

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. А. Шахов, С. А. Станко и С. Г. Наринян

О влиянии солнечной радиации на горе Арагац на
спектральные свойства растений

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятыном 3/X 1962)

Вопросы, связанные с действием квазикосмического радиационного режима на растительные организмы, могут изучаться в условиях высокогорий (^{1,2}). Такие исследования должны стать обязательным звеном в комплексном изучении как положительного, так и отрицательного действия энергии участков электромагнитного спектра на живые организмы. Результаты работ по влиянию космической (^{3,4}) и ультрафиолетовой (^{1,2,5}) радиации в наземных экспериментах в горах дают нам основание утверждать, что высокогорья должны явиться наземным форпостом в области космической биологии. Весьма интересным районом в этом отношении является гора Арагац с ее четырехкилометровой вершиной, альпийской биологической (⁶) и космической станцией. Здесь в содружестве с физиками может осуществиться плодотворное сотрудничество биологов.

Условия горной Армении характеризуются (⁷) континентальностью и сухостью, наличием летом ночных температурных минимумов (до -5°C), высоким ультрафиолетовым излучением, интенсивной космической радиацией. Исследованиями в горах Армении, а также экспериментально путем УФ-облучения растений от ламп ПРК в Ереване, установлено, что УФ-лучи значительно повышают накопление токоферолов в растениях (⁵).

Задача данного исследования состояла в том, чтобы выяснить, как естественный температурно-радиационный режим Арагаца на высоте 3220 м над уровнем моря влияет на способность листьев растений пропускать, отражать и поглощать лучистую энергию. Измерения охватывали спектральную область от ультрафиолетовых до ближних инфракрасных лучей. Такая работа в Армении проводится впервые и выполнена с помощью нашего фотоинтегрирующего прибора, описанного ранее (⁸). В отличие от других установок, применяемых в последние годы для изучения спектральных свойств растений, в нашем приборе облучение листа производится белым неразло-

женным солнечным светом. Кроме того, нами применялись интерференционные светофильтры, которые устанавливались так, чтобы пропускать только прошедшие через лист или отраженные от него лучи солнца. Следовательно, мы характеризуем спектральные свойства листьев при облучении их естественной солнечной радиацией определенной интенсивности и спектрального состава, а не монохроматическим облучением от искусственных источников радиации, как это делает большинство исследователей. Приводимые данные выражены в процентах от падающей радиации (табл. 1).

Как видно из табл. 1, оба вида альпийских растений характеризуются высоким поглощением не только ультрафиолетовых лучей (λ 360, 400 мик), но и синих (λ 433 мик), зеленых (λ 548 мик), желтых (λ 578 мик) и красных (λ 621, 645, 660, 698 мик); поглощение достигает 80—90%, а УФ-лучи поглощаются почти полностью (96—99%). После длины волны 698 мик наблюдается широко известный спад поглощения лучистой энергии, однако поглощение дальнекрасных лучей все же составляет 34,4—46,5 %, а ближних инфракрасных (λ 860 мик).— 15—26 %.

Таблица 1
Спектральные свойства альпийских растений на высоте 3220 м над уровнем моря, 19/VIII

Длина волны (мик)	Oxyria elatior			Doronicum oblongifolium		
	отраже- ние	пропу- скание	погло- щение	отраже- ние	пропу- скание	погло- щение
360	2,8	1,4	95,8	2,7	0,0	97,3
400	1,0	0,0	99,0	1,9	0,0	98,1
433	2,5	0,7	96,8	2,1	5,5	92,4
548	6,8	13,5	79,7	1,2	6,4	92,2
578	6,5	11,5	82,0	7,8	4,0	88,2
621	4,9	7,5	87,6	6,6	1,9	91,5
645	4,5	5,1	91,4	4,3	1,9	93,8
660	4,0	2,7	93,3	5,0	0,6	94,4
698	8,2	13,6	79,2	10,5	5,5	84,0
730	26,4	39,2	34,4	26,5	27,0	46,5
860	37,2	47,3	15,5	37,4	38,2	24,4

