

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

М. Б. НЕЙМАН, А. А. ПРОКОФЬЕВ и П. С. ШАНТАРОВИЧ

**УГЛЕВОДЫ КАК ИСХОДНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ СИНТЕЗА КАУЧУКА  
В РАСТЕНИЯХ**

*(Представлено академиком Н. А. Максимовым 20 III 1951)*

В настоящее время большинство исследователей склоняется к мысли, что исходным продуктом для синтеза каучука в растениях являются углеводы. Известно (1-3), что при усиленной подсочке растений происходит быстрая мобилизация углеводов в тканях, окружающих млечники. Было установлено также, что при голодании каучуконосных растений увеличение количества каучука сопровождается резким уменьшением углеводов (4, 5). Непосредственное питание сахарами изолированных корней и целых растений тау-сагыза в стерильных условиях приводило к формированию млечной системы и накоплению в ней каучука (6). Однако все эти материалы, подтверждая наличие известной связи между углеводами и каучуком, не являются прямым доказательством того, что и в нормальных условиях существования растений синтез каучука осуществляется путем перестройки углеводов.

Данная работа имела своей целью решить этот вопрос путем прямого эксперимента с помощью меченого углерода  $C^{14}$ . Источником меченого углерода служила сахароза с небольшой примесью глюкозы. Указанные радиоактивные сахара готовились следующим образом. Растения турецкого табака, обладающего высокой способностью к синтезу сахаров, помещались в темноту на 24—25 час. За это время листья растений почти полностью освобождались от сахаров. «Обессахаренные» листья срезались и помещались в стеклянную камеру. Во избежание подсыхания листьев черешки последних опускались в воду. После откачки воздуха до 30—35 мм рт. ст. в камеру через специальное приспособление вводилась радиоактивная углекислота, в концентрации при атмосферном давлении не более 15—17%. Заполненная таким образом камера погружалась в водяную ванну при 20° и освещалась двумя 780-ваттными лампами. После 24-часовой экспозиции введенная углекислота почти полностью поглощалась листом. По завершении экспозиции листья погружались в кипящий 80% спирт, затем разрезались на мелкие части и экстрагировались спиртом в аппарате Сокслета в течение 10 час. К полученному экстракту была добавлена обычная сахароза, после чего было выделено 420 мг очищенной сахарозы с небольшой примесью глюкозы. Активность полученного препарата по  $C^{14}$  составляла 10  $\mu$ c.

Объектом служили растения кок-сагыза, подготовленные для опыта следующим образом. Корни растений, вступающих во второй год вегетации, высаживались в мае 1950 г. в глиняные вазоны так, чтобы главный корень выдавался через нижнее отверстие вазона на 5—6 см. Субстратом служила достаточно рыхлая, богатая гумусом почва. После

посадки растений вазоны вкапывались в почву, где и оставались до октября, когда и был поставлен опыт. За этот период растения укоренялись, цвели и плодоносили, и после непродолжительного летнего покоя вновь приступали к вегетации. В октябре 1950 г. растения были осторожно выкопаны из почвы и перенесены в лабораторное помеще-

