

Н. В. Бажанова, О. Б. Гаспарян

НАКОПЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ И ВИТАМИНОВ В ЗЕЛЕНОМ КОРМЕ, ВЫРАЩЕННОМ В КАМЕРЕ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСВЕЩЕНИЯ

В настоящей работе исследовались прочность связи хлорофилла с липопротейдами, количественные накопления желтых и зеленых пигментов, аскорбиновой кислоты в проростках кукурузы, выращенной для зеленой витаминной подкормки животных и домашней птицы. При этом уделялось внимание влиянию различного по спектральному составу и напряжению освещения на ход этих физиологических процессов.

В нашей работе (1) была показана корреляция между интенсивностью освещения и состоянием прочности хлорофилло-белково-липоидного комплекса. В листьях, взятых из нижнего яруса травостоя прочность связи пигмента с белком в этом комплексе была ниже, чем в верхних, хорошо освещенных листьях. Опыты выполнялись М. Бабаханяном в течение 1965-1969 гг.

Для работы использован растительный материал, предоставленный нам М. Бабаханяном, которому авторы выражают благодарность. Объектом нашего исследования служили проростки кукурузы, сорта ВИР-42, выращиваемые на шестиярусной установке для производства зеленого корма (2, 3).

Источником освещения сверху служили люминесцентные лампы "ДС-40" и "БС-40". Испытывались три интенсивности освещения: 720; 280; 40 ватт на 1 м².

Характеристика этих ламп по спектру представлена на рис 1 (4); ДС-40 имеют большее количество сине-фиолетовых лучей, БС-40 - красных.

Для получения выравненной средней пробы листья срезали по диагонали всей площади вкладыша и тщательно перемешивали. В каждую пробу брали по 1 г листьев, растирали в ступке с прибавлением кварцевого песка и соды. Из растертой мязки смесью спирта с ацетоном в объемном отношении 1:3 полностью извлекали пигменты, которые затем разделялись на индивидуальные компоненты методом хроматографии на бумаге, как это рекомендовано в работе Д. Сапожникова и др. (5). Количественное определение желтых пигментов производили на фотокolorиметре за синим светофильтром, зеленых - за красным.

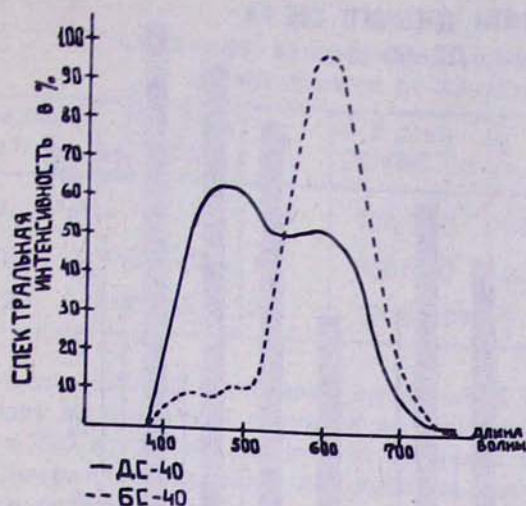


Рис. 1. Распределение энергии в спектре люминесцентных ламп дневного и белого света по А. Ф. Клешнину. Сплошная линия — спектр лампы дневного света — "ДС-40", пунктирная — белого света — "БС-40".

Расчет количества ксантофиллов и суммы хлорофиллов выражен в мкг на г свежего веса листьев. Аскорбиновую кислоту определяли методом Г. Тильманса в модификации С. Прокошева (6).

В первой серии опытов исследовали накопление хлорофиллов и прироста зеленой массы по дням и при различной интенсивности освещения.

Данные, представленные на рис. 2 а и б, показывают прямую корреляцию между количественным накоплением хлорофиллов и приростом зеленой массы; оптимальными условиями для прироста зеленой массы и накопления хлорофилла в ней оказалось 8-дневное проращивание растений при интенсивности освещения в 720 ватт на 1 м². Отмечена тенденция большего накопления зеленых пигментов при освещении лампами дневного света "ДС-40" с преобладанием сине-фиолетовых лучей. Последние по данным Франка (7) и А. Клешина (4) способствуют наиболее эффективному синтезу хлорофилла.

