

УДК 223.10.1

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. Г. Геворкян, Н. В. Бажанова

О действии синей области спектра на «виолаксантиновый цикл» в листьях клевера

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 7/IV 1971)

По мнению многих авторов (¹⁻³) необычайные свойства высокогорных растений (многопочечность, полиморфизм, ускоренное развитие и интенсивное плодообразование) во многом определяются обилием в воздухе длинноволновой, средневолновой ультрафиолетовой радиации, и видимых синих лучей.

От проникновения УФ и синего света в листья, растительный организм начинает усиленно вырабатывать под их действием пластидные и непластидные пигменты (⁴⁻⁶), которые, в свою очередь, поглощают избыточное количество радиации синей области спектра.

В этом плане недостаточно изучены ксантофиллы. Имеются данные о действии синих лучей на соотношение ксантофиллов, но только не у высокогорных растений. Так, активность синего света, выражающаяся в увеличении отношения каротин/ксантофиллы была отмечена в работах Х. Лундегарда (⁷⁻⁸).

Д. И. Сапожников с сотр. (⁹⁻¹⁰), изучая световую дезэпоксидацию ксантофиллов на синем свете отметили возможность ее сбалансированного хода, но не всегда, на основании чего было высказано предположение, что световая реакция превращения ксантофиллов останавливается на каком-то промежуточном пигменте.

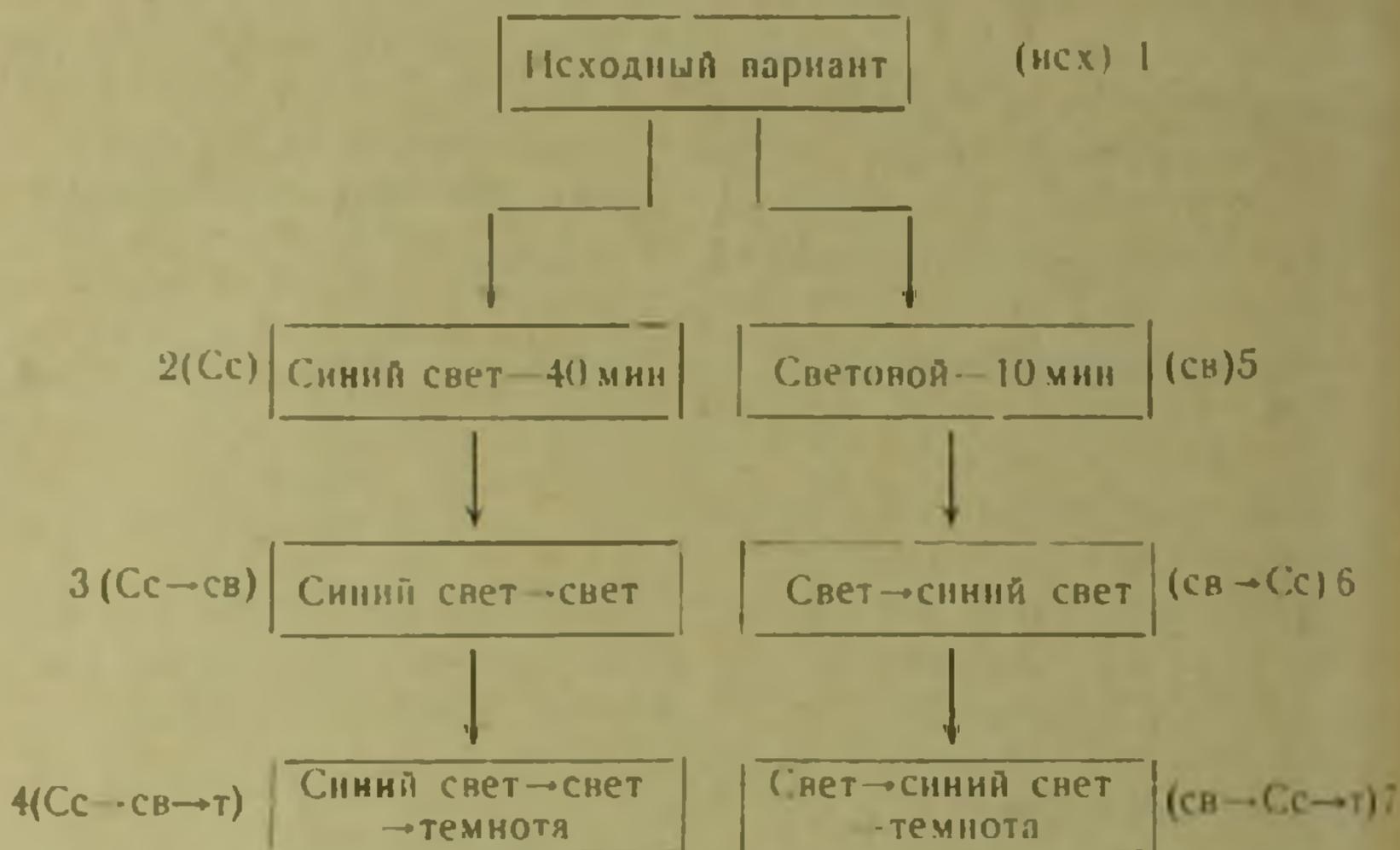
В нашей работе (¹¹) было показано определенное влияние ультрафиолетовых лучей (зоны А), близких по своему спектру к естественному лучевому потоку солнца, на взаимопревращение ксантофиллов в листьях высокогорных растений.

