

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 581.1.581.134.4

Н. В. Бажанова, А. Г. Геворкян

О влиянии длинноволновой ультрафиолетовой радиации на соотношение и превращение пластидных пигментов у высокогорных растений

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 16/XI 1969)

На фоне большой интенсивности видимого света радиационный климат гор характеризуется также особенно мощной ультрафиолетовой радиацией, которая с увеличением высоты над уровнем моря на каждые 100 м, возрастает на 3—4% (1).

Со времени обнаружения реакций взаимопревращения лютеина и виолаксантина в листьях растений (2), накопился большой экспериментальный материал, раскрывающий многогранную и сложную зависимость этих реакций от внутренних особенностей растений и внешних факторов среды. О влиянии ультрафиолетовых лучей на протекание этих реакций нам известна только одна работа (3), в которой использованы бактерицидные лампы, испускающие лучи с длиной волны меньше 290 нм и обычно не присутствующие в солнечном спектре; при искусственной радиации такие лучи возможны и весьма губительны для растений.

В нашей работе мы изучали влияние ультрафиолетовых лучей (зоны А), близких по своему спектру к естественному лучевому потоку горного солнца, на взаимопревращение двух основных ксантофиллов (лютеина и виолаксантина) и на содержание зеленых пигментов, как основных агентов света в процессе фотосинтеза.

Изучение ультрафиолетовой области представляет еще особый интерес в связи с выяснением возможности использования ее в процессе фотосинтеза растений, произрастающих на больших высотах.

Начатые нами определения хода световой и темновой реакций взаимопревращения лютеина и виолаксантина в листьях растений альпийской и субальпийской зон высокогорий Армении (4) показали, что накопление хлорофилла и осуществление световой реакции связано с приспособлением растений к различным условиям освещения.

В качестве объектов были взяты дикорастущие травы, произраставшие на горе Арагац (3200 м над у. м.), Семеновском перевале (2200 м над у. м.) и культурные растения Араратской долины (900 м над у. м.)

Молодые развившиеся листья срывались с 20—30 растений, освобождаясь от центральной жилки и из общего усредненного материала взвешивались порции листьев в 1—2 г.

При определении содержания хлорофиллов «а» и «б», а также способности к осуществлению реакций взаимопревращения ксантофиллов, навески листьев, в зависимости от последовательности, принятой в вариантах опыта, освещались и подвергались ультрафиолетовому облучению.

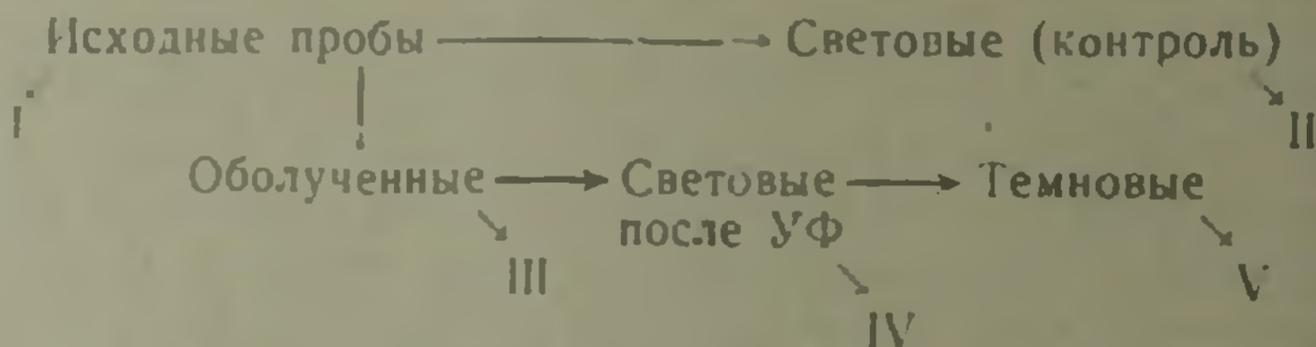
Для освещения листьев в течение 10 мин использовалась лампа ЗН-8, мощностью в 500 ватт при интенсивности в 35 тыс. лк.

