

БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

А. Б. ОГАНЕСЯН

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ КАРОТИНА У НЕСКОЛЬКИХ
ВИДОВ КОСТРА

Питательная ценность кормов в значительной мере определяется содержанием в них витаминов и провитаминов, являющихся необходимой составной частью в полноценном кормовом рационе сельскохозяйственных животных. При этом, особенно большое значение имеет для животных витамин А. Наличие последнего в кормах, как известно, предупреждает появление различных заболеваний скота, стимулирует репродукцию, рост, нормальное развитие животного и является средством витаминного обогащения вырабатываемых им продуктов.

Исходным веществом для образования витамина А является каротин (провитамин А), единственным полноценным источником которого являются растительные корма (в виде свежей травы, сена и силоса).

Исследованиями ряда авторов [2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14, 22] установлено, что содержание каротина в растениях находится в большой зависимости от фазы их вегетации, от условий местообитания, способов сушки, переработки, хранения и других факторов. Однако работ, дающих полное представление о причинах и характере колебаний содержания каротина у отдельных видов растений в зависимости от воздействия всего комплекса климатических почвенно-ценотических условий произрастания, видовых особенностей и т. д., очень мало и вопросы эти нуждаются в более глубоком изучении.

В настоящей работе изложены результаты исследований над динамикой накопления каротина в надземных частях (листьях и стеблях) у четырех, более или менее распространенных в условиях Армении, видов костра (*Bromus variegatus*, *B. riparius*, *B. inermis* и *B. arvensis*) по фазам вегетации в зависимости от высоты местности над уровнем моря и режима освещения.

Виды костра обильно развиваются почти во всех районах Армении, начиная с Араратской равнины до субальпийской и альпийской зоны. Почти все они имеют то или иное кормовое значение. Некоторые же из них (*Bromus variegatus*, *B. riparius*, *B. inermis* и др.) обла-

дают сравнительно более высокими кормовыми достоинствами как по содержанию белков, углеводов и элементов минерального питания [1,13], так и по содержанию каротина. Не редки и случаи, когда отдельные виды костра становятся преобладающим растением в травостое некоторых участков субальпийских лугов и урожай данного участка луга определяется в основном урожаем костра [17,18]. Особенно широко распространены костровые луга с преобладанием костра пестрого. Они встречаются почти во всех горных массивах и имеют значительный вес в общем запасе естественных кормовых ресурсах республики. Кроме того костер пестрый часто встречается и на высокогорных скалах, где он наряду с другими компонентами высокогорной флоры способствует задернению скал. Несмотря на все это до сих пор мы не имеем всестороннего изучения кормовых достоинств видов костра в конкретных условиях нашей республики под воздействием различных факторов среды. С этой точки зрения данное исследование может быть полезным в деле уточнения сроков наиболее эффективного использования костровых лугов, в период наибольшего содержания каротина в растениях.

Исследования проводились в течение 1953—55 годов. Пробы для анализов брались с участков, находящихся на различных высотах над уровнем моря, в окрестностях села Семеновки (2100 м), Севанского ботанического сада (1900 м), Дендропарка „Сосняки“ села Гюлакарак, Степанаванского района с местностей, так называемых, „Зыкырки“ и „Чханц-Тала“ (1500 м) и города Еревана (около 1000 м). Причем, 3 вида костра—костер пестрый (*Bromus variegatus*), костер береговой (*B. girgicus*) и костер безостый (*B. inermis*) были собраны с окрестностей первых трех местностей (Семеновка, Севан, Дендропарк „Сосняки“), а костер полевой (*B. arvensis*)—с последних трех местностей (т. е. Севан, Дендропарк „Сосняки“ и окрестностей Еревана). Пробы брались в продолжение всего вегетационного периода в фазах кущения, колошения, начала цветения, полного цветения и плодоношения. Собранный материал непосредственно высушивался в термостате при температуре 60—65°С. Сушка продолжалась всего четыре часа и засушенные растения довольно хорошо сохраняли естественный цвет. Через 5—6 дней после засушки растений определялось в них содержание каротина. Количественное определение каротина производилось по упрощенному методу Мурри [19] с предварительным извлечением и отделением каротина от других растительных пигментов методом избирательной адсорбции. В качестве адсорбента была взята окись магния. Навеска бралась в один гр.*

Для более полного выявления хода накопления каротина в изучаемых растениях, он определялся не только в растениях, собран-

* Определение каротина производилось химиком П. С. Чуркиным в лаборатории кормодобывания Института животноводства.

ных с упомянутых выше участков естественных кормовых угодий, но и в растениях, выращенных на опытных участках из семян, собранных в вышеприведенных местностях. Такие опытные участки мы имели в трех пунктах: в Севанском ботаническом саду, Гюлькарарском Дендропарке „Сосняки“ и на участке биологического факультета Ереванского Государственного университета им. В. М. Мологова в Ереване.

Для изучения влияния продолжительности освещения на динамику накопления каротина в наших объектах семена изучаемых видов костра специально выращивались в вазонах, причем опыты ставились в трех вариантах. Первый вариант выращивался в нормальных условиях ереванского дня (13—14 час.), второй вариант получал круглосуточное освещение, а третий — выращивался при укороченном (8-ми часовом) дне. В каждом варианте для каждого отдельного вида брали по 6 вазонов, таким образом влияние продолжительности дня на каждый отдельный вид костра изучался нами в 18 вазонах. Сбор, сушка и подготовка материала для определения в них каротина производились тем же способом, о чем было уже сказано выше, для растений, собранных с естественных кормовых угодий.

Основные результаты наших исследований, в среднем по трем повторностям представлены ниже в таблицах и на кривых.

Результаты исследования показали, что колебания количественного содержания каротина в листьях костра тесно связано с видовыми особенностями растений. Так, во всех случаях, при прочих равных условиях наибольшее содержание каротина было обнаружено у костра пестрого (*B. variegatus*), а наименьшее — у однолетнего костра полевого (*B. arvensis*). Остальные же два вида костра (*B. inermis* и *B. girgicus*) в этом отношении занимали промежуточное положение (см. табл. 1 и рис. 1).

Динамика накопления каротина по фазам вегетации в листьях у различных растений изучалась многими авторами. По данным одних авторов [10, 20] максимальное количество каротина накапливается в фазе начала цветения растения, причем накопление каротина начиная с проростков до начала цветения идет по восходящей кривой. Затем содержание каротина начинает уменьшаться и уже в фазе плодоношения достигает минимальных размеров.