Об этом свидетельствуют также данные табл. 1, где показано количественное соотношение хлорофиллов в проростках кукурузы, освещаемой лампами дневного и белого света. Сумма хлорофиллов "а" и "б" на 9-33% выше в листьях растений, выращенных под лампами дневного света ("ДС-40").

Во второй серии опытов в проростках кукурузы исследовали содержание провитамина А и витамина С.

Как видно из данных табл. 2 в исходном зерне содержание аскорбиновой кислоты ничтожно мало (0,9 мг%). На вторые сутки выращивания на свету количество ее во всех органах растений резко увеличивается.

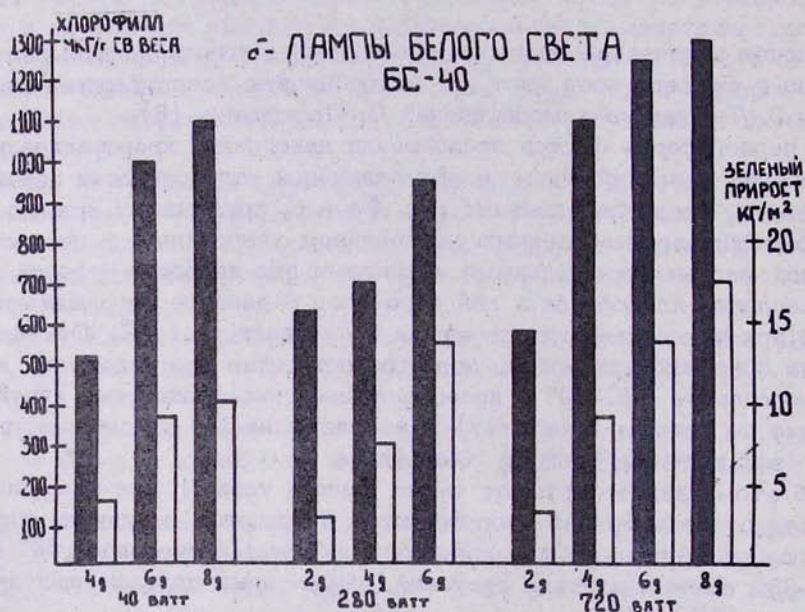
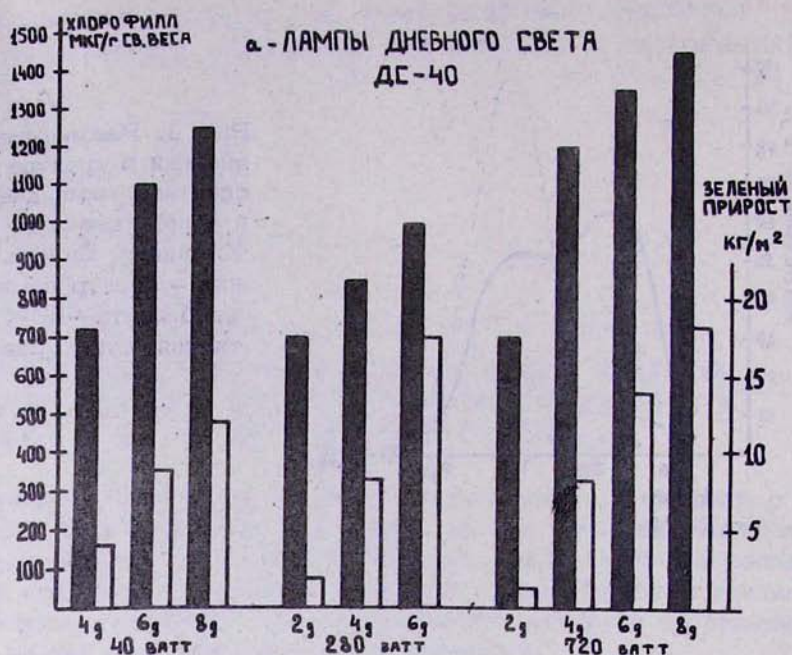


Рис. 2. Накопление хлорофиллов и зеленой массы в проростках кукурузы при различной освещенности. Левый столбик соответствует содержанию хлорофилла в мкг/г свежего веса, правый - приросту зеленой массы в кг/м².

