

М. А. ТЕР-КАРАПЕТЯН, Л. А. ПЕТРОСЯН

БАЛАНС И ФОРМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ СЕРЫ У ОВЕЦ, ПОЛУЧАВШИХ СЕРНИСТЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Главные пути метаболизма серы и превращения разных видов серусодержащих соединений в организме животных хорошо изучены [1, 9, 10, 14, 18, 21, 22]. Однако в отношении путей превращения серусодержащих соединений на уровне преджелудков, а возможно, и других отделов пищеварительного тракта, в частности слепой кишки, жвачные животные значительно отличаются от однокамерных.

Создавшиеся в рубце условия симбиоза между высшим организмом и микрофлорой преджелудков, а также сложные взаимоотношения (симбиоз, антагонизм) между отдельными видами микроорганизмов определяют характер и направленность превращений серусодержащих соединений, поступающих в преджелудки в качестве как нормальных компонентов кормов, так и добавок к рациону.

Исследования последних лет показали восстановление сульфита, тиосульфата, сульфата и элементарной серы под воздействием определенных видов бактерий рубца с дальнейшим включением освобожденного ими сероводорода в синтез бактериального, возможно, и инфузорного белка [19, 20].

Усвояемость бактериальных белков, содержащих серу, была доказана у многих видов животных в отношении разных продуктов или соединений, синтезируемым животным, таких, как молоко, шерсть, кератин, моча и т. д. [14, 15].

Изучена до некоторой степени и взаимообусловленность путей обмена разных видов азотсодержащих и серусодержащих соединений у жвачных животных [2, 5, 6, 23] и др.

Наряду с этим, пути превращения и включения серы из неорганических соединений в обмен жвачных животных еще недостаточно выяснены. К таковым относятся интенсивность распада в преджелудках серусодержащих аминокислот, присутствующих в свободном состоянии или включенных в белки, распределение в организме сероводорода, образуемого в результате десульфурирования аминокислот или восстановления неорганических соединений серы разными представителями микрофлоры, в частности, доли сероводорода, оставшейся в газовом пространстве рубца, включаемой в микрофлору или всасываемой через стенку последнего. Неизвестно еще, имеет ли поступающий в эфферентные кровеносные сосуды стенки рубца сероводород определенное физиологическое значение для организма или является «отбросом» рубцового пищеварения, предназначенным для окисления и выделения [16].

Из отмеченных выше вопросов, подлежащих дальнейшей разработке, особый интерес представляют судьба сульфитной серы и зависимость превращения и выделения ее от уровня протеинового питания животного, или точнее от структуры азотсодержащих компонентов рациона.

Интерес к подробному изучению этих вопросов у жвачных животных обусловлен возможностями широкого применения сернистых препаратов в качестве реагентов для консервирования силосуемых кормов [7, 8, 11, 13].

Настоящая работа преследует цель изучить превращения, пути и формы выделения серы, а также баланс азота, кальция и фосфора у овец, получавших разные сернистые препараты в дозах, применяемых при консервировании сочных кормов.

Методика исследования. Для исследования превращений, а также путей и форм выделения сернистых препаратов нами проводились физиологические опыты по методу периодов (Томмэ. ВИЖ. 1955). Подопытными животными служили шесть голов валухов 1,5—2-годовалого возраста. На протяжении всего опыта животные получали в равном порядке рационы, указанные в табл. 1, 2. В течение балансовых опытов велся учет принятых кормов, остатков корма, кала и мочи. Взятие и хранение образцов для анализа проводились по общепринятой методике.

Нами применялись сернистые препараты — пиросульфит натрия и сернистый ангидрид, с расчета $= 2 \text{ г SO}_2$ на каждый килограмм силосуемого корма или готового силоса.

Первый опыт проводился в четырех последовательных периодах, где начальные и конечные периоды служили контрольными (они обозначены шифром I, II), а между ними располагались два опытных периода (обозначенные I, II). В опытном периоде, в отличие от контрольного, овцам, кроме основного рациона, ежедневно давалось по 1,5 г пиросульфита натрия (равного 506 мг сульфитной серы) в продолжение 65 дней. В начале и в конце дачи препарата ставился обменный опыт с 10-дневными периодами.