По данным же других авторов [23, 24] максимальное количество содержания каротина бывает в начальных фазах развития растения, а именно в фазе кущения, после чего замечаются постепенные незначительные уменьшения каротина, а более резкое уменьшение начинается с фазы полного цветения. В итоге независимо от характера накопления каротина, (постепенным нарастанием или убыванием), до фазы начала цветения, начиная с фазы полного цветения в обоих случаях содержание каротина резко снижается. Очевидно, это закономерное явление и связано с особенностями физиологических процессов

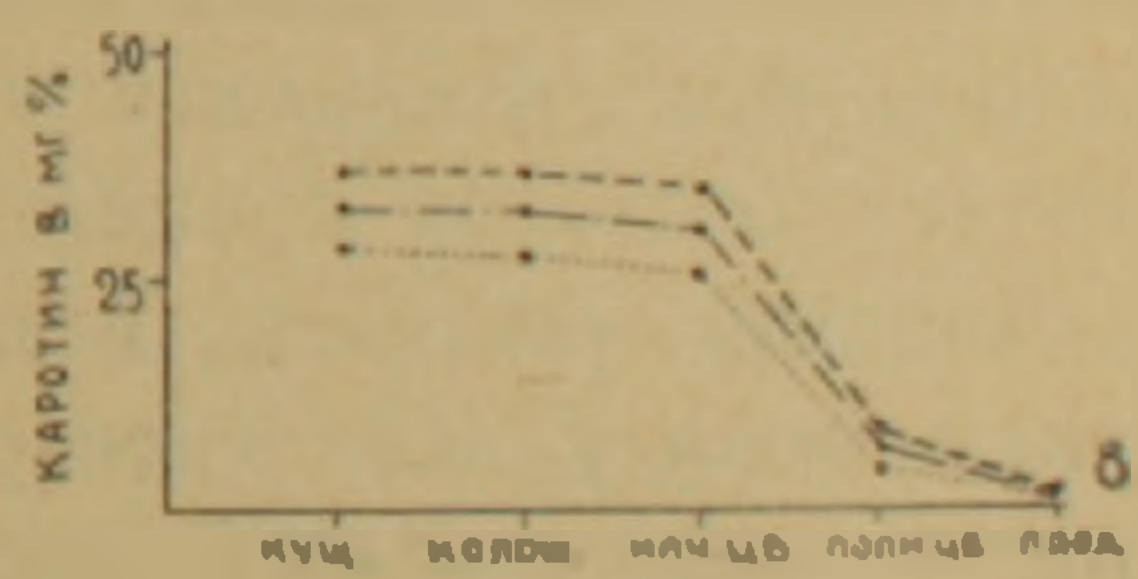
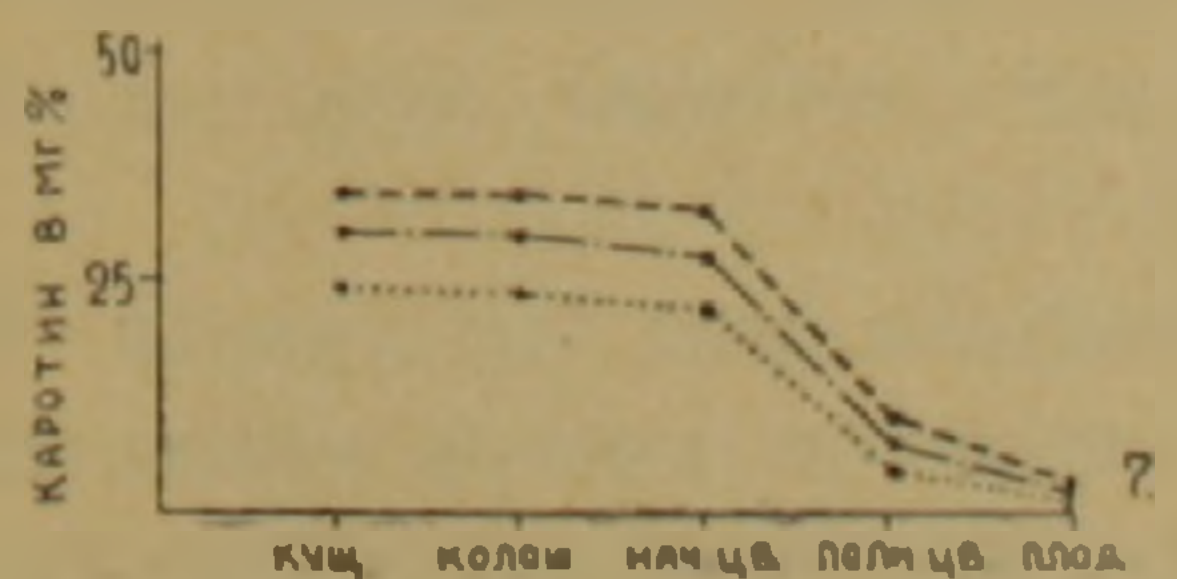
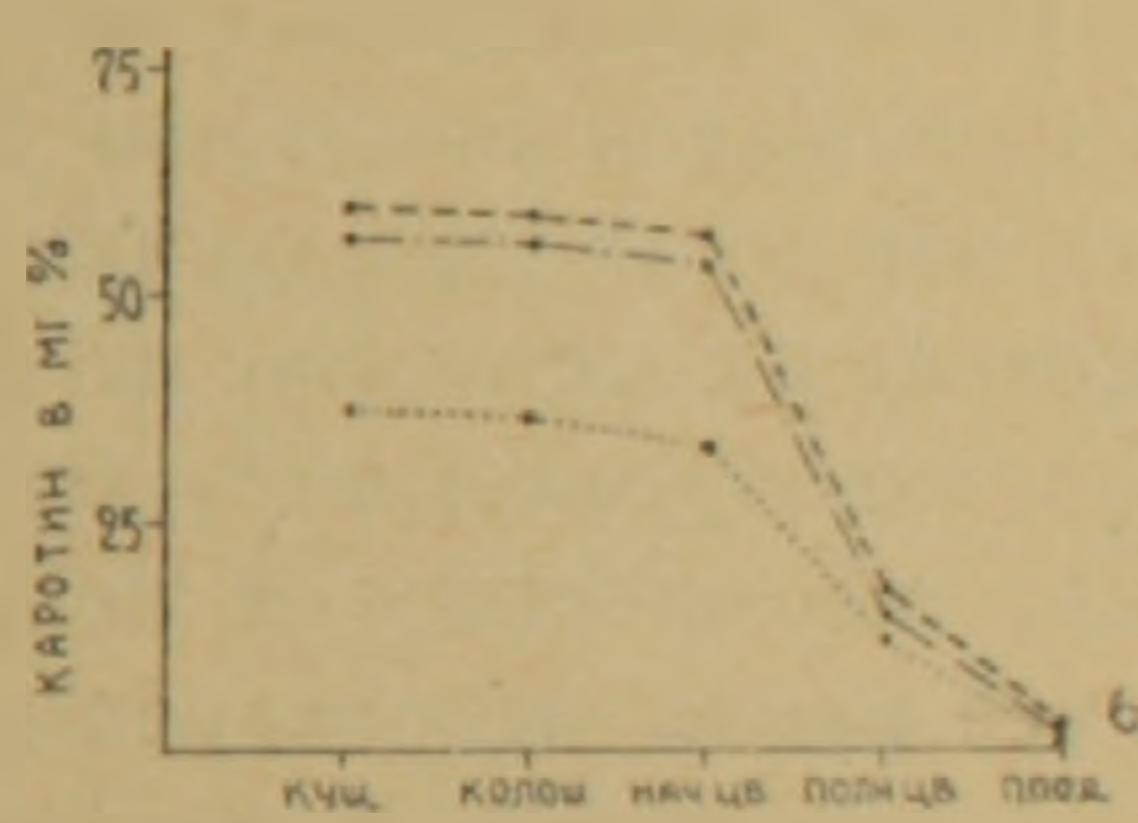
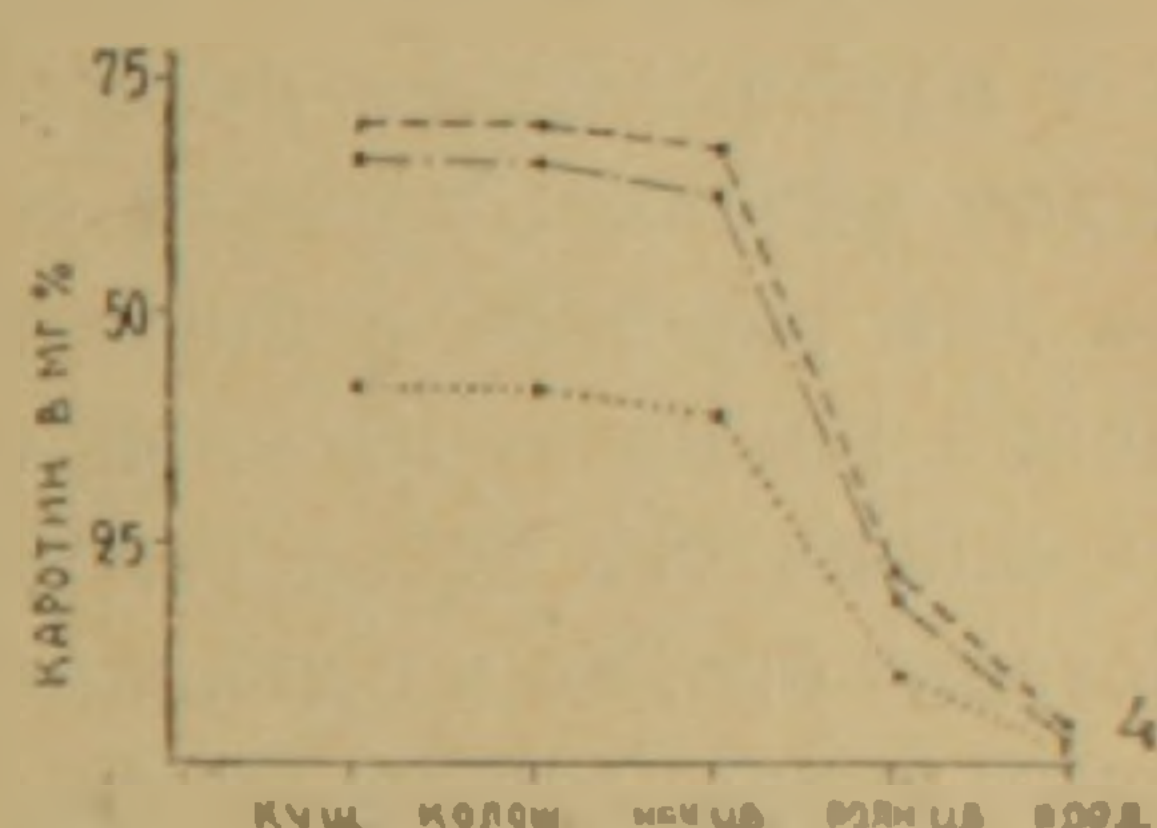
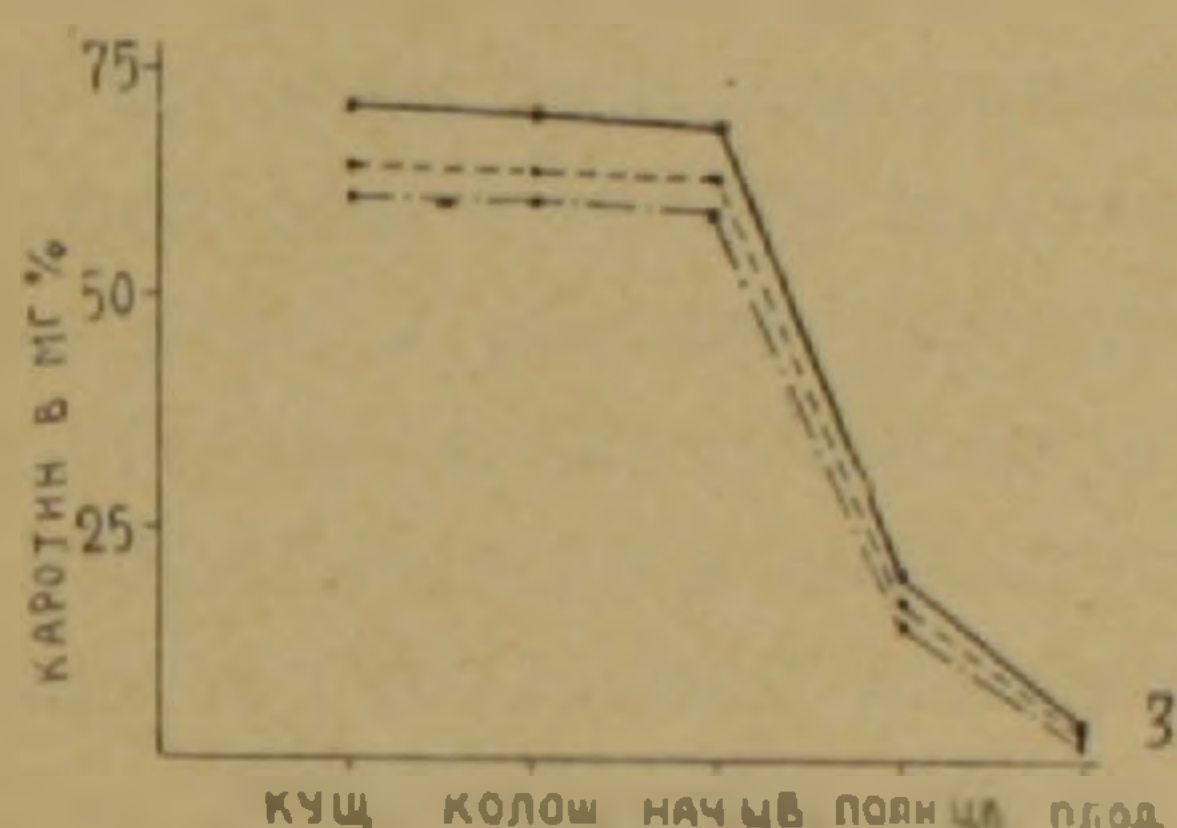
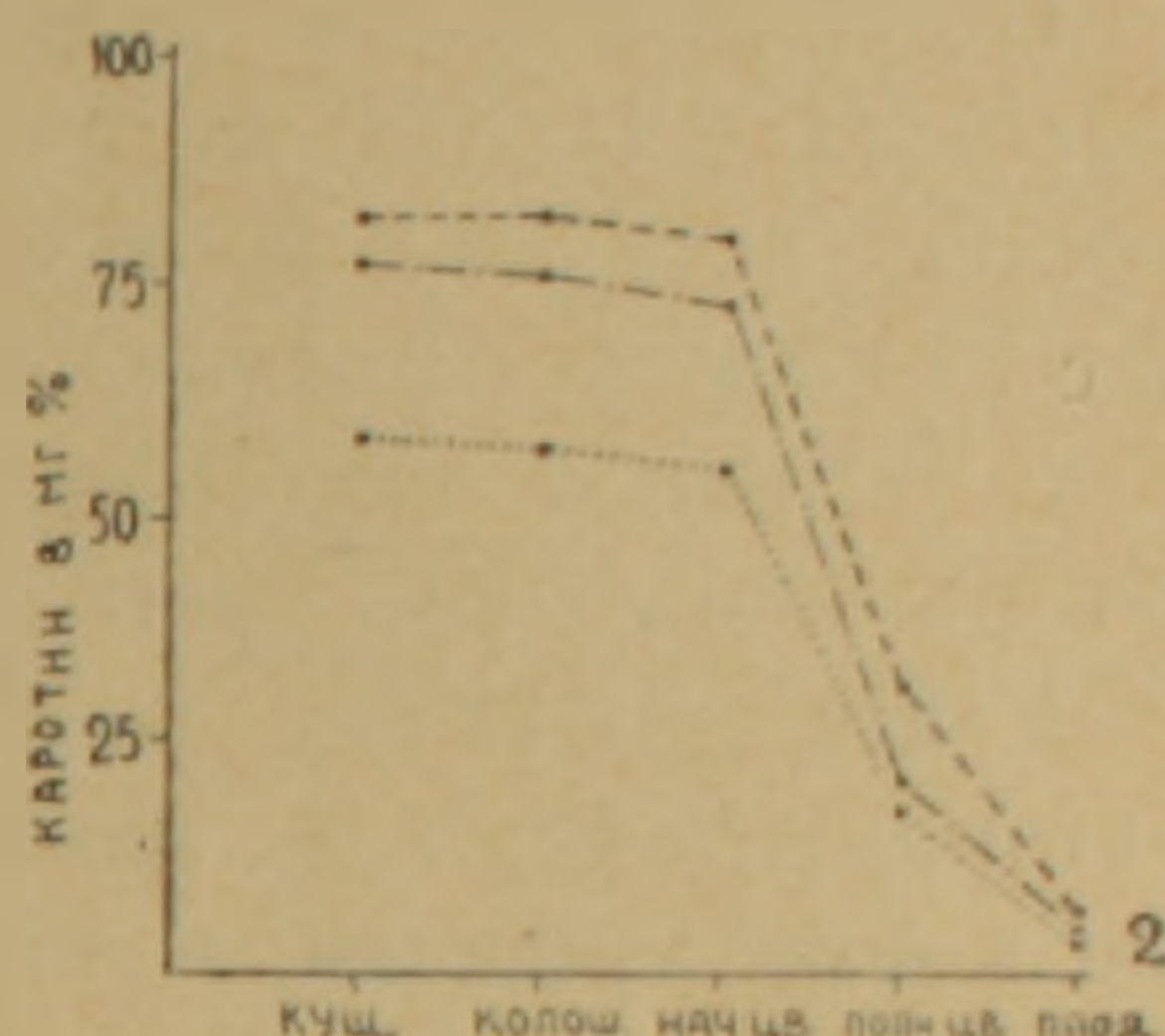
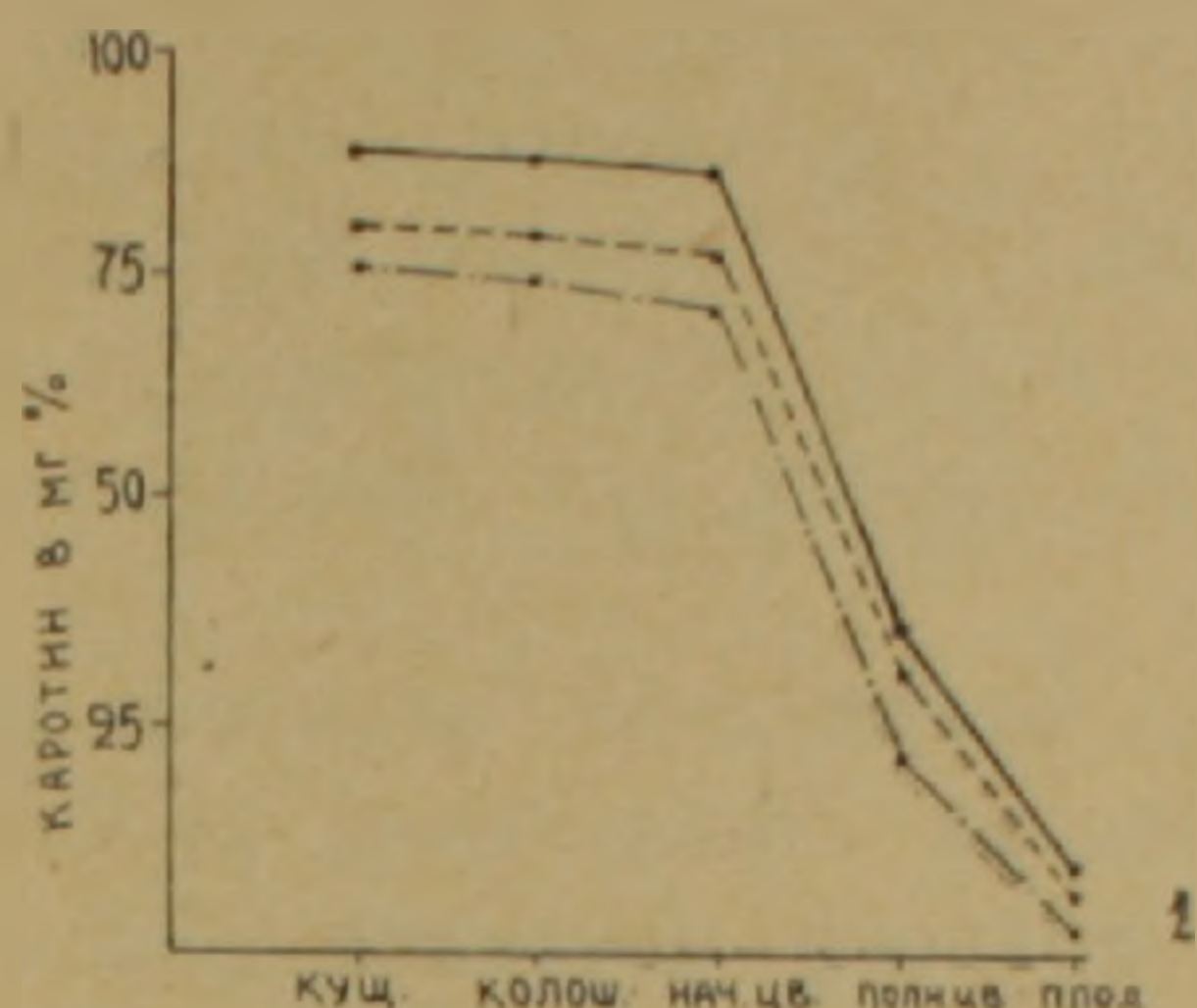
Таблица 1

