

С. И. ЛЕБЕДЕВ и Г. Ф. РЕШЕТОВА

## О ВНЕПЛАСТИДНЫХ КАРОТИНОИДАХ У ПОДСОЛНЕЧНИКА

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 14 V 1951)

Установлено (<sup>1, 2</sup>), что желтые пигменты — каротиноиды имеют сильную тенденцию к соединению с липоидами; поэтому они называются еще «липохромами». Эти соединения представляют собой вещества желтого или красного цвета, в которых каротиноиды не находятся в химической связи, а скорее имеет место «ван-дер-Ваальсово притяжение» между длинной углеродной цепью каротиноидов и липоидами. Считалось, что в растительной клетке каротиноиды находятся только в пластидах — в хромопластах и хлоропластах.

В настоящее время каротиноиды найдены в растениях во внепластидном состоянии. В пыльцевых зернах многих энтомофильных растений (тыква, подсолнечник, абрикос, георгина, персик, слива, лилия и др.) каротиноиды в большом количестве обнаружены во внепластидном состоянии в липоидных отложениях экзины (<sup>3, 4</sup>). При исследовании пыльников многих видов покрытосемянных и спорангиев некоторых видов разноспоровых папоротников (<sup>5</sup>) установлено взаимодействие пыльцы с внепластидными каротиноидами, растворенными в каплях жира, на всех стадиях развития тапетума спорогенной ткани и пыльцы.

Значительное содержание внепластидных каротиноидов нами обнаружено в ложноязычковых цветках (краевых лепестках корзинки) подсолнечника. Под микроскопом в лепестках видны клетки, наполненные капельками жира, окрашенными в желтый или оранжевый цвет.

При обработке свежих или воздушно-сухих целых лепестков подсолнечника серным эфиром жир извлекается из клеток и собирается в виде капель на поверхности лепестков и на дне сосуда. В результате извлечения воды и жира из клеток лепестков последние теряют эластичность и становятся жесткими и ломкими. Вместе с тем, окраска лепестков сохраняется желтой или оранжевой вследствие окрашивания коллоидов плазмы каротиноидами.

Повидимому, при действии на липохромы серного эфира нарушается связь между каротиноидами и липоидами. Последние, легко растворяясь в эфире, извлекались из клетки через целлулозную оболочку, а каротиноиды адсорбировались коллоидными частицами плазмы и оставались в клетке.

Аналитические исследования (<sup>6, 7</sup>) показали, что в лепестках подсолнечника имеются: стеринобразное вещество лутеин с точкой плавления 193°, значительное количество тараксантина с точкой плавления 184° и каротин, содержание которого достигает 1% от всех пигментов.

С целью изучения физиологической роли каротиноидов в генеративной системе подсолнечника мы исследовали изменение содержания каротиноидов в ложноязычковых цветках подсолнечника по фазам развития корзинки.

Извлечение и количественное определение каротиноидов и каротина производилось по видоизмененному методу И. К. Мурри (8). В качестве растворителя применялся бензин с точкой кипения 80—100°. Для изолирования каротина применялся метод хроматографической адсорбции М. С. Цвета; в качестве адсорбента взята окись алюминия с влажностью 1,85%. Вытяжки каротина после адсорбционной колонки подвергались спектральному анализу на спектрофотометре.

Измерение показало, что максимумы поглощения каротина приходятся на длины волн: 488—475—455 мμ, что свидетельствовало о содержании в исследуемых вытяжках преимущественно β-каротина.

Хроматограмма желтых пигментов лепестков подсолнечника в фазу полного раскрытия корзинки при адсорбенте окиси алюминия была следующей: I зона (сверху вниз) — темнооранжевая (широкая), II зона — желтая (менее широкая), III зона — светлооранжевая (узкая).

В фильтрат проходил каротин. При промывании адсорбционной колонки бензином третья зона легко элюировалась. Количество каротиноидов III зоны, самой близкой к каротину, составляет 33 мг% на сухой вес с максимумами поглощения 473 и 445 мμ.

Полученные данные содержания каротиноидов и каротина в лепестках подсолнечника приводим в табл. 1.

Таблица 1

Содержание каротиноидов и каротина в лепестках подсолнечника по фазам развития корзинки

Дата	Фазы развития корзинки	мг% на сырой вес		мг% на сухой вес	
		каротиноидов	каротина	каротиноидов	каротина
26 VI	Закрытые корзинки				
	зеленые лепестки . . . . .	32,6	следы	148,1	—
28 VI	Раскрывающиеся корзинки				
	желтые лепестки . . . . .	57,4	"	244,2	—
4 VII	Корзинки наполовину раскрытые				
	желтые лепестки . . . . .	71,5	0,58	357,5	2,90
8 VII	Начало формирования плодов				
	оранжевые лепестки . . . . .	74,3	1,06	345,6	4,93
13 VII	Формирование плодов				
	оранжевые лепестки . . . . .	75,6	0,70	360,0	3,33
24 VII	То же, молочная спелость . . . . .	—	1,15	—	7,18
	оранжевые лепестки . . . . .	70,1	1,42	467,3	9,46
3 VIII	Отцветание . . . . .				
	оранжевые лепестки . . . . .	76,3	1,26	476,0	7,87
		73,4	0,98	470,5	6,28
		56,1	0,65	303,2	3,51

Как видно из данных табл. 1, в начале развития корзинки, когда она еще закрыта, как в зеленых, так и в желтых лепестках подсолнечника обнаружено значительное содержание каротиноидов: 32,6 мг% в зеленых лепестках и 57,4 мг% в желтых лепестках на сырой вес и, соответственно, 148,1 и 244,2 мг% на сухой вес. В этот период в зеленых и желтых лепестках обнаружены только следы каротина.