На расстоянии 30 см пробы листьев облучались лампой типа УФС-4, с рабочей длиной волны 365,5 нм и энергией освещения равной 4,7 мвт/см².

Определение количественного содержания пигментов производилось методом бумажной хроматографии, разработанным Д. И. Сапожниковым с сотрудниками (6).

Повторность опыта с каждым растением двух-трехкратная. Ошибка используемого метода определения концентрации хлорофиллов и каротиноидов не превышала $\pm 3\%$.

Опыты первой серии были поставлены по следующей схеме:



Для выравнивания исходного уровня пигментов, подготовленные навески листьев помещались во влажную темную камеру на один-два часа, после чего пробы, как указано в схеме, после соответствующих воздействий шли в анализ.

Достоверные и аналогичные результаты по содержанию лютеина и виолаксантина были получены на всех исследованных растениях. В качестве примера приводим рисунок с цифровыми данными содержания этих каротиноидов в листьях клевера (рис. 1).

Рассматривая рис. 1, можно констатировать, что длинноволновая ультрафиолетовая радиация после исходного уровня не вызывала сдвига лютеина в сторону светового насыщения (I и III). Наоборот, происходило большее накопление виолаксантина, что свойственно темновому уровню пигментов. Облучение этими лучами не вызывало торможения хода как световой, так и темновой реакции. Световая реакция дезоксидации виолаксантина после облучения осуществлялась почти так же активно, как и контрольная световая (II и IV). После освещения и выдерживания листьев в темноте происходило обратное превращение лютеина в виолаксантин (V).

* Расчет энергии освещенности лампы УФС-4 был любезно произведен в лаборатории световых измерений ВНИСИ, руководимой В. С. Хазановым.

Было проведено сравнение исходного и облученного вариантов по количеству виолаксантина; оказалось, что его на 25—30% больше в листьях, подвергавшихся ультрафиолетовой радиации.

При рассмотрении степени прохождения световой реакции у контрольных и предварительно облученных растений на первый взгляд казалось, что ультрафиолетовые лучи не отражаются на осуществлении

