

Б. А. РУБИН и Е. В. АРЦИХОВСКАЯ

## О РОЛИ САХАРОЗЫ В УГЛЕВОДНОМ ОБМЕНЕ РАСТЕНИЯ

(Представлено академиком А. И. Опариным 6 III 1948)

Известно, что распад крахмала в живой растительной ткани сопровождается накоплением не глюкозы или мальтозы, а сахарозы. В последнее время нами обнаружено, что это же явление имеет место и при распаде инулина (табл. 1).

Таблица 1

Изменения в составе углеводов  
в хранящихся клубнях топинам-  
бура

Дата анализа	в % от суммы углеводов		
	монозы	сахароза	инулин
28 IX	1,71	32,57	65,72
15 XI	2,00	92,02	5,98
16 XII	2,13	93,55	4,32

С другой стороны, многочисленные наблюдения показывают, что возрастание содержания крахмала в тканях растений сопровождается исчезновением сахарозы (1-3). Эти наблюдения получили подтверждение в опытах, в которых изучался ход синтеза крахмала в живых тканях растений. Оказалось, что синтез этого полисахарида осуществляется наиболее успешно из сахарозы (4, 5). Было высказано предположение, что преимущественное использование сахарозы обусловлено наличием в ней фиксированной  $\gamma$ -формы фруктозы. Для проверки этого были поставлены опыты, где в живую ткань вводился инулин, в молекуле которого имеется также  $\gamma$ -форма фруктозы. Опыты показали, что синтез крахмала из инулина осуществляется не менее успешно, чем из сахарозы, и значительно интенсивнее, чем из моноз (табл. 2).

Такого же рода зависимости были установлены и при изучении биосинтеза другого полисахарида — инулина (табл. 2). Таким образом, выявляется важная роль, принадлежащая сахарозе как центральному звену в цепи превращений углеводов в живой растительной клетке.

Однако преимущественное использование сахарозы для синтеза полисахаридов имеет место лишь при ненарушенной работе фосфатаз. В случае подавления действия последних синтез полисахаридов из сахарозы резко подавляется, тогда как синтез полисахаридов из моноз, наоборот, активируется (табл. 3).

Таблица 2

Синтез крахмала и инулина в живой растительной ткани из различных углеводов \* (в мл 0,05 N KMnO<sub>4</sub> на 1 г сырого веса)

Растение	Орган	Дата анализа	Субстрат		
			инверт	сахароза	инулин
Синтез крахмала					
Цикорий	Листья	5 VII	+1,00	+1,50	+3,70
		12 VII	-0,05	+2,50	+2,70
		12 IX	+0,75	+1,30	+3,50
Топинамбур	Листья	2 VIII	+0,85	+1,90	+0,90
		14 VIII	-0,85	-0,15	+0,35
Синтез инулина					
Цикорий	Корни	20 VI	-0,58	+ 0,55	—
		11 XI	-1,16	+ 2,44	—
		22 XI	+0,67	+ 0,88	—
Топинамбур	Клубни	28 IX	+4,04	+20,22	—
		15 XI	+2,47	+ 2,92	—
		16 XII	+1,51	+ 1,86	—

\* Синтез определялся по изменению количества полисахарида через 3 часа после инфильтрации соответствующего сахара в ткани. В некоторых случаях введение сахара приводило к снижению количеств крахмала по сравнению с водным контролем, в этих случаях цифры даются со знаком минус. Данные эти говорят не об отсутствии синтеза крахмала, а только о большей интенсивности процессов распада по сравнению с синтетическими процессами.

Кроме того, как литературные данные (6), так и материалы собственных наблюдений (табл. 4) показывают, что подавление действия фосфатаз приостанавливает биосинтез сахарозы из моноз.

Таблица 3

Влияние NaF на синтез полисахаридов в живой растительной ткани (методом вакуум-инфильтрации) (в мл 0,05 N KMnO<sub>4</sub> на 1 г сырого веса)

Растение	Орган	Дата анализа	Синтезированный полисахарид	Субстрат	Вариант опыта		
					без NaF	0,01 M NaF	0,02 M NaF
Цикорий	Листья	12 VII	Крахмал	Ивверт	-0,05	+0,40	+0,45
		12 VII	»	Сахароза	+2,50	-0,20	-0,45
		12 VII	»	Инулин	+2,65	+0,70	+0,40
		29 VII	»	»	+0,70	-1,65	—
		10 VIII	»	»	+0,35	—	-0,40
Цикорий	Корни	20 V	Инулин	Ивверт	-9,29	—	+2,36
		20 V	»	Сахароза	-1,24	—	-3,53
		20 VI	»	Ивверт	-0,58	+0,02	+0,10
		20 VI	»	Сахароза	+0,55	-0,44	-0,90