В лепестках подсолнечника, взятых из раскрывающихся корзинок, содержание каротиноидов и каротина увеличилось, причем в оранжевых лепестках содержалось каротиноидов 74,3 мг% и каротина 1,06 мг% на сырой вес и, соответственно, 345,6 и 4,93 мг% на сухой вес. В желтых лепестках подсолнечника в эту же фазу развития корзинки каротиноидов было почти такое же количество, как и в оранжевых лепестках, но

каротина было значительно меньше: 0,58 мг% на сырой вес и 2,90 мг% на сухой вес.

Следующая фаза развития корзинки (наполовину раскрытые) характерна дальнейшим накоплением в лепестках каротиноидов и каротина.

В период цветения и формирования плодов содержание каротина в оранжевых лепестках доходит до 1,42 мг% на сырой вес и 9,46 мг% на сухой вес.

В дальнейшем, начиная с периода формирования плодов, в корзинке подсолнечника наблюдается уменьшение содержания каротина, а именно 1,26 мг% на сырой вес и 7,87 мг% на сухой вес. При отцветании содержание каротина в лепестках незначительно: 0,65 мг% на сырой вес и 3,51 мг% на сухой вес. Интересно отметить, что уменьшение содержания каротиноидов в лепестках было отмечено только при отцветании. Таким образом, изменение в содержании каротиноидов и каротина в ложноязычковых цветах подсолнечника идет в соответствии с развитием соцветия корзинки.

Максимальное количество каротина приходится на период начала формирования плодов, после чего содержание его постепенно уменьшается.

При исследовании лепестков, взятых с корзинок подсолнечника, хранившихся 2—4 дня в срезанном виде, наблюдается убыль каротина. Последний в результате усиленного дыхания увядающих корзинок, по видимому, переходит в окисленные формы — каротиноиды, количество которых увеличивается.

Ложноязычковые цветы соцветия корзинки подсолнечника, содержащие большое количество каротиноидов, являются своего рода околоцветником, значение которого, по видимому, не ограничивается только ролью аппарата для приманки насекомых.

И. В. Мичурин<sup>(9)</sup> при искусственной гибридизации плодоваягодных растений рекомендовал производить кастрацию цветков с оставлением околоцветника, указывая, что при удалении лепестков цветок лишается частей, имеющих значение для успешного оплодотворения. Это указание И. В. Мичурина позже было подтверждено экспериментально рядом исследователей<sup>(10)</sup>, показавших положительное влияние околоцветника на прорастание пыльцевых зерен. В соответствии с этим есть основание предполагать, что значительное содержание каротиноидов в ложноязычковых цветах во внепластидном состоянии и высокое их содержание в экзине пыльцевых зерен подсолнечника имеет определенное физиологическое значение при оплодотворении и развитии плодов.

По видимому, внепластидное состояние каротиноидов в лепестках и пыльцевых зернах подсолнечника благоприятствует интенсивному обмену веществ в генеративной системе растений.

Каротиноиды лепестков подсолнечника, содержащие физиологически активный провитамин А — каротин и легко растворимые в жирах, могут быть широко использованы для окраски пищевых продуктов, заменив применяемые в пищевой промышленности физиологически неактивные красители типа биксин.

Институт ботаники  
Академии наук УССР  
Киев

Поступило  
16 IV 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> М. С. Цвет, Тр. СПб об-ва естествоисп., 30 (1899). <sup>2</sup> E. J. Rabinowitsch, Photosynthesis and Related Processes, 1, N. Y., 1945. <sup>3</sup> С. И. Лебедев, ДАН, 59, № 5 (1948). <sup>4</sup> С. И. Лебедев, Ботан. журн., Киев, 6, № 3 (1949). <sup>5</sup> П. М. Жуковский и Ж. Медведев, ДАН, 64, № 1 (1949). <sup>6</sup> А. И. Ермаков, Биохимия подсолнечника, Биохимия культурных растений, 3, 1938. <sup>7</sup> Б. Г. Савинов и Ф. Г. Гринберг, ДАН, 73, № 1 (1950). <sup>8</sup> И. К. Мурри, Биохимия, 2, № 6 (1938). <sup>9</sup> И. В. Мичурин, Сочинения, 1, 1948. <sup>10</sup> А. С. Татаринов и Е. П. Соловова, Природа, № 1 (1951).