2. На содержание каротина в растении в различные периоды жизни его оказывают сильное влияние температура и условия освещения.

Лаборатория физиологии и биохимии
растений Ботанического сада
Академии Наук УССР, Киев

Поступило
14 IV 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Н. Любименко и В. А. Бриллианг, Окраска растений, 1924.
² С. П. Костычев, Физиология растений, 1, 1937. ³ Н. А. Максимов, Краткий курс физиологии растений, 7-е изд., 1941. ⁴ H. Dutton and W. Mapping, Amer. J. of Botany, 28, No. 7 (1941). ⁵ О. Е. Бородина, Биохимия, 4, в. 3, 356 (1939). ⁶ Р. Кун, Усп. совр. биол., 14, в. 1, 112 (1941). ⁷ Д. И. Сапожников, Сов. бот., № 7, 100 (1939). ⁸ Д. И. Сапожников, Биохимия, 2, в. 5, 730 (1937).