Продолжая исследования в этом направлении, мы использовали ртутно-кварцевую лампу ПРК-2М, дающую значительный поток ультрафиолетовых и синих лучей, близких по своему спектру к горному светочному режиму.

Ксантофиллы определялись в листьях клевера методом тонкого слоя (¹²), дающего возможность определить 4 пигмента: лютеин, зеаксантин, виолаксантин и антераксантин.

Растения облучались на расстоянии 30 см от источника радиации. Свет, испускаемый лампой ПРК-2М, в дальнейшем при обсуждении данных (для краткости) мы называем синий свет (Сс).

Эксперименты были проведены по следующей схеме:



При такой постановке опытов мы имели возможность изучить влияние синей области спектра на прохождение световой реакции (вариант

Таблица 1

Соотношение ксантофиллов в листьях клевера при различных вариантах опыта (данные в мкг на 1г свежего веса от 6—9 повторений)

№ п/п	Варианты	Пигменты							°/о каждого из 3-х пигментов		
		лиутенин (Л)	зеаксантин (З)	виолаксантин (В)	антераксантин (А)	$\frac{Л+З}{В+А}$	$\frac{Л+З}{З+А}$	В+З+А	З	В	А
1	Исходный	181±9	25±2	110±10	70±6	$\frac{206}{180}$	$\frac{53}{47}$	205	12	54	34
2	Синий свет	178±8	71±12	70±1	79±10	$\frac{249}{149}$	$\frac{62}{38}$	220	32	32	36
3	Сс→свет	190±3	75±1	55±5	60±7	$\frac{265}{115}$	$\frac{70}{30}$	190	40	30	30
4	Сс→свет→т	190±1	45±2	90±2	60±3	$\frac{235}{150}$	$\frac{61}{39}$	195	23	46	31
5	Световой	188±6	72±5	50±8	88±8	$\frac{260}{138}$	$\frac{65}{35}$	210	34	24	42
6	Свет→Сс	190±5	56±5	78±9	61±7	$\frac{246}{129}$	$\frac{64}{36}$	195	29	40	31
7	Свет→Сс→т	185±2	60±9	55±2	81±11	$\frac{245}{136}$	$\frac{64}{35}$	196	31	28	41

3), опосредованно через белый свет на темновую эпоксидацию (вариант 4), а также непосредственное влияние синего света на обратную реакцию превращения гидроксильных в эпоксиантофиллы (вариант 7). Данные приведены в табл. 1. Как видно из таблицы, содержание лютеина по всем вариантам опыта почти не менялось. Незначительные колебания в его количестве перекрывали друг друга (190 ± 5 ; 178 ± 8).

На свету (вариант 5), при четком уменьшении содержания виолаксантина (на 55% от исходного), в листьях увеличивались количества зеаксантина (180%) и антераксантина (25%).

Воздействие синим светом (вариант 2) также вызывало световую дезэпоксидацию, но с некоторым увеличением концентрации виолаксантина (на 40% от светового). Освещение после облучения синим светом (вариант 3) сдвигало количество виолаксантина и антераксантина опять к световому уровню.