Динамика содержания каротина у некоторых видов костра в зависимости от высоты местности и условий произрастания по фазам вегетации.

Растения	Место взятия пробы в естест- венных условиях	Фаза развития					Место нахождения опытного участка	Фаза развития					
		кушение	колошение	начало цветения	полное цветение	плодоноше- ние		кушение	колошение	начало цветения	полное цветение	плодоноше- ние	
		каротин в МГ ‰‰‰							Каротин в МГ ‰‰‰				
Костер пестрый	Семеновка (2100м над уровн. моря)	84,3	84,0	83,0	38,1	9,0	Севан	81,0	81,0	80,0	32,6	5,4	
	Севан (1900 м.)	78,7	78,0	76,6	32,5	6,1	Дендропарк „Сос- няки“	77,0	76,2	74,2	23,5	4,9	
	Дендропарк „Сос- няки“ (1500 м.)	74,3	73,8	72,2	23,0	2,1	Ереван	59,3	59,0	58,0	19,0	2,4	
							Севан	70,0	70,0	67,1	23,0	2,6	
Костер береговой	Семеновка	71,1	70,2	69,0	19,5	2,0	Днедропарк „Сос- няки“	67,5	67,0	63,4	21,2	2,1	
	Севан	67,5	67,0	66,0	17,9	1,7	Ереван	41,0	41,0	38,7	11,4	1,6	
	Дендропарк „Сос- няки“	64,6	64,0	63,0	16,3	1,3							
							Севан	60,4	60,0	58,0	17,3	2,0	
Костер безостый	Семеновка	61,9	61,0	60,0	17,8	2,1	Днедропарк „Сос- няки“	57,6	57,0	55,1	15,0	1,3	
	Севан	57,5	57,0	54,9	17,0	2,0	Ереван	38,1	37,2	35,3	12,1	0,7	
	Дендропарк „Сос- няки“	55,7	55,0	53,3	16,9	1,2							
							Севан	36,2	36,0	34,3	10,5	1,2	
Костер полевой	Севан	34,0	34,0	32,1	11,2	2,0	Дендропарк „Сос- няки“	33,1	33,1	31,2	9,6	1,0	
	Дендропарк „Сос- няки“	30,2	30,0	28,2	9,0	1,3	Ереван	28,2	28,0	25,9	7,8	0,4	
	Ереван (1000 м.)	24,4	24,0	22,0	7,3	0,2							

Естественные условия

Условия кустарника



Условные обозначения

- Семеновка
- - - Севан
- Дендропарк "Сосняки"
- Ереван

Рис. 1. Динамика накопления каротина у некоторых видов костра в зависимости от высоты местности и условий произрастания по фазам вегетации. 1 и 2 — костер пестрый. 3 и 4 — костер береговой. 5 и 6 — костер безостый. 7 и 8 — костер полевой

у растений в отдельных фазах его развития. Оно наблюдалось и у исследованных нами видов костра.

Несколько иным представлен ход накопления каротина К. Е. Овчаровым [21]. По данным этого автора уменьшение содержания каротина, начиная с фазы цветения, протекает не резким снижением, а постепенно по нисходящей кривой. Это можно объяснить различиями в условиях постановки опытов и видовыми или индивидуальными особенностями растений.

У исследованных нами видов костра накопление каротина шло по второму типу, т. е. наибольшее количество содержания каротина было в фазе кущения, а начиная с фазы полного цветения накопление каротина резко снизилось.

Резкое снижение содержания каротина в фазах полного цветения и плодоношения костров нельзя рассматривать, как простое возрастное явление; каротин со всей очевидностью играет более важную роль для растения в период его генеративного развития, в деле обеспечения нормального процесса цветения и плодоношения и уменьшение содержания его тесно связано не только со снижением интенсивности образования его, но и с изменениями всех жизненных процессов растения в данный период, в том числе и с процессом корнеотдачи в почву растением элементов минерального питания к концу вегетационного периода.