Таблица 2
Спектральные свойства растений на высоте 3220 м над уровнем моря, 21/VIII

Длина волны (мик)	Hyoscyamus niger			Delfinium foetidum		
	отраже- ние	пропу- скание	погло- щение	отраже- ние	пропу- скание	погло- щение
360	4,1	0,0	95,9	3,2	0,0	96,8
400	4,7	0,0	95,3	4,0	0,2	95,8
433	6,3	0,0	93,7	4,3	1,0	94,7
548	9,0	11,9	79,1	12,6	8,1	79,3
578	6,7	7,2	86,1	9,2	5,2	85,6
621	6,1	3,4	91,6	6,4	3,3	90,3
645	6,9	2,6	90,5	6,4	2,0	91,6
660	6,0	1,1	92,9	6,9	0,5	92,6
698	8,8	9,8	81,4	10,7	5,4	83,9
730	28,1	37,3	34,6	26,4	23,8	48,8
860	38,5	44,6	16,9	53,9	39,2	6,9

Эти же закономерности хорошо прослеживаются и у других растений на той же высоте (табл. 2).

Только у дельфиниума (табл. 2) поглощение ближних ИК-лучей составляет 6,9% при почти 50% поглощении дальних красных лучей.

Таким образом, пропускание и отражение лучистой энергии листьями исследованных нами альпийских растений не превышает 10—12% в пределах спектра от ультрафиолета до дальних красных лучей. Отсутствие сильного снижения в поглощении желто-зеленых лучей весьма примечательно, ибо обычно у растений долин или умеренной зоны эти лучи поглощаются значительно меньше. Способность листьев у отдельных видов поглощать до 15% и даже 25% инфракрасных лучей (λ 860 мкм) свидетельствует о каком-то биологическом значении этой радиации в жизнедеятельности высокогорных растений Арагаца.

Высокое поглощение солнечной энергии по всему спектру от УФ до ИК обусловлено аналого-физиологическими особенностями листьев альпийских растений и связано с приспособлением к температурно-радиационному режиму высокогорий. На основании этого можно предполагать, что, изменяя состав и интенсивность радиации, можно изменять спектральные свойства растений.

Как известно, в горах солнечная радиация характеризуется повышенным УФ-излучением. Представлялось интересным ослабить искусственно его действие и тем самым повлиять на спектральные свойства растений. Как оказалось, достичь этого можно, выращивая растения под стеклом и полиэтиленовой пленкой в парниках. Ранее было показано (⁸), что растения, выращенные в Заполярье под ацетатными пленками, сильно отличались по спектральным свойствам.

Стекло и пленка, примененные на Арагаце, по-разному пропускают ультрафиолетовую радиацию. Стекло, по нашим измерениям, пропускает в области длин волн 310 мкм — 2%, 315 мкм — 5%, 320 мкм — 15%, 325 мкм — 30%, 350 мкм — 83%, 400 мкм — 90%, 401—500 мкм — 93%, а далее — 90—80%. Пленка обладает значительно большим пропусканием: в области длин волн 240—280 мкм — 44—55%, 290—300 мкм — 56%, 310—320 мкм — 64%, 390—400 мкм — 66%, 410—450 мкм — 68%, 460—500 мкм — 73%, 510—590 мкм — 76%, 600—650 мкм — 73%, 660—750 мкм — 75%, 760—850 мкм — 79%, 870—1100 мкм — 80%.

В качестве контрольных были растения, выросшие рядом в открытом грунте без стеклянной или полиэтиленовой „крыши“.

Из данных табл. 3 видно, что у растений из-под стекла, которое сильно снижает пропускание УФ-лучей, отражение и пропускание солнечной энергии листьями больше, чем у контрольных растений (табл. 3).