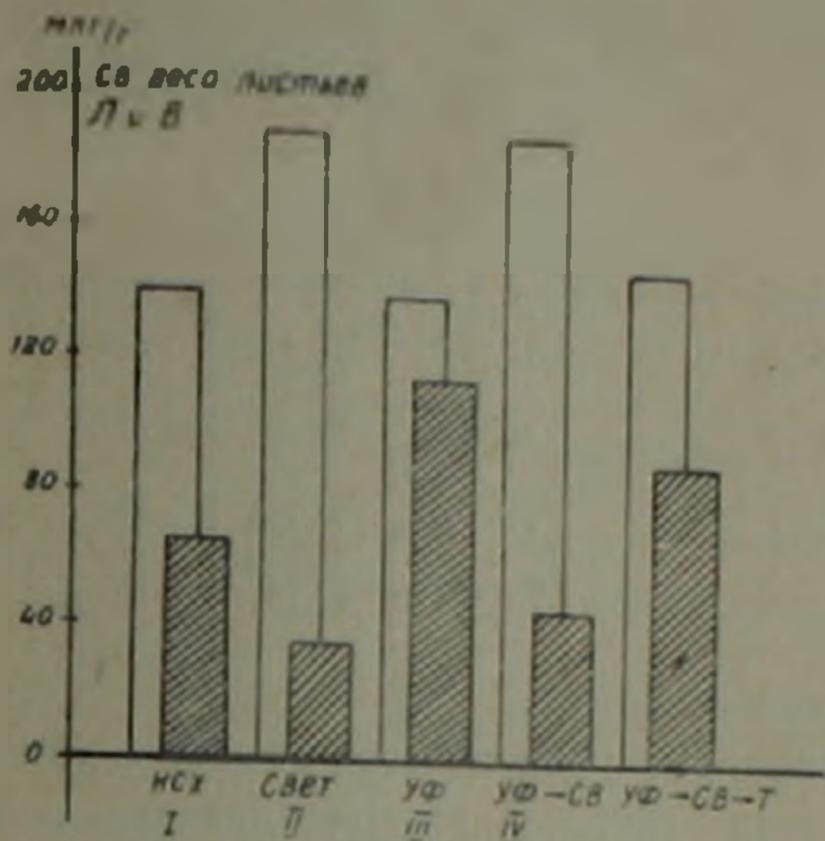


Рис. 1. Влияние ультрафиолетового облучения нахождение световой реакции в листьях клевера. По оси ординат отложены абсолютные количества пигментов в мкг на г свежего веса листьев. Светлые столбики отражают количество лютеина, заштрихованные — соответствуют содержанию виолаксантина

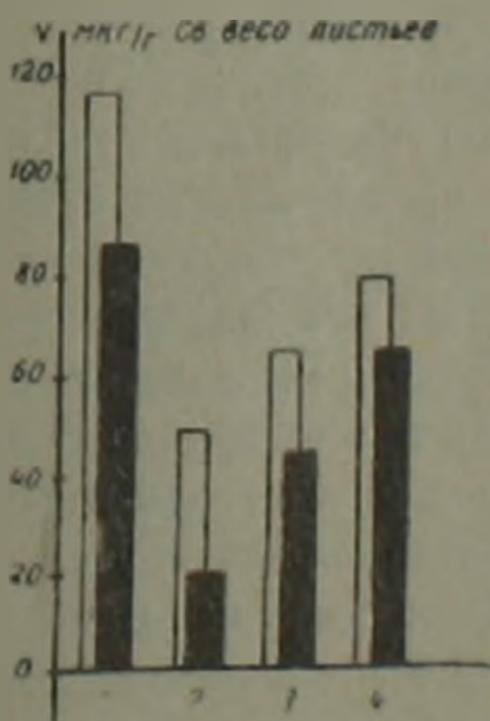


Рис. 2. Изменение в содержании виолаксантина в листьях растений, подвергавшихся различным воздействиям (средние данные по трем видам растений). Светлыми столбиками обозначено количество виолаксантина в облученных листьях. 2 — освещение после облучения (УФ + св.). Темные столбики соответствуют концентрации виолаксантина 1 — в исходном варианте; 2 — в контрольном световом варианте; 3 — у облученных листьев после облучения и освещения (УФ + св. + УФ); 4 — в темноте после облучения и освещения (УФ + св. + Т)

световой реакции, однако световой эффект после облучения был выра-
жен более слабо, из-за большей концентрации виолаксантина (рис. 2).

При изучении влияния длительности облучения на световую реак-
цию взаимопревращения ксантофиллов, испытывались две экспозиции:
20 и 60 мин (табл. 1).

Таблица 1

Влияние длительности облучения на световую реакцию взаимопревращения ксан-
тофиллов (концентрация пигментов выражена в мкг на 1 г свежего веса листьев)

№ п/п	Варианты	Пигменты		Л+В	Л ^{>}	В ^{<}
		Л [°]	В ^{°°}			
1	Облученные 20 мин	110±11	70±8	180		
2	УФ _{20 мин} + свет _{10 мин}	147±5	32±4	179	>37	<38
3	УФ _{60 мин} + свет _{10 мин}	148±6	35±2	183	>38	<35
4	Световые 35 т. ак.	162±7	20±2	182	>52	<50

Л[°]—лютеин, В^{°°}—виолаксин.

Как видно из таблицы, различное время облучения не отражается
на степени прохождения световой реакции превращения виолаксанти-
на в лютеин, однако эффект этой реакции в обоих случаях ниже по
сравнению с необлученным световым вариантом.