Наше предположение о связи уменьшения каротина с процессом цветения и плодоношения растений, находит свое подтверждение в том, что когда мы удаляли соцветия костра и не дали ему цвести, то колебания в содержании каротина были почти незаметны. Кроме того не обнаружено заметного уменьшения в содержании каротина и у растений, выращенных на непрерывном свете, которые в течение двух лет все время находились в фазе вегетативного развития и не перешли в генеративную фазу (табл. 2). В пользу этого можно привести и указание В. Р. Вильямса о том, что на акт цветения затрачивается растением большой процент витаминов [4].

Данные анализов показали, что с повышением местности над уровнем моря у всех исследованных нами видов костра накопление каротина увеличивается (табл. 1 и рис. 1). Это, безусловно, связано с изменениями всего комплекса почвенно-климатических условий произрастания растений с высотой местности. С изменением высоты необходимо учесть и изменения метеорологических условий, температурного, светового режима, структуры почвы, характера минерального питания и т. д. Эти факторы среды, как показали экспериментальные исследования ряда ученых [12, 14, 15, 26] имеют специфическое влияние на характер обмена веществ, окислительно-восстановительных процессов и фотосинтез растительных организмов, в конечном счете и на синтез каротина, являющегося результатом жизнедеятельности растения. В пользу этого говорят и результаты наших анализов, показывающие постепенный рост содержания каротина с высотой местности (табл. 1 и рис. 1).

Общеизвестно, что образование каротина в листьях растений возможно лишь при участии света [11, 13, 16, 25]. Что же касается влияния продолжительности освещения на накопление каротина, то, основываясь на предварительных данных наших опытов, в общем можно сказать, что удлинение продолжительности освещения увеличивает накопление каротина, а укорочение, наоборот, отрицательно влияет на ход накопления и снижает содержание его в растениях (табл. 2,3 и рис. 2). При этом необходимо учесть, что изменение

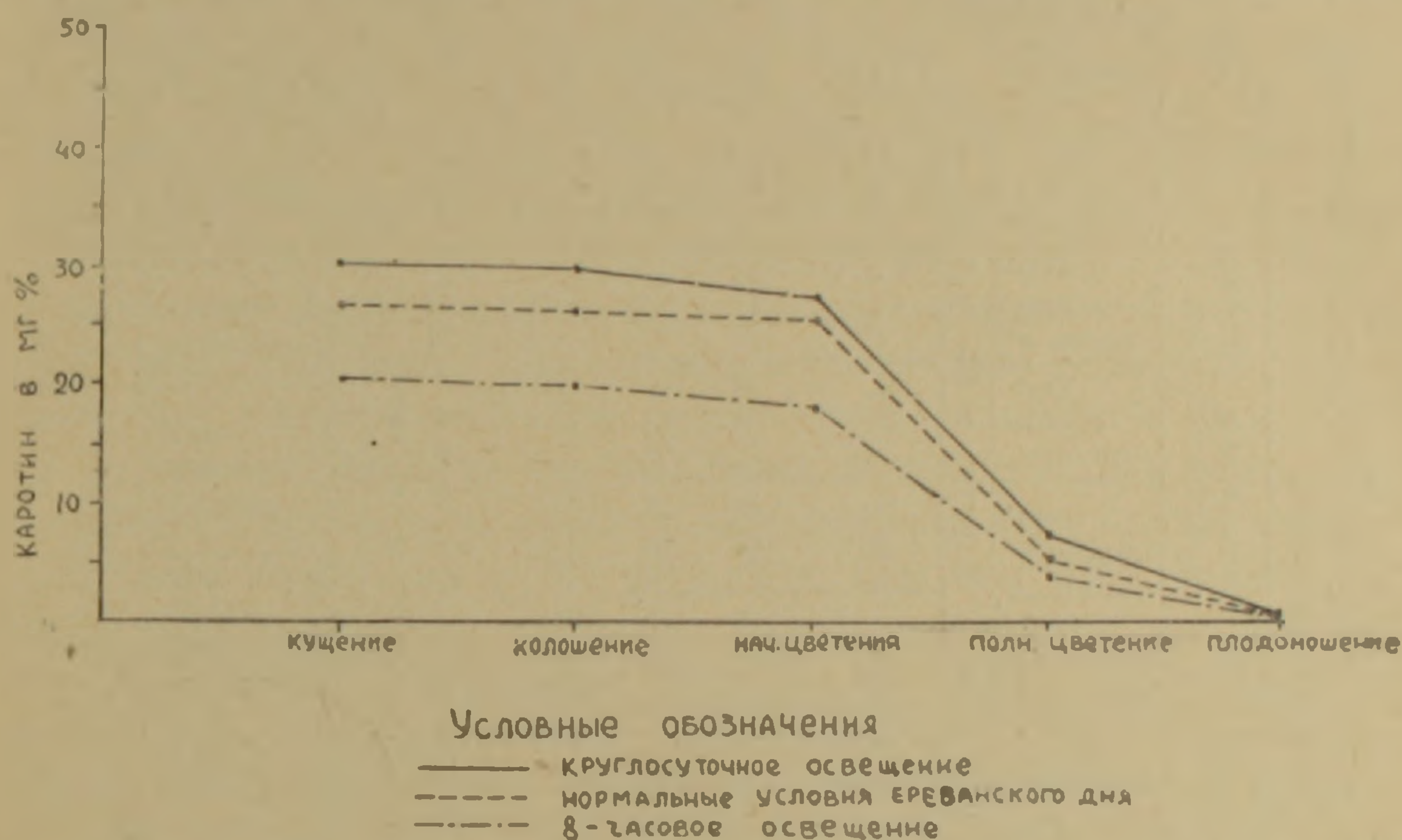


Рис. 2. Динамика накопления каротина у костра полевого в зависимости от продолжительности освещения по фазам вегетации.

(увеличение или уменьшение) содержания каротина под влиянием продолжительности освещения, как показали опыты С. И. Лебедева с элодеей [15], тесно связано и изменениями температурных условий, в которых выращивается растение.