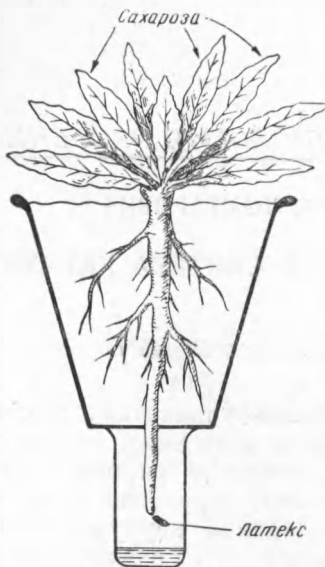


Рис. 1. Схема опыта с подкормкой кок-сагыза сахарами

Большой объем помещения и хорошая вентиляция исключали скопление в атмосфере углекислоты с меченым углеродом, которая могла бы выделиться растением за счет разложения поглощенной сахарозы. Для того чтобы избежать развития микроорганизмов на листьях кок-сагыза за счет сахарозы, листья периодически промывались водой. Таким образом, единственным источником меченого углерода в опыте являлась сахароза, наносимая на листья растений. Опыт был начат 13 X и закончен 5 XII. Каждую декаду латекс проверялся на присутствие меченого углерода. Образующиеся при подсочке наплывы коагулюма собирались и делились на 2 партии. Одна партия наплывов была собрана в период с 13 X по 27 XI, а вторая с 27 XI по 5 XII. Каждая из партий наплывов после фракционирования поступала в анализ. Фракционирование заключалось в последовательной экстракции мелко нарезанных кусочков коагулюма кипящей водой до полного извлечения воднорастворимых веществ (водный экстракт) и ацетоном при комнатной температуре (ацетоновый экстракт). Остаток после обработки ацетоном растворялся в бензоле, и раствор для удаления растительных тканей фильтровался через бумажный фильтр. Из фильтра та каучук осаждался ацетоном. Полученный каучук очищался трехкратным переосаждением ацетоном из бензольных растворов. Приготовление образцов и измерение активности проб латекса производилось следующим образом.

Проба латекса, смешанная с водой до получения однородной эмульсии, помещалась в специальный выпаривательный аппарат (см. рис. 2), представляющий собой корпус, изготовленный из нержавеющей стали, с цилиндрическим отверстием глубиной 3 см и диаметром 2 см. Дном сосуда служил пришлифованный, подвижный поршень. Листок алюминиевой фольги, помещенный на поршень, плотно прижимался к нему

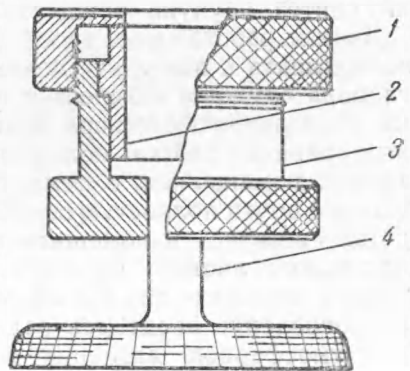


Рис. 2. Схематическое изображение аппарата для получения испытуемых осадков; 1 — гайка, 2 — втулка, 3 — корпус, 4 — подвижный поршень

кольцом и навинчивающейся на корпус муфтой. Эмульсия выпаривалась в таком приборе досуха под влиянием тепла электролампы, помещенной над прибором на высоте 10—15 см. После упаривания прибор разбирался. На алюминиевом листочке оседал слой сухого остатка латекса, активность которого измерялась затем на торцовом счетчике и пересчитывалась по формуле  $I = I_{\infty} (1 - e^{-\mu x})$  (7). Для величины коэффициента самопоглощения была использована определенная нами величина  $\mu = 0,28 \text{ см}^2/\text{мг}$ . Получающееся таким образом значение  $I_{\infty}$  пропорционально удельной активности образца.

Прежде чем переходить к определению активности отдельных веществ, составляющих латекс, мы считали необходимым выяснить наличие меченого углерода в латексе вообще. Поскольку поступление  $\text{C}^{14}$  в латекс могло меняться по мере питания листьев сахарами, определение активности латекса производилось в разные сроки опыта. Результаты определений сведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, меченый углерод, данный листьям кок-сагыза в виде сахаров, появился в латексе корня уже в первой пробе, т. е. через декаду после начала подкормки. Однако появление  $\text{C}^{14}$  в латексе еще не давало оснований для заключения о том, что меченый углерод находится именно в каучуке. Можно было предполагать, что активность латекса является следствием поступления в млечные сосуды сахаров, а отнюдь не результатом их перестройки в каучук или другие вещества. Для решения этого вопроса были подвергнуты анализу фракции воднорастворимых веществ, ацетонового экстракта и очищенного каучука. Фракции были взяты в анализ в виде растворов в воде, ацетоне и бензоле (каучук). Получение осадков из растворов и определение их активности производилось указанным выше методом. Результаты определений представлены в табл. 2.