Второй опыт проводился в трех последовательных периодах, из которых первый был контрольным, два последующих — опытные (обозначенные I, II). В этом опыте 20% азота протеина рациона было заменено азотом мочевины. В первый опытный период обычный кукурузный силос был заменен кукурузным силосом, консервированным сернистым ангидридом, а во втором (с целью увеличения сульфитной серы) — в рацион прибавлялось 1,5 г пиросульфита натрия на голову в день.

В исследуемых образцах корма, кала и мочи проводились следующие анализы: общий азот — по микрометоду Кьельдаля, общая сера — методом Бенедикта-Дениса [4], сульфитная сера — по ГОСТ-у 5431—50, свободные и эфирные сульфаты (суммарно) — по Фолину, эфирная сера вычислялась по разности суммы свободных и эфирных сульфатов с неорганическими сульфатами, а нейтральная и органическая сера — по разности общей серы с суммой неорганических форм серы.

Экспериментальные результаты

1. Исходные данные для оценки баланса серы, азота, кальция и фосфора

Данные по химическому составу заданных кормов по принятым животными питательным веществам и выделенным через мочу и фекалии основных элементов приведены в табл. 1—4.

Таблица 1

Химический состав заданных кормов
Данные в % от абсолютно сухого вещества

Корма	Рацион	Сухое вещество	Протеин	Эфирный экстракт	Клетчатка	Зола	БЭВ	Сера	Са	Р
-------	--------	----------------	---------	------------------	-----------	------	-----	------	----	---

Опыт I 1964 г.

Сено	700	85,45	15,19	2,25	38,40	6,62	37,54	0,299	1,08	0,2
Силос	500	11,50	8,81	2,96	34,24	7,95	46,08	0,166	0,53	0,1
Комбикорм	250	88,58	20,06	2,16	8,80	4,39	64,59	0,343	0,531	0,6

Опыт II 1965 г.

Сено	1000	93,15	9,03	3,48	32,61	7,98	46,90	0,164	0,72	0,20
Силос	500	23,99	6,29	1,65	30,95	11,45	49,66	0,240	0,24	0,26
Силос консервированный	500	24,40	6,29	1,65	30,95	11,45	46,71	1,55	0,24	0,26
Комбикорм	100	87,30	25,31	1,99	8,62	4,94	59,16	0,384	3,26	0,42
Мочевина	8	100	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 2а

Питательные вещества рационов
Данные в граммах на одну голову

Питательные вещества	Опыт I (1964)	Опыт II (1965)
Сухие вещества	876,8	1147,5
Органические вещества	822,9	1052,2
Протеин	142,7	136,7
Жир (эфирный экстракт)	19,9	36,2
Клетчатка	268,6	385,3
Зола	53,9	95,3
Кальций	7,936	10,343
Фосфор	2,981	2,639

Изложенные в табл. 1—4 данные показывают, что применяемые дозы сернистых препаратов не снижают поедаемости рационов и не нарушают процессов пищеварения. Наоборот, в периоды приема метабисульфита и сернистого ангидрида несколько повышается переваримость протеина, клетчатки, БЭВ, кальция и фосфора.

Таблица 26

Серусодержащие компоненты рационов
Данные в граммах

Формы серы	Опыт I (1964) и периоды				Опыт II (1965) и периоды		
	I конт- рольный	Опытные		II конт- рольный	I конт- рольный	Опытные	
		I	II			I	II
$S(SO_3^-)$ свободная	—	0,506	0,506	—	—	0,040 ¹	0,546 ²
$S(SO_4^-)$ свободная	0,068	0,068	0,068	0,068	0,045	0,648 ³	0,648 ³
S общая	2,531	3,037	3,037	2,531	2,122	3,696	4,202

¹ Остаток от раствора $S(SO_2)$, примененного для консервирования.² Остаток в консервированном силосе (0,040), к которому прибавлен пиросульфид натрия (в расчете на $S(SO_2)$ — 0,546).³ Сумма свободных сульфатов исходного рациона [и сульфатов, образованных путем окисления раствора SO_2 , примененного как консервант.