К сожалению, нам не удалось проследить динамику накопления каротина по фазам вегетации при непрерывном освещении у всех исследованных нами видов костра, так как в этих условиях виды *B. variegatus*, *B. girardii* и *B. inermis* в течение 2-х лет оставались в фазе вегетативного развития, давали лишь вегетативные побеги, которые не зацвели и не плодоносили, в то время, как в нормальных условиях ереванского дня и при укороченном восьмичасовом освещении все три вида костра как на участке, так и в вазонах в первый же год посева к началу июля зацвели и плодоносили. Исключение представлял лишь однолетний костер полевой (*B. arvensis*). Почти все экземпляры его при круглосуточном освещении, также как и в нормальных условиях ереванского дня, в первый же год закончили свой полный цикл развития, плодоносили и к концу июля засохли. В условиях же укороченного дня при восьмичасовом освещении, костер полевой вел себя как многолетник. Он зацвел лишь на второй год посева, а вегетация его продолжалась и после плодоноше-

Т а б л и ц а 2

Динамика содержания каротина у некоторых видов костра в зависимости от продолжительности освещения по фазам вегетации

Растения	Круглосуточное освещение *)					Нормальные условия ереванского дня					8-ми часовое освещение				
	20/V	15/VI	25/VI	15/VII	30/VII	кущение	колоше- ние	начало цвете- ния	полное цвете- ние	плодо- ноше- ние	кущение	колоше- ние	начало цвете- ния	полное цвете- ние	плодоно- шение
	Каротин в МГ ‰					Каротин в МГ ‰					Каротин в МГ ‰				
Костер пестрый	64,4	64,4	64,1	64,0	64,0	59,0	59,0	57,1	17,1	2,1	52,1	52,0	50,0	13,0	1,1
Костер береговой	50,2	50,2	50,0	50,0	50,0	40,8	40,5	39,0	12,0	1,5	35,6	34,9	32,2	7,3	0,7
Костер безостый	43,5	43,2	43,2	43,0	43,1	33,0	38,0	34,3	11,9	0,9	33,7	32,1	30,0	7,1	0,5

*) При круглосуточном освещении растения не цвели и не плодоносили.

Т а б л и ц а 3

Динамика содержания каротина у костра полевого (*B. arvensis*) в зависимости от продолжительности освещения по фазам вегетации

Круглосуточное освещение					Нормальные условия ереванского дня					8-ми часовое освещение				
кущение	колоше- ние	начало цветения	полное цвете- ние	плодоно- шение	кущение	колоше- ние	начало цвете- ния	полное цвете- ние	плодоно- шение	кущение	колоше- ние	начало цвете- ния	полное цвете- ние	плодо- ношение
Каротин в МГ ‰					Каротин в МГ ‰					Каротин в МГ ‰				
30,1	30,0	28,3	8,1	0,4	27,0	26,5	25,6	7,5	0,2	20,5	20,0	18,1	5,0	0,1

ния. Такое различие в поведении костра полевого при разной продолжительности освещения по сравнению с остальными видами исследованных нами костров может быть объяснено индивидуальными биолого-экологическими особенностями данного вида. Костер полевой более светолюбивое ксерофитное растение. В природе вид этот приурочен к более открытым освещенным местообитаниям и, вероятно поэтому, круглосуточное освещение ускорило его развитие, а затенение, укорочение дня, наоборот, затормозило его развитие и растения зацвели лишь во второй год посева и то не все, некоторые остались в вегетативной фазе развития до наступления зимы второго года посева и перезимовали в вегетативном состоянии, как многолетники. Что же касается содержания каротина, то как видно из кривых и таблицы, у костра полевого при укороченном дне оно сильно снизилось, а в фазе плодоношения накопление каротина совсем приостановилось и поэтому в период плодоношения, как видно из таблицы и кривой, накопления каротина у костра полевого сведено почти на нет (табл. 3 и рис. 2).

Содержание каротина как по фазам вегетации, так и по месту произрастания при всех случаях у растений, выращенных на опытном участке было выше, чем у тех же видов, взятых с естественных кормовых угодий (табл. 1 и рис. 1). Это нам кажется следует объяснить более благоприятными условиями среды (водоснабжения почвы, минерального питания и т. д.) на опытных участках, чем у тех же растений в естественных условиях местопроизрастания. Считаем необходимым отметить и то, что содержание каротина у исследованных нами видов костра, по сравнению с литературными данными [1], по тем же самым видам было намного выше. Это, несомненно, следует считать результатом различных способов сушки. Из литературы известно, что на открытом воздухе под воздействием прямых солнечных лучей каротин легко окисляется и подвергается разрушению [6, 7, 8, 9]. Имея ввиду это обстоятельство сушка проб, как уже было сказано выше, производилась нами непосредственно после сбора растений в термостате в течение четырех часов. Этим нам удалось сберечь сравнительно большое количество каротина, имеющегося в свежей траве. Наши предположения находят свои подтверждения в исследованиях Е. М. Журавлева и Т. И. Мартинсона. По данным этих авторов сено многих трав, высушенное на ярком солнце, теряет до 80—90% первоначального количества содержания каротина [8].

Подытоживая данные, полученные по изучению динамики накопления каротина у видов костра, можно сказать следующее:

1. Количество накопления каротина, помимо других обстоятельств, тесно связано и с видовыми особенностями растения. В пользу этого говорит то, что во всех случаях, при прочих равных условиях, наибольшим содержанием каротина, в наших опытах отличался костер пестрый (*B. variegatus*), а наименьшим — костер полевой (*B. arvensis*). Остальные же два вида — костер береговой (*B. girgicus*) и костер без-

остый (*B. inermis*) по содержанию каротина занимали промежуточное место между первыми двумя видами.

2. Динамика накопления каротина у исследованных нами видов костра подвержена значительным колебаниям в зависимости от фазы развития растений.

Наибольшее содержание каротина бывает в фазе кущения, а наименьшее — в фазе плодоношения. Резкое снижение накопления каротина начинается с фазы полного цветения вследствие ослабления процесса синтеза каротина, что связано с изменениями особенностей жизненных процессов растений в данный период его развития и с обеспечением процесса плодоношения. Это подтверждается тем что, когда мы искусственно отодвигали фазу цветения, следовательно и плодоношения (удалением колосков, удлинением продолжительности освещения и т. д.), то уменьшений в содержании каротина не замечалось.

3. Кривая накопления количества каротина у всех исследованных нами четырех видов строго параллельна высоте местности над уровнем моря. С высотой местности у всех видов костра повышалось содержание каротина. Безусловно, это является результатом изменения комплекса почвенно-климатических условий местопроизрастания растений в том числе и изменении световых и температурных условий. Однако, вопрос окончательного разрешения и уточнения причины увеличения накопления каротина параллельно с повышением местности над уровнем моря, нуждается в более глубоком специальном изучении.

4. Предварительные данные наших исследований по изучению влияния продолжительности освещения на динамику накопления каротина показали, что у всех четырех видов костра удлинение продолжительности освещения заметно увеличивает накопление каротина, а укорочение дня — уменьшает. Одновременно следует отметить, что продолжительность освещения не одинаково отражается на развитии отдельных видов, что нельзя не учесть при изучении динамики накопления каротина у различных растений.