Отмеченный факт увеличения количества виолаксантина при облу-
чении зеленых листьев, во второй серии опытов был детально изучен на
луговых травах субальпийской и альпийской зон высокогорий.

Предварительно освещенные листья делились на две порции, одна
из которых ставилась в темноту, другая—облучалась.

Результаты этих опытов суммированы в табл. 2.

На основании данных, представленных в таблице, можно сказать,
что воздействие ультрафиолетом после освещения, как правило, у всех
исследованных видов вызывает темновой уровень пигментов с увеличе-
нием количества виолаксантина и уменьшением концентрации лютеина.
У отдельных видов растений при облучении сдвиг в сторону темновой
реакции зафиксирован только за счет одностороннего увеличения вио-
лаксантина, что особенно четко выражено у альпийских растений.

В последней серии опытов было испытано действие облучения на
количественное соотношение хлорофиллов и ксантофиллов в листьях
культурных растений, выращенных в условиях Араратской долины
(табл. 3).

Данные этой серии опытов также подтверждают наблюдаемый
сдвиг соотношения хлорофиллов и каротиноидов в сторону наиболее
окисленных пигментов под действием ультрафиолетовых лучей.

Установив увеличение количества виолаксантина после воздейст-
вия ультрафиолетом, можно было ожидать, что облучение листьев,
предварительно выдержанных в темноте, вызовет полное или почти пол-
ное превращение лютеина в виолаксантин.

Для этой цели листья подвергались облучению после освещения, а также после выдерживания их в темноте (табл. 4).

Оказалось, что облучение листьев после выдерживания их в темноте вызывает незначительное, хотя и достоверное увеличение концентрации виолаксантина; количество лютеина остается без изменения.

Таблица 2
Влияние ультрафиолетового облучения нахождение темновой реакции взаимопревращения ксантофиллов

№ №	Виды растений	Концентрация лютеина и виолаксантина в мкг на 1 г св. веса листьев			Разность пигментов от светового варианта	
		Варианты			УФ > <	Темно- та <
		Свето- вой	Облу- ченный	Темно- вой		

Субальпийская зона

1	Alchimilla caucasica Bus.	Л	160+5	120+7	130+3	<40	<30
		В	40+2	75+5	65+2	>35	>25
2	Betonica grandiflora W.	Л	180+8	125+2	130+3	<55	<50
		В	80+1	60+5	50+5	>30	>20
3	Trifolium Bordzylowskyi A. Grossh.	Л	153+3	130+5	120+4	<17	<33
		В	65+7	85+8	72+10	>20	>7
4	Betonica orientalis L.	Л	125+2	125+5	119+2	=	<6
		В	20+4	50+2	35+5	>30	>15
5	Veratrum Lobelianum Bernh.	Л	122+10	124+5	100+7	=	<24
		В	27+2	45+3	55+7	>18	>28

Альпийская зона

6	Taraxacum steveni (Spr) D. C.	Л	103+2	95+1	98+2	<8	<5
		В	40+5	55+2	50+5	>15	>10
7	Carum caucasicum (M. B.) Bolss	Л	130+5	128+5	122+2	=	<8
		В	50+5	70+2	65+4	>20	>15
8	Cirsium esculentum C. A. May	Л	120+4	115+5	112+2	=	-
		В	40+2	70+3	51+5	>30	>11

Таблица 3

Воздействие облучения на содержание пигментов в листьях сахарной свеклы (в мкг на 1 г св. веса листьев)

Условия опыта	Пигменты								
	Л	В	Л+В	Лсв—Луф	Вуф—Всв	Хл—л а	Хл—л б	а+в	а/б
Освещение	108	42	150	33	27	695	304	999	2,3
Облучение	75	69	144			676	342	1018	1,9

Воздействие ультрафиолетом, после освещения листьев, сдвигает соотношение ксантофиллон в сторону темновой реакции с активным увеличением количества виолаксантина и соответственным уменьшением содержания лютеина. Здесь же отмечается большее накопление хлорофилла «б».