Листья растений из-под стекла поглощают меньше солнечной энергии по всему исследованному спектру; особенно резко снизилось поглощение дальних красных лучей (λ 730 мкм — 6,2%, а также желто-зеленых. Наоборот, у растений из-под пленки, которая пропускает больше УФ-лучей, чем стекло, поглощение листьями дальних красных и желто-зеленых лучей возросло. Таким образом, как будто выявляется зависимость поглощения дальних красных лучей и (ча-

стично ИК-лучей) от наличия в спектре лучистого потока определенного количества квантов УФ-радиации. Если это подтвердится в дальнейших опытах, то, возможно, удастся выявить ультрафиолетово-красный (УФ—К) или ультрафиолетово-инфракрасный эффект (УФ—ИК), подобно красно-синему и красно-инфракрасному эффекту, исследованному американскими⁽⁹⁾ и голландскими учеными.

Таблица 3

Спектральные свойства листьев редиса сорта месячного на высоте 3220 м над уровнем моря, 20/VIII

Длина волны (м.мк)	В открытом грунте			В парнике					
				Под стеклом			Под пленкой		
	отраже- ние	пропу- скание	погло- щение	отраже- ние	пропу- скание	погло- щение	отраже- ние	пропу- скание	погло- щение
360	2,5	0,0	97,5	3,8	0,0	96,2	3,4	0,1	96,5
400	2,6	0,3	97,1	4,7	2,1	93,2	3,4	0,0	96,6
433	5,8	1,1	93,1	5,9	1,2	92,9	7,0	0,9	92,1
548	12,8	8,2	79,0	14,4	9,1	76,5	2,0	11,3	86,7
578	8,7	4,4	86,9	18,3	9,6	72,1	14,1	7,5	78,4
621	7,0	2,5	90,5	10,5	5,9	83,6	8,1	3,7	88,2
645	7,2	2,4	90,4	10,4	3,4	86,2	7,1	2,7	90,2
660	7,1	1,1	91,8	11,4	2,4	86,2	7,4	1,6	91,0
698	12,7	8,3	79,0	21,4	14,3	64,2	13,7	9,4	76,9
730	29,6	27,0	43,4	54,6	38,2	6,2	18,3	30,2	51,5
860	43,6	45,7	10,7	52,4	40,2	7,4	53,9	32,6	13,5

Высокое поглощение лучистой энергии листьями по спектру от УФ до ИК отмечалось также в наших исследованиях на Памире^(1, 2, 10). Учитывая, что высокая фотоабсорбирующая способность высокогорных растений связана с процессами фотоадаптации и фотоактивации, которые могут иметь большое космобиологическое значение, следует всемерно развивать работы по космической фитофизиологии на горе Арагац.

Выводы. 1. В условиях высокогорного температурно-радиационного режима Арагаца (3320 м) растения имеют весьма высокий коэффициент поглощения солнечной энергии. Поглощение солнечной радиации в области 360—700 м.мк достигает 80—90% и более.

2. Поглощение листьями ИК-лучей (λ 860 м.мк) составляет 15—25% у альпийских растений и 7—13% у редиса. Это может указывать на значительно большую роль ИК-радиации в жизнедеятельности высокогорных растений, чем принято считать, когда основное внимание уделяется УФ-радиации.

3. Искусственное изменение УФ-облучения растений в горах влияет на спектральные свойства листьев, особенно на способность поглощать энергию красно-инфракрасного участка спектра.

4. Высокое УФ и космическое облучение на Арагаце представляет огромный интерес для развития работ по экспериментальному изучению влияния космического радиационного режима на организмы.