При сравнении вариантов 3 и 5 определенно можно сказать, что синий свет, в условиях опыта, не тормозил световую реакцию превращения ксантофиллов.

В варианте 4, при влиянии синей области спектра на темновую эпоксидацию через белый свет, отмечен четкий, хотя и неполный возврат к исходному—темновому уровню превращения ксантофиллов. При непосредственном воздействии синего света на темновую эпоксидацию ксантофиллов (вариант 7) содержание зеаксантина, антераксантина и виолаксантина оставалось на световом уровне, т. е. происходило полное торможение обратной реакции.

Таким образом, полученные нами данные показали, что влияние синего света на взаимопревращение ксантофиллов в световых и темновых вариантах зависит от того, облучались ли листья до или после освещения белым светом.

Таблица 2

Влияние различного времени облучения синим светом на взаимопревращение ксантофиллов

Пигменты	Исходная	Световая	Синий свет 5 мин	Синий свет 60 мин	Дельта пигмента от исходного		
					свет	5 мин облучения	60 мин облучения
Лютеин	150±2	148±1	154±5	152±3			
Зеаксантин	20±2	80±1	60±2	71±4	+60	+40	+51
Виолаксантин	118±2	54±2	85±3	82±6	-64	-33	-36
Антераксантин	36±3	50±8	42±1	45±1	+14	+6	+9
Л+З+В+А	324	322	347	350			
З+В+А	174	174	187	198			

На первый взгляд казалось, что синий свет не подавлял световой дезэпоксидации виолаксантина. Однако воздействие синим светом после белого сдвигало содержание зеаксантина и виолаксантина к темновому уровню; количество зеаксантина уменьшалось на 34%, а виолаксантина увеличивалось на 42%, хотя по сравнению с исходным уровнем это была световая реакция.

Синий светопоток, даваемый после освещения, перед выдерживанием листьев в темноте, вызывал полное торможение обратной реакции превращения ксантофиллов. Освещение белым светом снимало ингибирующее действие облучения на эту реакцию.

Исходя из представленных данных, можно сказать, что синие лучи вызывали определенную закономерность в соотношениях гидро- и эпокси-ксантофиллов.

Интересно было уточнить будет ли выявленная нами тенденция такой же при других экспозициях, или последние вызовут иные сдвиги в количестве желтых пигментов.

Во второй серии опытов были испытаны еще две экспозиции: кратковременное 5-ти минутное и 60-ти минутное облучение по той же схеме опытов. Данные в табл. 2 и рис. 1.