Таблица 4

Воздействие облучения на соотношение зеленых и желтых пигментов в листьях перца (в мк: на 1 г св. веса листьев)

Варианты	Пигменты							
	л	в	л/в	л+в	Хл—л а	Хл—л б	а/к	а+в
Исходный—темновой	68	36	1,9	104	634	264	2,4	898
Облученный после темноты	66	45	1,5	111	651	267	2,4	918
Освещенный	112	26	4,3	138	676	304	2,2	980
Облученный после освещения	80	65	1,4	145	680	342	2,0	1022

Эти данные косвенно подтверждают предположение Д. И. Сапожникова (7) о гетерогенности виолаксантина. Можно определенно сказать, что свет является необходимым активатором физиологически «инертных» молекул виолаксантина.

Таким образом, обобщая полученные результаты, можно констатировать, что в листьях растений, подвергавшихся облучению, независимо от последующих воздействий, остается повышенное содержание виолаксантина. По-видимому, воздействие длинноволновых ультрафиолетовых лучей связано с структурной перестройкой пигментов пластид с увеличением более окисленных форм—хлорофилла «б» и виолаксантина.

Институт агрохимических
проблем и гидропоники
Академия наук Армянской ССР

Ն. Վ. ԲԱԺԱՆՈՎԱ, Ա. Գ. ԿԵՂՈՐԿՅԱՆ

Ներկայացված ուլտրամանուշակագույն ճառագայթման ազդեցությունը բարձր լեռնային բույսերի մոտ պլաստիդային պիգմենտների հարաբերության և վերափոխումների վրա

Հետազոտվել է երկարալիք ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցությունը ջլորոֆիլների և քսանտոֆիլների հարաբերության վրա ալպիական, սուբ-ալպիական տեսակների մոտ, ինչպես նաև Արարատյան դաշտավայրի որոշ բույսերում:

Յույն է տրված, որ անկախ անցման պայմաններից, ճառագայթման ժամանակից և հետագա ազդեցություններից, ուլտրամանուշակագույն ճառագայթի տերևներում առաջացել է կանաչ և դեղին պիգմենտների հարաբերության տեղաշարժ, ըստ որում բարձրանում է ալպիկ բույսերում ներքին քանակը (վիոլոքսանտին և ջլորոֆիլի որոշ)։

Երկրագրություն և որ ույտրամանուշակագույն շառագարների ազդեցությունը կապված է ոչ թե
պիգմենտների քանակության, այլ նրանք կառուցվածքային վերափոխման հետ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԳՐԱԿՐԱԿՆԵՐ

- ¹ Т. А. Петришин, С. П. Дандоу, Изв. АН СССР, серия биол., № 6, 79–89 (1953). ² Д. И. Сапожников, Т. А. Кривоуская, А. И. Маевская, ДАН СССР, т. 113, № 2, 465 (1957). ³ Д. Толибеков, А. Баталова, Исследование по фотосинтезу, тематический сб., № 7, 26–29, Душанбе, 1967. ⁴ Н. В. Бажанова, А. Г. Геворкян, Д. А. Нови, А. Г. Геворкин, Д. А. Оганесян, Биологический журнал Армении, т. 21, № 10, 78–82 (1968). ⁵ Н. В. Бажанова, А. Г. Геворкин, Д. А. Оганесян, Биологический журнал Армении, т. 22, № 8, 58–64 (1969). ⁶ Д. И. Сапожников и др. Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследований. Изд. „Наука“, 1964. ⁷ Г. А. Левицкая, Д. И. Сапожников, тезисы докл. на 2 Всесоюзном биохимическом съезде, 19 секция, проблемы фотосинтеза, 74–75, Ташкент, 1969.