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР
Ботанический институт Академии наук
Армянской ССР

Ա. Ա. ՇԱԽՈՎ, Ս. Ա. ՍՏԱՆԿՈ ԵՎ Ս. Գ. ՆԱՐԻՆՅԱՆ

Արևի ճառագայթման ազդեցությունը բույսերի սպեկտրային հասկոսթյան վրա Արագած լեռան բարձրություններում

Արևի մոլորակի վրա բնական պայմաններում կոսմոբիոլոգիական ուսումնասիրությունները հնարավոր են միայն բարձր լեռներում, որոնց պայմանները քիչ թե շատ մոտ են կանգնած կոսմիկական պայմաններին, այն է, բարձր լեռները հարուստ են ուլտրամանիշակազույն և կոսմիկական ճառագայթներով:

Այդ իսկ տեսակետից Արագած սարը իր 4000 մետր բարձրությամբ ու այդտեղ գործող ֆիզիկայի ինստիտուտի կոսմիկ ճառագայթները ուսումնասիրող էքսպեդիցիան ու Գիտությունների ակադեմիայի բիոլոգիական կայանի առկայությունը ստեղծում է բավականին նպաստավոր պայմաններ համատեղ կոմպլեքսային ուսումնասիրություններ տանելու կոսմոբիոլոգիական պրոբլեմների բնագավառում:

Տվյալ աշխատանքի խնդիրն է չափել ու պարզաբանել Արագած լեռան վրա (3220 մետր բարձրության, ծովի մակերևույթից) արևի ջերմաճառագայթային ուժը և նրա կլանումը բույսերի կողմից ալպյան պայմաններում:

Այս աշխատանքը կատարելու ընթացքում մենք հանդել ենք հետևյալ եզրակացության.

1. Արագած լեռան բարձրություններում բույսերը ունեն արևի էներգիան կլանելու շատ մեծ պորձակից, արևի ճառագայթման 360-ից մինչև 700 միլիմիկրոն ալիքների դիապազոնից բույսերը կլանում են մինչև 80—90 տոկոսը:

2. Բույսերի տերևների կողմից կլանված ինֆրակարմիր (860 միլիմիկրոն) ճառագայթները կազմում են 15—25 տոկոս ալպյան բույսերի նկատմամբ, իսկ ամսական բողկի կողմից այդ կլանումը հասնում է 7—13 տոկոս: Այս ցույց է տալիս, որ բարձրություններում ինֆրակարմիր ճառագայթները բույսերի կենսադործունեության մեջ բավականին մեծ դեր են խաղում:

3. Արհեստական փոփոխությունների միջոցով, ազդելով բույսերի վրա ուլտրամանիշակազույն ճառագայթներով, հնարավոր է փոխել բույսերի սպեկտրային հատկությունը, կարմիր և ինֆրակարմիր ճառագայթները կլանելու գործում:

4. Բարձր ուլտրամանիշակազույն և կոսմիկական ճառագայթումը Արագածի պայմաններում մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում ուսումնասիրելու կոսմիկական ճառագայթման ռեժիմի ազդեցությունը օրգանիզմների վրա էքսպերիմենտալ հետազոտման տեսանկյունով:

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

- ¹ А. А. Шахов, Журн. общ. биол., 23, № 2, 1962. ² А. А. Шахов, С. А. Станко, В. С. Хазанов, сб.: Проблемы космической биологии, т. 2, 1962. ³ V. Bojnansky, Ceskoslovenska Biologie, 6, č 2, 1957. ⁴ А. А. Гюрджян, Искусственные спутники Земли, № 12, 1962. ⁵ С. Я. Золотницкая, Г. О. Акопян, ДАН АрмССР, XXXI, № 3, (1960). ⁶ С. Г. Наринян, Бот. журн., 47, № 5, 1962. ⁷ С. Г. Наринян, Проблемы ботаники, т. V, 1960. ⁸ А. А. Шахов, В. С. Хазанов, С. А. Станко, Бот. журн., 46, № 2, 1961. ⁹ А. А. Шахов, Усп. совр. биол., 51, № 3, 1961. ¹⁰ А. А. Шахов, В. С. Хазанов, С. А. Станко, Л. Ф. Остапович, Бот. журн., 47, № 1, 1962.