Таблица 3

Количество и химический состав выделенных мочи и фекалий
Данные для мочи в г в 100 мл, для фекалий — в % от 100 г
абсолютно сухого вещества

Опыты и периоды	Суточное количество	Абс. влаж- ность	Протеин × 6,25	Эфирный экстракт	Клетчатка	БЭВ	Сера	Ca	P
Фекалии									
I контрольный	0,736	57,77	11,92	3,01	42,09	33,56	0,303	2,062	0,713
I опытный	0,731	58,81	11,27	3,02	41,63	34,54	0,332	2,129	0,723
II опытный	0,786	61,69	11,25	3,02	42,34	33,42	0,339	2,210	0,782
II контрольный	0,773	58,17	11,97	3,05	42,80	32,80	0,313	2,112	0,730
Контрольный	1,013	53,69	10,74	3,13	33,50	31,68	0,236	1,778	0,358
I опытный	1,053	56,00	10,35	2,82	33,49	42,53	0,318	1,722	0,352
II опытный	1,133	55,81	10,06	2,73	32,13	43,90	0,312	1,611	0,320
Моча									
I контрольный	1016	—	1,538	—	—	—	0,128	0,009	0,003
I опытный	1170	—	1,396	—	—	—	0,152	0,010	0,003
II опытный	1093	—	1,516	—	—	—	0,159	0,012	0,003
II контрольный	1028	—	1,599	—	—	—	0,124	0,008	0,003
Контрольный	726	—	1,422	—	—	—	0,072	0,030	0,002
I опытный	708	—	1,422	—	—	—	0,237	0,039	0,002
II опытный	618	—	1,623	—	—	—	0,352	0,060	0,002

2. Баланс основных питательных элементов

Данные по балансу общей серы, азота, кальция и фосфора приведены в табл. 5.

Таблица 4

Коэффициент переваримости основных компонентов рационов
Данные в ‰ от абсолютно сухого вещества принятых компонентов

Опыты и периоды		Протеин	Эфирный экстракт	Клетчатка	БЭВ	Сера	Са	Р
I 1964	I контрольный	72,50	51,30	47,12	48,52	60,28	10,73	19,47
	I опытный	74,60	47,70	49,23	51,43	64,54	11,71	20,50
	II опытный	75,61	53,01	50,91	53,40	65,52	13,67	19,61
	II контрольный	72,50	49,12	46,93	50,51	58,02	11,85	18,32
II 1965	Контрольный	62,21	59,79	54,61	63,60	46,60	19,10	33,52
	I опытный	65,01	63,80	55,31	63,50	59,40	22,81	38,11
	II опытный	65,20	64,40	56,30	60,72	64,81	26,10	42,80

Таблица 5

Баланс серы и азота
Среднесуточные данные от трех овец

Опыты и периоды		Получено с кор- мом	Выделено, г		Переварено, г	Отложено в орга- низме		
			в кале	в моче		г	в % от принятых	в % от пе- реваренных
Баланс серы								
I	I контрольный	2,464	0,978	1,270	1,486	0,216	8,79	14,53
	I опытный	2,988	1,047	1,741	1,944	0,200	6,70	10,30
	II опытный	2,987	1,027	1,746	1,960	0,214	7,19	10,91
	II контрольный	2,439	1,021	1,149	1,418	0,268	10,91	18,87
II	Контрольный	2,070	1,108	0,512	0,962	0,450	21,80	46,77
	I опытный	3,662	1,482	1,632	2,140	0,508	13,87	23,77
	II опытный	4,199	1,468	2,245	2,731	0,486	11,60	17,75

Полученные данные показывают, что в периоды приема сернистых препаратов в суточных дозах от 0,5 до 2,0 г отложение серы в организме овец заметно не повышается. Сернистая сера, внесенная в рацион, выделяется в малых количествах через кал, а в основном с мочой. Это свидетельствует о всасывании наибольшей части принятой сернистой серы.

В периоды приема сернистых препаратов баланс азота заметно не меняется: во всех случаях степень его выделения из организма не уси-

ливается, а наоборот, при одновременном применении мочевины и сульфита отложение азота несколько повышается.

В периоды приема вышеуказанных сернистых препаратов выделение фосфора как через мочу, так и через кал не подвергается заметным изменениям, выделение кальция с мочой несколько усиливается коррелятивно с принятой дозой сульфита. Последний эффект можно объяснить необходимостью организма нейтрализовать выделенный в свободном состоянии сульфат, являющийся основным продуктом окисления сульфита.