Таблица 1

Соотношение хлорофиллов в проростках кукурузы
в зависимости от качества лампы

Освещение ватт/м ²	2-й день ДС/БС	%	4-й день ДС/БС	%	6-й день ДС/БС	%	8-й день ДС/БС	%
40	-	-	720/540	33	1105/1000	11	1250/1100	14
280	700/520	13	850/700	21	1000/950	10	-	-
720	700/580	20	1200/1100	9	1350/1250	14	1450/1200	11

Максимальное накопление витамина С в зеленой массе растений происходит на 4-й-6-е сутки их выращивания при интенсивности освещения в 720 вт/м² независимо от различий между лампами.

Содержание каротина, как провитамина А, при равных условиях опыта определялось в исходных семенах, общей массе и зеленых листьях. Данные представлены в табл. 3. В семенах каротина не обнаружено. На вторые сутки выращивания зафиксировано значительное количество провитамина А. Накопление каротина, как во всей массе, так и в листьях, зависит от интенсивности освещения. Наиболее благоприятной для синтеза каротина является также освещенность в 720 вт/м². С возрастом проростков, количество провитамина А при всех интенсивностях освещения увеличивается. При общем выходе β -каротина максимум его обнаружен также на 6-8-е сутки в количестве 153-193 мг/м². Особенно богата провитамином А зеленая масса проростков (от 180 до 550 мг/м²).

Данные табл. 4 показывают, что освещение лампами дневного света (ДС-40) приводит к большему накоплению суммы ксантофиллов в проростках кукурузы в сравнении с растениями, произрастающими по лампам белого света (БС-40). После освещения лампами дневного и белого света, растения ставили в темноту на 40 мин., после чего определяли содержание виолаксантина и, по нему, степень прохождения темновой реакции.

На рис. 3 представлены данные по количеству виолаксантина в листьях растений при интенсивности освещения в 720 вт/м².

На основании этих данных можно сказать, что наибольшее увеличение виолаксантина (темновой сдвиг) наблюдается после освещения лампами белого света.

В последней серии опытов проверена прочность связи хлорофилла с липопротеидным комплексом в проростках, освещаемых разными лампами.

В качестве показателя прочности связи хлорофилла с липопротеидами было взято изменение термостабильности хлорофилло-белково-липоидного комплекса.

Термостабильность выражалась количеством хлорофилла не извлекаемого петролейным эфиром после кипячения листьев в фосфатном буфере (РН-10) в течение одной минуты в процентах от общего его содержания (табл. 5).

Таблица 2

Накопление аскорбиновой кислоты в проростках кукурузы при различной освещенности во 2-ые, 4-ые, 6-ые и 8-ые сутки выращивания на свету (витамин С в мг на 100 гр свежего веса)

Лампы	Часть растения	2-ые сутки			4-ые сутки			6-ые сутки			8-ые сутки		
		интенсивность освещения в ваттах на 1 кв. м											
		40	280	720	40	280	720	40	280	720	40	280	720
"ДС-40"	Зеленая часть	-	30	42	38	37	43	30	20	51	22	-	46
	Остатки семян	-	20	19	6	6	4	3	3	5	5	-	7
	Корешки	-	6	6	17	14	17	14	12	20	10	-	10
"БС-40"	Зеленая часть	-	21	26	26	27	33	31	21	50	20	-	38
	Остатки семян	-	5	5	7	5	5	6	3	4	6	-	6
	Корешки	-	4	4	18	14	17	12	12	19	10	-	11

Исходное зерно (0,9мг%).

Таблица 3

Выход провитамина "А" (β -каротин) с урожаем общей и зеленой массы (в мг на м²)

Лампы	Части растений	Сутки выращивания растений на свету											
		2-ые			4-ые			6-ые			8-ые		
		Интенсивность освещения в ваттах на 1м ²											
		40	280	720	40	280	720	40	280	720	40	280	720
ДС-40	Общая масса	—	11,0	11,0	15,0	39,0	71,0	62,0	73,0	153,0	84,0	112,0	193,0
	Зеленая часть растений	—	186,0	252,0	180,0	276,0	341,0	302,0	381,0	550,0	415,0	—	525,0
БС-40	Общая масса	—	8,7	21,0	21,0	61,0	75,0	92,0	83,0	151,0	62,0	—	166,0
	Зеленая часть растений	—	105,0	275,0	191,0	310,0	445,0	301,0	355,0	500,0	410,0	—	490,0

Таблица 4

Ход накопления лютеина и виолаксантина в проростках кукурузы при
различном освещении