Данными наших исследований лишний раз подчеркивается значение изучения динамики накопления каротина у отдельных видов кормовых растений в конкретных условиях произрастания и по фазам вегетации для уточнения сроков наиболее эффективного использования их с точки зрения содержания каротина.

В заключение считаю своим приятным долгом отметить, что в процессе выполнения данной работы мы пользовались указаниями и консультацией члена-корр. Академии наук Армянской ССР М. А. Тер-Карапетяна, за что выражаю ему свою искреннюю благодарность.

Кафедра морфологии и систематики растений
Ереванского Гос. университета им. В. М. Молотова.

Поступило 15 II 1956 г.

Ա. Բ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ԿԱՐՈՏԻՆԻ ԿՈՒՏԱԿՄԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱՆ ՑՈՐՆՈՒԿԻ ՄԻ
ՔԱՆԻ ՏՆՍԱԿՆԵՐԻ ՄՈՏ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրելով ցորնուկի չորս տեսակների մոտ կարոտինի կուտակման դինամիկան ու նրա փոփոխումը վայրի բարձրություն և լույսի սեփիմի ազդեցության տակ ըստ վեգետացիոն ֆազերի, բնական պայմաններում և կուլտուրայում (փորձադաշտում աճեցրածների մոտ), հեղինակը հանգել է հետևյալին.

1. Կարոտինի քանակը և կուտակման դինամիկան կապված են ուսումնասիրվող բույսերի տեսակային առանձնահատկությունների հետ: Այն փոփոխվում է բույսի վեգետացիոն ֆազերի փոփոխման զուգընթաց, ըստ որում ցորնուկի ուսումնասիրված բոլոր տեսակների մոտ կարոտինի տոկոսն ավելի բարձր է վեգետացիայի սկզբնական՝ թփակալման և հասկալման ֆազերում: Ծաղկումից սկսած այն խիստ ընկնում է, և վեգետացիայի վերջում մնում են միայն կարոտինի հետքերը:

2. Վայրի բարձրացմանը զուգընթաց մեծանում է կարոտինի կուտակումը ցորնուկի ուսումնասիրված տեսակների մոտ: Հեղինակն այդ դիտում է որպես միջավայրի հողա-կլիմայական ողջ կոմպլեքսի փոփոխման արդյունք:

3. Լույսի սեփիմի ազդեցության ուսումնասիրման նախնական տրվյալների համաձայն լույսի տևողության երկարացումը մեծացնում է կարոտինի կուտակումն ուսումնասիրված բույսերի մոտ, իսկ նրա կրճատումը, ընդհակառակը, թուլացնում է կարոտինի սինթեզումը և իջեցնում նրա կուտակման տոկոսը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н. Г. Костер безостый и его агробиологические особенности. Труды Саратовского Зовет. института, т. 2, 1944.
2. Букин В. Н. Витамины, 1941.
3. Вильямс В. В. К вопросу образования каротиноидов (провитамина А) в растениях. Док. Московск. орд. Ленина С-Х Академии им. Б. А. Тимирязева, в. IV, 1946.
4. Вильямс В. Р. Запаси витамины для скота, только ранняя уборка дает полноценное сено. Совет. зоотех., 2, 1949.
5. Дьякова Е. Влияние условий питания на содержание каротина в кормовых травах. Докл. ВАСХНИЛ, в. 6, 1945.
6. Журавлев Е. М. Динамика накопления каротина (провитамина А) в кормовых травах и влияние различных способов сушки и продолжительности хранения на содержание каротина в сене. Тр. Всесоюзн. конференции по витаминам, 1940.
7. Журавлев Е. М., Голубенцова Ю. М. и Мартинсон Т. И. Содержание витамина А в растительных витаминносителях. Запис. Пушкин. Зоотех. лаборат. 20, 1939.
8. Журавлев Е. М. и Мартинсон Т. И. Влияние различных способов сушки

- на содержание витамина А (каротина) в кормовых травах. Проблемы живот. 12, 1937.
9. Журавлев Е. М. Яковлева Г. К. Влияние фазы развития кормовых трав и способов их сушки на содержание в сене питательных веществ и витаминов. Тр. Всесоюзн. Научн. Института кормления с-х животн., т. 1. 1950.
 10. Иванов Н. Н. Об источниках витаминов у растений. Сбор. посвящ. В. Л. Комарову, 1939.
 11. Иванов Н. Н. Изучение витаминов в растениеводстве. Проблема витаминов, 2 сборник, 1937.
 12. Кирсанова В. А. О содержании витамина С и каротина в люцерне Узбекской ССР, Биохимия, т. 9, в. 2—3, 1944.
 13. Ларин И. В., Агабабян Ш. М. и др. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР, т. 1, 1950.
 14. Лебедев С. И. Об изменениях содержания каротина в растении, ДАН СССР, т. 58, в. 1, 1947.
 15. Лебедев С. И. Физиологическая роль каротина в растении, 1953.
 16. Любименко В. Н. и Форш Т. Б. К вопросу о физиологической характеристике световых и теневых листьев, Изв. Научн. инстит. им. Лесгафта, т. 6, 1923.
 17. Магакьян А. К. Растительность Армянской ССР, 1941.
 18. Магакьян А. К. Обзор главнейших дикорастущих ценных кормовых растений сенокосов и пастбищ Армянской ССР, 1953.
 19. Мурри И. К. Химический метод определения каротина, изд. ВАСХНИЛ, 1935.
 20. Мурри И. К. Проблема витаминов в растениеводстве, Биохимия культ. раст., т. 8, 1948.
 21. Овчаров К. Е. Витамины в жизни растений, изд. АН СССР, 1935.
 22. Попандопуло П. Х. Содержание каротина в кормах СССР и потери при разных способах сушки. Тр. Всесоюзн. конференции по витаминам, 1940.
 23. Романов В. П. Содержание каротина (провитамина А) в кормовых растениях в различные стадии их роста. Тр. Всесоюзн. конф. по витаминам, 1940.
 24. Сидоров П. И. Динамика белка, каротина, кальция и фосфора в кормовых травах Юго-востока СССР по фазам вегетации. Автореферат на соискание уч. степени кандидата биологических наук, 1951.
 25. Шивирина А. Н. Динамика накопления витамина С и каротина в сортах моркови. Проблема витаминов, сборн. 2-й, 1937.
 26. Bernstein L., Hamner K. C. and Parks R. O. The Influence of Mineral Nutrition, Soil Fertility and Climate on Carotene and Ascorbic Acid Content of Turnip Greens, Plant Physiology, № 4, New-York, 1945.