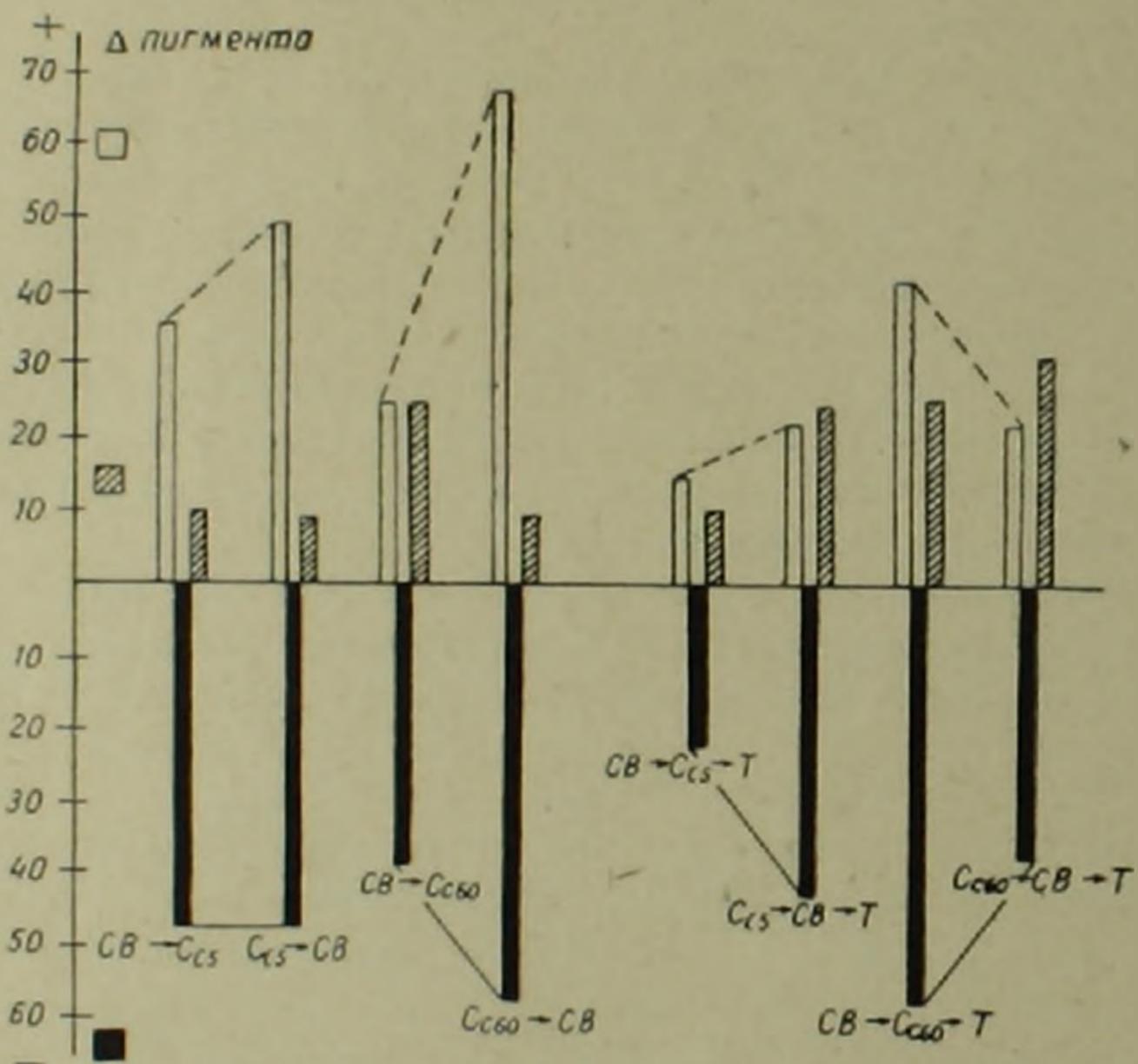


Рис. 1. Воздействие синего света различной экспозиции (5 и 60 мин) на дезоксидацию и эпиксидацию ксантофиллов. По оси ординат отложены увеличение (вверх) и уменьшение (вниз) разности пигментов от исходного варианта. Светлыми столбиками выражена дельта зеаксантина, заштрихованными — дельта антераксантина и темными — дельта виолаксантина. Квадратиками тех же обозначений отмечена дельта пигментов светового варианта

Из таблицы видно, что уже 5-ти минутное воздействие синим светом вызывало сдвиг соотношения ксантофиллов в сторону световой реакции. Время облучения (5 и 60 мин) существенного значения для интенсификации данной реакции не имела. В том и другом случаях, по сравнению

с исходными пробами, отмечался резкий подъем в накоплении зеаксантина, незначительное — антераксантина и неадекватное уменьшение количества виолаксантина, в результате чего получалось некоторое увеличение суммы всех трех пигментов. По сравнению со световой реакцией, превращение ксантофиллов на синем свете в сторону дезэпоксидации виолаксантина было выражено менее активно.

На рис. 1 дана разность ксантофиллов от исходной пробы по вариантам опыта.

Как уже было отмечено выше, 5-ти минутное воздействие синим светом до и после освещения не отражалось на световой дезэпоксидации ксантофиллов.

При 60-ти минутном воздействии синим светом, даваемым до освещения, проходила интенсивная, сбалансированная световая дезэпоксидация (рис. 1, вариант $C_{60} \rightarrow св$). Непосредственное облучение листьев при той же экспозиции вызывало сдвиг пигментов к темновому уровню (вариант $св \rightarrow C_{60}$), т. е. в какой-то степени длительность данного облучения нарушала ход световой дезэпоксидации.

Пятиминутное непосредственное влияние синего света не оказывало торможения на обратную реакцию, в то время как облучение в течение 60 мин (как и в предыдущих опытах при 40 мин облучении) целиком подавляло темновую эпоксидацию. Количество зеаксантина и виолаксантина в данном варианте оставалось на световом уровне.