Вполне законно предположить в связи с этим, что в живой растительной ткани образование полисахаридов из сахарозы, с одной стороны, и из моноз, с другой, осуществляется различными путями и что эти две группы процессов катализируются различными ферментными системами. В частности, эти данные позволяют считать, что синтез полисахаридов из моноз может происходить без обязательного образования сахарозы как промежуточного звена, поскольку подавление дей-

Таблица 4

Влияние NaF на синтез сахарозы в живой растительной ткани (методом вакуум-инfiltrации) (в мл 0,05 N KMnO<sub>4</sub> на 1 г сырого веса)

Растение	Орган	Дата анализа	Введенные вещества	
			инверт	инверт + + 0,01 M NaF
Пшеница	Проростки	15 IV	0,25	0,03
Лук	Луковицы	6 V	0,47	0,32
Цикорий	Корни	20 V	8,40	2,38
»	»	20 VI	11,30	6,62
»	Листья	12 VII	2,20	1,90

ствия фосфатаз приостанавливает синтез сахарозы, в то же время не только не прекращая синтеза полисахаридов, но даже стимулируя последний. В этом случае сахарозу, находящуюся в живой растительной клетке, следовало бы рассматривать не как продукт непосредственного синтеза из моноз, а как результат распада полисахаров.

В пользу этой точки зрения говорят результаты наших опытов, в которых изучалось влияние, оказываемое фтористым натром на процессы распада инулина в корнях цикория. Если распад инулина в контрольной пробе (без NaF) составлял 4,54 (в мл. 0,05 N KMnO<sub>4</sub> на 1 г сырого веса), то в пробах, инфильтрованных 0,01 M NaF, он снижался до 2,62, т. е. шел почти в 2 раза слабее. Инfiltrация NaF в концентрации 0,02 M полностью останавливала распад инулина. Соответственно, процент инулина от общей суммы углеводов был равен 3,57; 3,89 и 4,12%. В этом случае становится понятным подавление фтористым натром образования сахарозы из моноз. Влияние, оказываемое фтористым натром на биосинтез сахарозы из моноз, должно быть истолковано как торможение второй фазы процесса — распада полисахарида.

Вполне вероятно, что и у растений, не накапливающих полисахаров, последние все же могут служить промежуточным звеном на пути синтеза сахарозы.

У таких растений процесс синтеза полисахарида можно себе представить как хорошо сбалансированный с процессом распада, тогда как у растений, способных накапливать в своих тканях полисахарид, первая группа процессов, как правило, должна преобладать над второй. Имеются факты, в известной мере подтверждающие это предположение. Так например, ткани белокочанной капусты не содержат крахмала. Вместе с тем сок капусты обладает активным амилолитическим действием (7). Как в листьях, так и в корнях сахарной свеклы содержание полисахаридов не превышает сотых долей процента. В то же время, по последним данным Курсанова и Павлиновой, выделенная из корней сахарной свеклы фосфорилаза синтезирует в модельных опытах не сахарозу, а крахмалоподобное вещество.

Резюмируя изложенные в этой статье факты и соображения, мы считаем вероятным, что у высших растений синтез полисахаридов может служить промежуточным этапом на пути к образованию сахарозы. С другой стороны, наличие в сахарозе фуранозной формы фруктозы обеспечивает наиболее активную роль этого соединения в углеводном обмене растения. Сахароза, возникающая в результате распада полисахаридов, является вместе с тем наиболее легко используемым материальным источником для синтеза последних.

Институт биохимии  
им. А. Н. Баха  
Академии Наук СССР

Поступило  
1 III 1948

## ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Н. Müller-Thurgau, Z. wiss. Landwirtsch., 2, 751 (1882). <sup>2</sup> С. Д. Львов, Экспер. бот., 1 (1934); 2, 1619 (1936). <sup>3</sup> Б. А. Рубин и Е. В. Арциховская, Биохимия, 9, № 5 (1944). <sup>4</sup> Б. А. Рубин, Е. В. Арциховская, Н. С. Спиридонова и О. Т. Лутикова, Биохимия, 5, 687 (1940). <sup>5</sup> Б. А. Рубин и Е. В. Арциховская, ДАН, 31, № 7 (1941). <sup>6</sup> Н. Н. Крюкова, Биохимия, 5, 574 (1940). <sup>7</sup> Б. А. Рубин и В. Е. Трупи, Тр. лаб. агрохим. и биохим. овощей ВНИИОХ, 134 (1936).