Интен- сивность осве- щения	Лампы	Пиг- мент	Сутки выращивания проростков на свету											
			2-ые			4-ые			6-ые			8-ые		
			мкг г.св.в.	Л+В	%	мкг г.св.в.	Л+В	%	мкг г.св.в.	Л+В	%	мкг г.св.в.	Л+В	%
40 Вт/м ²	ДС-40	Л	59	101	58	76	146	52	100	185	55	100	177	57
		В	42		42	70		48	85		45	77		43
	БС-40	Л	58	96	60	43	72	66	85	140	60	78	122	67
		В	38		40	29		40	55		40	44		33
280 Вт/м ²	ДС-40	Л	77	144	51	77	149	51	78	153	51	100	185	54
		В	70		49	72		49	75		49	85		46
	БС-40	Л	80	140	60	90	142	61	78	128	61	88	128	68
		В	60		40	52		39	50		39	40		32
720 Вт/м ²	ДС-40	Л	56	106	53	79	156	51	116	201	58	120	220	54
		В	50		47	77		49	85		42	100		46
	БС-40	Л	48	78	62	74	128	59	114	169	61	120	189	71
		В	30		38	54		41	55		39	69		29

Таблица 5

Прочность связи хлорофилла с белком в зависимости от типов ламп и интенсивности света (содержание хлорофилла в мкг/г св.веса)

Интенсивность освещения		Дневной свет				Белый свет			
		2-день	4-день	6-день	8-день	2-день	4-день	6-день	8-день
40 ватт	Хлорофилл	-	720	1105	1250	-	540	1000	1100
	% не извлекаемости п/э (термостабиль- ность)	-	50	55	55	-	35	40	55
	% изв. п/э	-	50	45	45	-	65	60	45
280 ватт	Хлорофилл	700	850	1000	-	620	700	950	-
	% не извлекаемости п/э (термостабиль- ность)	50	55	60	-	40	45	35	-
	% изв. п/э	50	45	40	-	60	55	45	-
720 ватт	Хлорофилл	700	1200	1350	1450	580	1100	1250	1200
	% не извлекаемости п/э (термостабиль- ность)	40	70	65	65	40	45	55	55
	% изв. п/э	60	30	35	35	60	55	45	45

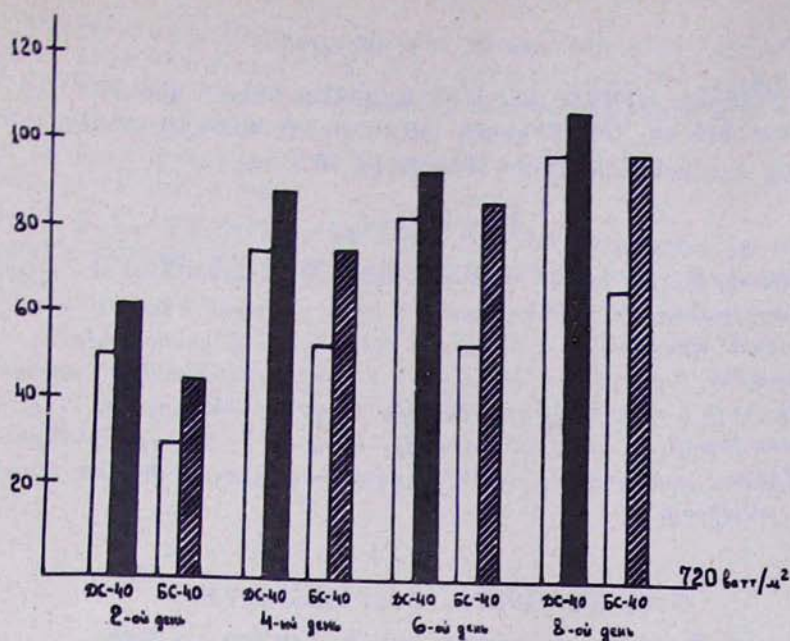


Рис. 3. Соотношение световых и темновых количеств виолаксантина: светлые столбики отражают количество виолаксантина в проростках сразу же после освещения лампами дневного и белого света; темные столбики — количество виолаксантина в листьях после темноты (предварительно освещенных лампами "ДС-40"); заштрихованные столбики — количество виолаксантина в листьях после темноты (предварительно освещенных лампами "БС-40").

Извлекаемость хлорофилла петролевым эфиром во всех вариантах опыта высокая, что связано с молодым возрастом растений. Четкой разницы между вариантами в извлекаемости хлорофилла петролевым эфиром не обнаружено.