Белый свет даваемый после облучения снимал действие последнего ($C_{60} - 60$ мин) и уже в темноте имел место обратный ход реакции, хотя полного возврата к исходному уровню опять не наблюдалось. В темновых вариантах заметно увеличивалось и содержание антераксантина.

На основании изложенного материала можно сказать, что различное по длительности (5, 40, 60 мин) облучение синим светом не подавляет световой дезэпоксидации виолаксантина и время экспозиции не имеет существенного значения для ускорения данной реакции.

Облучение синими лучами вызывает торможение темновой эпоксидации ксантофиллов.

Освещение снимает ингибирующее действие синего света и в листьях, выдержанных после этих воздействий в темноте, идет обратная реакция превращения ксантофиллов.

По всей вероятности, синие лучи, изобилующие в световом потоке горного солнца могут косвенным путем, через реакции взаимопревращения ксантофиллов, регулировать эффективность передачи кислорода от ксантофиллов с эпоксигруппировками к гидроксиксантофиллам. Если также принять во внимание выдвинутые гипотезы об участии каротиноидов в одном из звеньев процесса фотосинтеза, то эти данные позволяют говорить об участии эпокси-ксантофиллов в переносе кислорода в процессе фотосинтеза.

Ասփույտի տեւեներում «փոլյաբուսանտիների ցիկլի» վրա սպեկտրի կապույտ գոտու ազդեցության մասին

Աշխատանքում ցույց է տրված, որ տարբեր տեղոթյամբ (5, 40, 60 րոպե) կապույտ լույսով ճառագայթումը չի ներգործում վիոլարսանտիների լույսային դեզլպոքսիդացիայի վրա և լուսակայման ժամանակը էական նշանակություն չունի տվյալ ուսկցիայի արագացման համար:

Ցույց է տրված նաև, որ կապույտ ճառագայթներով լուսավորումը առաջ է բերում մթային ուսկցիայի արգելակում:

Բարձր ինտենսիվությամբ սպիտակ լույսով լուսավորումը վերացնում է սպեկտրի կապույտ գոտու արգելակող ազդեցությունը:

Ծնթադրվում է, որ լույսային հոսքի մեջ գոյություն ունեցող կապույտ ճառագայթները էպոքսիդացիայի և դեզլպոքսիդացիայի ուսկցիաների միջոցով կարող են անուղղակի ձևով կարգավորել թթվածնի փոխանցումը ֆոտոսինթեզի սրոցեսում:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ R. M. Klein, P. C. Edsall, A. G. Gentle, *Plant. Physiol.*, 40, 5, 903—907 (1967).
² E. K. Кардо-Сысоева, Ю. Е. Гиллер, *Проблемы ботаники*, т. 9, Фрунзе, Изд. „Илим“, 363—369, 1967. ³ С. Г. Наринян, Автореферат докторской диссертации, 69 стр. 1967. ⁴ А. А. Шахов, С. А. Станко, В. С. Хазанов, *Проблемы космической биологии*, 2, 340, 1962. ⁵ А. А. Шахов, С. В. Шищенко, С. А. Станко, В. С. Шайдуров, Б. М. Голубкова, *Проблемы космической биологии*, 4, 474—487, 1965. ⁶ А. А. Шахов, *Известия АН СССР*, сер. биол., № 2 (1967). ⁷ H. Lundegardh, *pros. Nat. Acad. Sci. USA*, 55, 5, 1062—1065 (1966). ⁸ H. Lundegardh, *Physiol. Plantarum*, 19, 3, 754—769 (1966). ⁹ Т. Г. Маслова, И. А. Попова, Д. И. Сапожников, Тезисы III Биох. конф. Белоруссии и Прибалтийских республик, Биохимия растений и микроорганизмов, 1, 19—20, 1968. ¹⁰ И. А. Попова, Т. Г. Маслова, *Физиология растений*, 15, 5, 919—921, 1968. ¹¹ Н. В. Бажанова, А. Г. Геворкян, *ДАН Арм. ССР*, т. 50, № 2, 111—117 (1970). ¹² Г. А. Корнюшенко, Д. И. Сапожников, *Методический сб. „Методы комплексного изучения фотосинтеза“*, Л., 181—193, 1969.