3. Превращения и пути выделения разных форм серы из организма

Данные по превращению и путям выделения различных форм серы из организма приведены в рис. 1, 2.

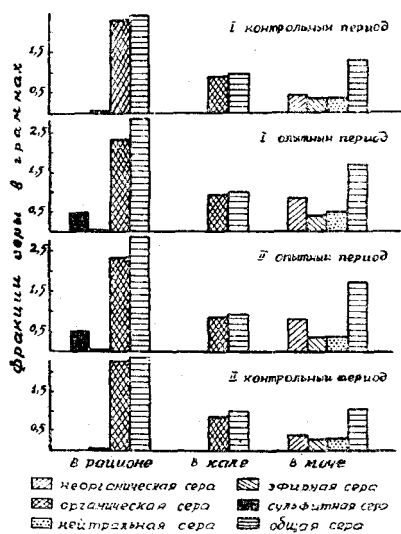


Рис. 1. Превращения серы пиросульфита в организме овец.

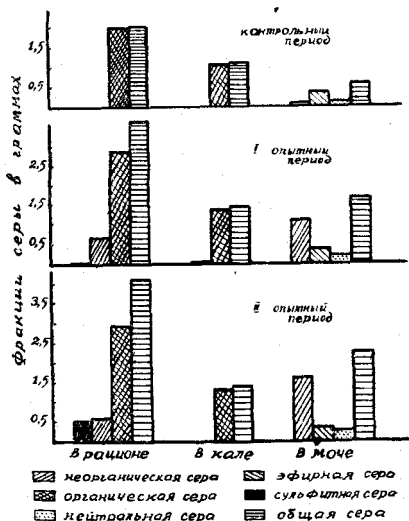


Рис. 2. Превращения серы сульфита в организме овец.

Сравнение различных форм серы, содержащихся в рационе и в выделениях, показывают, что во всех опытных вариантах заметных количеств сульфитной формы не обнаруживается ни в кале, ни в моче.

Сравнение данных опытных периодов показывает, что принятые свободные сульфаты кормов и (в опытах 1965 г.) сульфат, полученный за счет окисления сульфита, выделяются почти полностью через кал и мочу, в то время как принятая в виде пиросульфита сера (первый и второй опытные периоды 1964 г. и второй опытный период 1965 г.) и малые количества сульфитной серы (первый период 1965 г.) выделяются почти целиком через мочу в виде свободных сульфатов, а только следы — в виде эфирных сульфатов. Последний факт коррелирует с некоторым увеличением выделения кальция в периоды получения животными сернистых препаратов.

Мало действуют принятые сернистые соединения также на уровень «нейтральной» серы, некоторое повышение ее в опытных периодах является признаком включения сернистой серы в обмен этого элемента в организме.

Для изучения возможных путей превращения сульфитной серы в рубце были поставлены опыты по изучению связывания сернистой кислоты с компонентами рубца, а также динамики выделения сероводорода в последнем.

Связывание сернистой кислоты изучалось путем инкубирования 100 мл содержимого рубца с возрастающим количеством сернистой кислоты, которая связывается с содержимым рубца (рис. 3) вплоть до насыщения последнего; степень насыщения зависит в основном от компонентов рациона и других факторов.

Выделение сероводорода в рубце у животных, скормливаемых только контрольным рационом, а также после введения в рубец сернистой кислоты — 0,4—1,2 г $S(SO_3^-)$ — изучалось путем отбора проб содержимого рубца в разные сроки в течение суток — натощак и через 3, 6, 9 час. после скормливания. Повторные опыты (рис. 4) показали, что с первых же часов введения в рубец сернистой кислоты последняя подвергается восстановлению, в силу чего значительно повышается уровень образующегося в нормальных условиях сероводорода.

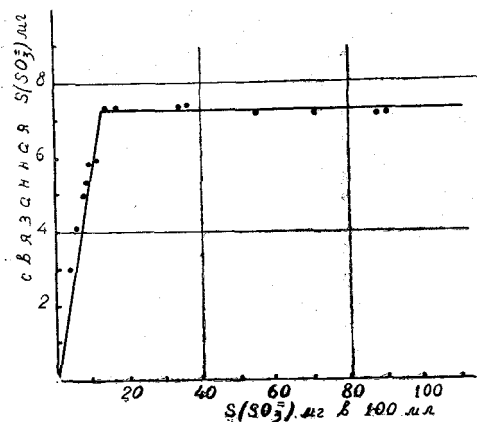


Рис. 3. Связывание сернистой серы с содержимым рубца.