Наблюдается некоторая тенденция усиления прочности связи хлорофилла с белково-липоидным комплексом при увеличении интенсивности освещения обеими лампами, а также повышенной термостабильности пигментного комплекса в листьях, освещаемых дневным светом (ДС-40).

Обобщая полученные результаты можно сказать, что оптимальными условиями выращивания витаминизированной биомассы для подкормки животных (по наибольшему накоплению таких физиологически активных веществ как провитамин А, витамин С и хлорофилл) можно считать 6-ой и иногда 8-ой день выращивания проростков при интенсивности освещения в 720 Вт/м².

Освещение люминесцентными лампами дневного света (ДС-40) несколько эффективнее сказывается на синтезе β -каротина, аскорбиновой кислоты и хлорофиллов, а также прочности связи пигментного комплекса, чем лампами БС.

ԱՐԶԵՍՏԱԿԱՆ ԿԼԻՄԱՅԻ ԽՑԻԿՈՒՄ ԱՃՅՑՎԱՆ ԿԱՆԱԶ ԿԵՐՈՒՄ
ՊԻԳՄԵՆՏՆԵՐԻ ԵՎ ՎԻՏԱՄԻՆՆԵՐԻ ԿՈՒՏԱԿՈՒՄԸ՝ ԿԱԽՎԱՆ ԼՈՒՅՍԻ
ԻՆՏԵՆՍԻՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ՈՐԱԿԻՑ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրվել է փակ հիդրոպոնիկական պայմաններում լույսի տարբեր աղբյուրների և ինտենսիվության տակ աճեցված կանաչ կերում կանաչ և դեղին պիգմենտների, ինչպես և վիտամին C-ի կուտակումը:

Պրովիտամին A-ի, վիտամին C-ի և կանաչ պիգմենտների առավել կուտակումը տեղի է ունեցել ծլերի աճեցման 6-րդ, երբեմն 8-րդ օրը՝ 1 ք. մ 720 վտ լուսավորության դեպքում: Նկատվել է, որ «ԴՄ-40» լյումինիսցենտային լամպերով լուսավորումը համեմատաբար ավելի արդյունավետ է քան «ԲՄ-40» լամպերով:

N.V. BAZHANOVA, O.B. GASPARYAN

ACCUMULATION OF PIGMENTS AND VITAMINS IN THE
GREEN FODDER GROWN IN A VEGETATION CAMERA DEPENDING
ON THE INTENSIVITY AND QUALITY OF LIGHT.

S u m m a r y

The maximum accumulation of provitamin A, vitamin C and green pigments is taking place on the 6th and at times 8th day of the growth of shoots under an illumination intensity of 720 wat per 1 sq.m. The illumination with the "DS-40" luminiscent lamps has shown to be comparatively more efficient, than with those of the "BS-40".

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Бажанова, О. Б. Гаспарян, Д. А. Оганесян. Некоторые данные, характеризующие пигментный аппарат проростков кукурузы, выращенной в камере искусственного климата, для зеленой подкормки животных. "Сообщения № 7 Ин-та агрохим. проблем и гидропоники АН Арм.ССР", стр. 69, 1967.
2. М. А. Бабаханян, О. Б. Гаспарян, Р. А. Сарксян. Содержание витаминов в зеленой массе кукурузы, выращиваемой в камере искусственного климата. "Сообщения № 7 Ин-та агрохим. проблем и гидропоники АН Арм.ССР", стр. 80, 1967.
3. М. А. Бабаханян, В. И. Акопян, С. Т. Ахвердов. Об эффективности подкормки бройлеров злаковой травой, выращиваемой в гидропонических камерах. "Сообщения № 12 Ин-та агрохим. проблем и гидропоники АН Арм.ССР", стр. 60, 1972.

4. А.Ф.Клешнин. Растение и свет, изд-во АН СССР, стр. 83, 1954.
5. Д. И. Сапожников, Н. В. Бажанова, Т. Г. Маслова, И. А. Попова и др. Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследования. АН СССР, 120 стр. 1964.
6. А. В. Петербургский. Практикум по агрономической химии. Изд-во "Колос", 1968.
7. Frank S.K. The effectiveness of the spectrum in chlorophyll formation. Jour gen.physiology. 29, N 3, p.157, 1946.