Таблица 1  
Определение удельной активности латекса

Время с начала подсочки в сутках	Навеска (m) сух. остатка латекса в мг	$m/\pi$ , мг/см <sup>2</sup>	I, имп/мин	$I_{\infty}$ , имп/мин
10	6,0	1,9	20,0	42,5
15	1,9	0,6	3,5	23
25	2,1	0,6	8,0	47
47	1,9	0,6	6,0	40

Таблица 2  
Активность различных фракций латекса

Фракция латекса	Период сбора латекса	Навеска (m) в мг	$m/\pi$ , мг/см <sup>2</sup>	I, имп/мин	$I_{\infty}$ , имп/мин
Водная вытяжка . . . . .	13 X—27 XI	0,81	—	0,0	—
	27 XI—5 XII	1,07	—	0,0	—
Ацетоновая вытяжка . . . . .	13 X—27 XI	2,3	0,73	2	12
	27 XI—5 XII	3,1	0,99	4,3	17
Каучук . . . . .	13 X—27 XI	2,8	0,89	12	54
	27 XI—5 XII	3,0	0,95	16	65

Из данных табл. 2 с несомненностью вытекает, что большая часть  $\text{C}^{14}$  сосредоточена именно в каучуке. Наличие меченого углерода в веще-

ствах, растворимых в ацетоне, делает весьма вероятным предположение, что какой-то отрезок пути перестройки углеводов в вещества более восстановленные является общим для каучука и соединений, извлекаемых ацетоном. Несколько неожиданным является полное отсутствие  $C^{14}$  в воднорастворимых веществах. Однако следующие расчеты показывают полную достоверность полученных данных. Так например, анализ партии латекса, собранной в период с 27 XI по 5 XII, дает следующие результаты:

Каучук . . . . .	3,0 мг, $I_{\infty} = 64$	$I_{\text{общ}} = 192$
Ацетоновый экстракт . . . . .	3,1 мг, $I_{\infty} = 17$	$I_{\text{общ}} = 51$
Водный экстракт . . . . .	1,0 мг, $I_{\infty} = 0$	$I_{\text{общ}} = 0$
	7,1 мг	$\Sigma I_{\text{общ}} = 243$

Отсюда  $\bar{I}_{\infty} = 243/7,1 = 35$  имп/мин. Наблюдено 40 имп/мин. Таким образом, расчет активности и результаты, полученные опытным путем дают весьма близкие величины, что подтверждает правильность вывода об отсутствии радиоактивного углерода в водном экстракте.

Указанный результат свидетельствует о том, что в млечную систему растения поступают, по видимому, не сахара, а какие-то продукты их перестройки, обладающие иными свойствами и, в частности, не растворимые в воде. Отсюда вытекает предположение, что первые этапы превращения сахаров в предшественники каучука протекают в паренхимных тканях корня, а заключительные звенья синтеза каучука — в млечниках.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Каучук в млечных трубках каучуконосных растений возникает в результате перестройки сахаров, притекающих из листьев.
2. В млечных трубках осуществляются заключительные этапы синтеза каучука. Первые этапы перестройки углеводов происходят в других тканях, по видимому, в паренхиме.

Институт физиологии растений  
им. К. А. Тимирязева и  
Институт химической физики  
Академии наук СССР

Поступило  
24 I 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. Fitting, Tropenpfl., 13, Beih. No. 2, 1 (1909). <sup>2</sup> Ф. Н. Мазанко, Сборн. Физиология и биохимия каучуконосов, М., 1939, стр. 104. <sup>3</sup> А. А. Прокофьев, Локализация, образование и состояние каучука в растениях, изд. АН СССР, 1948. <sup>4</sup> А. А. Прокофьев, Изв. АН СССР. сер. биол., № 4, 589 (1948). <sup>5</sup> А. А. Трауб, Plant Physiol., 21, No. 4, 422 (1946). <sup>6</sup> А. А. Прокофьев, ДАН, 43, № 4 (1944). <sup>7</sup> Б. В. Айвазов, М. Б. Нейман и В. Л. Тальрозе, Усп. хим., 18, 402 (1949).