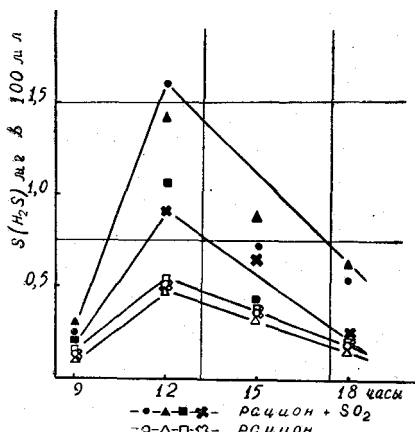


Рис. 4. Выделение сероводорода при инкубировании содержимого рубца, отобранного в разные сроки в течение суток

Другой факт относительно восстановления сернистокислого иона в рубце был установлен путем инкубирования в специальном сосуде («искусственный рубец») 100 мл содержимого рубца, с возрастающим количеством сернистых препаратов (H_2SO_3 , NH_4HSO_3 , $Na_2S_2O_5$), каждый из них в расчете от 3,2 до 60 мг серы.

Иллюстрируемые на рис. 5 опыты показывают, что скорость восстановления сернистого иона в рубце возрастает с концентрацией субстрата до определенного оптимального значения, выше которого выделение сероводорода угнетается; эти данные определяют допустимый

в рубце уровень сернистой серы и указывают на необходимость подробного изучения механизма восстановления сернистых соединений отдельными представителями микрофлоры рубца.

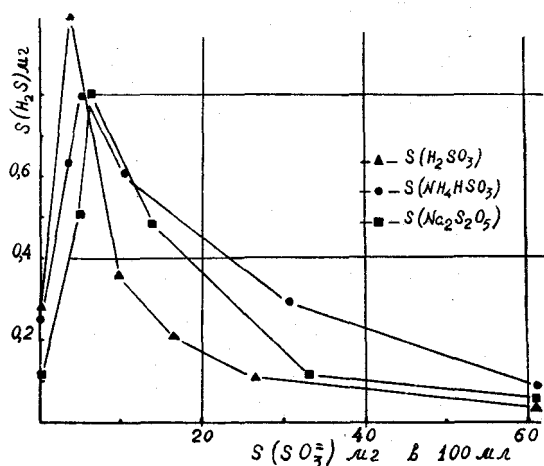


Рис. 5. Интенсивность восстановления серы сульфита, бисульфита и тиосульфата $\frac{1}{2}$ при инкубировании в присутствии содержимого рубца.

Совокупность вышеизложенных данных, а также данные литературы позволяют разработать предварительную схему превращения сернистых соединений в рубце.

Научно-исследовательский институт
животноводства и ветеринарии
МСХ АрмССР

Поступило 28.V 1969 г.

Մ. Ա. ՏԵՐ-ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Լ. Ա. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ԾԾՄԲԱՅԻՆ ՊՐԵՊԱՐԱՏՆԵՐ ԸՆԴՈՒՆԱԾ ՈՋԵԱՐՆԵՐԻ ՄՈՏ ԾԾՄԲԻ ՀԱՇՎԵԿՇԻՈՆ ՈՒ ՏԱՐԲԵՐ ԶԵՎԵՐԻ ԱՐՏԱԹՈՐՈՒՄԸ

Ներկա աշխատության նպատակն է ուսումնասիրել կերաբաժնի հետ ծծմբային պրեպարատների ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, SO_2 -ի լուծույթ) ընդունած ոչխարների մոտ ծծմբի փոխարկումները և նրա արտաթորման ձևերն ու ուղիները:

Որոշվել է կերաբաժնի հիմնական կոմպոնենտների մարսողության գործիչները (աղ. 4): Ընդունած և արտաթորած ծծմբի, ազոտի, կալցիումի և ֆոսֆորի հաշվեկշիռը ցույց է տվել, որ ծծմբային պրեպարատների ընդունման, փորձնական ժամանակաշրջանում օրգանիզմում ընդհանուր ծծմբի կիտումը պահպանվել է չի ավելանում, ազոտի և ֆոսֆորի արտաթորումը մնում է նորմայի, առանց փոփոխության, իսկ կալցիումինը փոքր ինչ բարձրանում է (աղ. 5):

Ընդունած սուլֆիտային ծծումբը արտաթորվում է հավասար չափով մեզի ու կղզիների, իսկ սուլֆիտային ծծումբը համարյա ամբողջությամբ մեզի միջոցով և մեծամասամբ ազատ սուլֆատի ձևով:

Սուլֆիտի ընդունման դեպքում մեզում «չեզոք» ծծմբի տոկոսը որոշ չափով բարձրանում է, մի երևույթ, որը կարող է բացատրվել նյութափոխանակության ուղիներում սուլֆիտային ծծմբի ներգրավմամբ (նկ. 1,2):

Անոթային փորձերում ցույց է տրվել, որ կտրիչի պարունակությունը կապում է զգալի քանակությամբ սուլֆիտային ծծումբ (նկ. 3):

Քրոնիկական ֆիստուլայի միջոցով կտրիչում ներարկված սուլֆիտային ծծումբը արագորեն վերականգնվում է վերածվելով ծծմբաջրածնի. վերականգնման առավելագույն ինտենսիվությունը նկատվում է միանվագ կերակրումից 3—5 ժամ հետո (նկ. 4):

Անոթային պայմաններում կտրիչի պարունակության և ծծմբային պրեպարատների համատեղ ինկուբացումը ցույց է տվել, որ ծծմբային միացությունների վերականգնման ինտենսիվությունը պայմանավորված է միջավայրում տիրող սուբստրատի կոնցենտրացիայով. արոցեսը հասնում է առավելագույն ինտենսիվության, երբ $S(SO_3)$ -ի մակարդակը հասցվում է 5—10 մլ ինկուբացիոն խառնուրդում (նկ. 5):

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Капланский С. Я. Минеральный обмен, М., 1958.
2. Палфий Ф. Ю. Животноводство, в. 7, 20, 1963.
3. Падучева А. Л. Труды ВНИИ животноводства, т. 21, 1957.
4. Петрунькина А. М. Практическая биохимия, Л., 1961.
5. Селянский В. М. Труды ВНИИ животноводства, т. 23, 401, 1959.
6. Сидорова С. Г. Мат-лы X научн. конф. по фармакологии, I, 1960.
7. Таранов М. Т. Известия АН СССР, (сер. биол. г.), 6, 808, 1963.
8. Таранов М. Т. Химическое консервирование кормов, М., 1964.
9. Тер-Карапетян М. А. I Закавказский съезд физиологов, биохимиков и фармакологов, Ереван, 1947.
10. Тер-Карапетян М. А. ДАН СССР, 71, 113, 1950.
11. Тер-Карапетян М. А., Азарян Э. Х., Арутюнян Г. С. Известия АН АрмССР (сер. биол. г.), 11, 7, 55, 1958.
12. Тер-Карапетян М. А., Петросян В. А. Животноводство, 10, 54, 1961.
13. Шманенков Н. А. Химическое консервирование зеленых кормов, М., 1960.
14. Янг Л., Моу Дж. Метаболизм соединений серы, М., 1961.
15. Block R. J., Sterol J. A., Loosli J. K. Arch. Biochem. Biophys. 33, 3, 19.
16. Bhaghat B., Sockett M. F. J. Pharmacy & Pharmacol, 20, 11, 1960.
17. Dziewiatowsky D. D. J. Biol. Chem. 207, 181, 1954.
18. Der-Garabedian M. A. C. R. Soc. Biol. (Paris) 138, 399, 445, 823, 1944; 139, (Mars), 1945.
19. Lewis D. Biochem. J., 56, 3, 1954.
20. Müller R., Krampitz G. Tierzücht und Züchtungsphysiol, 65, 2, 187, 1955.
21. Pirie N. W. Biochem. J. 28, 1063, 1934.
22. Fromageot Cl. Adv. Enzymol. 7, 369, 1947.
23. Weller G., Chevan J. C. R. Soc. Biol. 154, 2239, 1960.