

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Член-корреспондент АН СССР А. Л. КУРСАНОВ и М. В. ТУРКИНА

ДЫХАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ ТКАНЕЙ И ДВИЖЕНИЕ САХАРОЗЫ

В предыдущей работе (1) было показано, что сосудисто-волокнистые пучки сахарной свеклы и подорожника отличаются очень энергичным дыханием. Интенсивность этого процесса в несколько раз превосходит интенсивность дыхания паренхимных тканей листового черешка и оказывается даже значительно выше, чем у таких активных в физиологическом отношении органов, какими являются листовые пластинки. Это указывало на исключительно энергичный обмен веществ, совершающийся в проводящих клетках, что естественно было связать с их специализированной функцией, состоящей в проведении веществ. Тем не менее, доказательств в пользу существования связи между дыханием проводящих тканей и передвижением веществ тогда еще не имелось. Учитывая принципиальное значение этого вопроса, от разрешения которого в значительной степени будет зависеть дальнейшее развитие представлений о движении веществ, мы предприняли новые опыты, в которых изучали дыхание проводящих тканей в зависимости от прохождения по ним органических веществ.

В настоящее время еще неизвестны те органические соединения, которые непосредственно передвигаются по флоэме. Однако, так как в сосудисто-волокнистых пучках и в соке, вытекающем из поврежденного луба, в наибольших количествах обнаруживается сахароза (2-4), мы допустили, что именно этот дисахарид или, во всяком случае, какие-то легко образующиеся из него продукты являются той формой сахаров, которая непосредственно передвигается по ситовидным трубкам.

Исходя из этого, в настоящей работе мы изучали влияние сахарозы на дыхание проводящих путей. При этом было обнаружено, что сахароза, поступающая в сосудисто-волокнистый пучок или кору с одного конца, возбуждает дополнительное дыхание (поглощение O_2) по всей длине проводящих тканей. Этот факт может рассматриваться как существенный довод в пользу признания метаболической природы движения органических веществ в проводящих тканях.

В ранее опубликованных работах (5-7) было показано, что некоторые растительные ткани при введении в них сахаров усиливают на время свое дыхание, что связывалось обычно с дополнительным расходом энергии на абсорбцию сахаров и на их дальнейшие превращения. Подобного рода реакция свойственна, однако, не всем тканям. В частности, у сахарной свеклы подъем дыхания хорошо выражен в листовых пластинках, но совсем не обнаруживается в корнях, укороченных стеблях и в паренхимной ткани листовых черешков. Что же касается сосудисто-волокнистых пучков, то реакция их на введение сахаров, и в частности сахарозы, оставалась совсем неизученной. Поэтому мы начали свои опыты с определения дыхания сосудисто-волокнистых пучков, погруженных в растворы сахарозы.

В качестве объектов, как и в предыдущей работе (1), были взяты сосудисто-волокнистые пучки сахарной свеклы и подорожника (*Plantago major*), выделявшиеся непосредственно перед опытом из листовых черешков этих растений.

Определения дыхания (по поглощению O_2) производились в респирометрах Варбурга при 30° . Проводящие пучки, разрезанные на кусочки в 3 см длиной, помещались в количестве 0,5 г в основную часть сосуда; куда же добавлялось 6 мл воды, а в боковой отросток 1 мл раствора сахарозы, составленного с таким расчетом, чтобы при добавлении этого

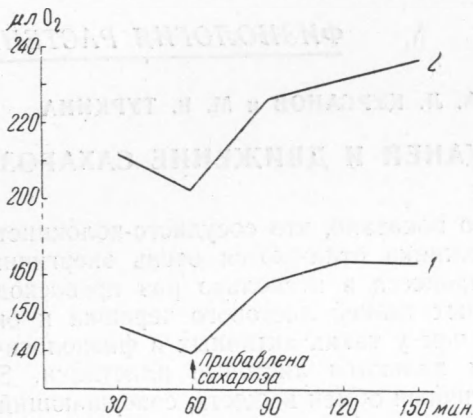


Рис. 1. Влияние сахарозы на интенсивность дыхания сосудисто-волокнистых пучков сахарной свеклы (1) и подорожника (2) (в μ л O_2 на 0,5 г живого веса)

количества в основную часть сосуда испытуемые ткани оказались в 0,05 М растворе сахарозы. Для поглощения CO_2 в центральном стаканчике, как обычно, находилось 0,5 мл 20% КОН. Первые два отсчета поглощения O_2 производились с 30-минутным интервалом над тканями, находящимися в воде, что давало возможность установить исходный уровень дыхания взятого материала. После этого добавлялась сахароза, и отсчеты поглощаемого O_2 продолжались с теми же интервалами. Полученные результаты могут быть иллюстрированы графиком рис. 1.

Согласно полученным данным, дыхание сосудисто-волокнистых пучков, особенно у подорожника, отличается высокой интенсивностью, что подтверждает наши прежние наблюдения (1). Подъем дыхания начинается тотчас же после соприкосновения проводящих путей с сахарозой и продолжается 30—60 мин., а в некоторых случаях и дольше. В опытах, результаты которых приведены на рис. 1, максимальный подъем дыхания выразился у проводящих путей сахарной свеклы в 25 μ л O_2 , что соответствует 17% от их исходного дыхания; у подорожника подъем был равен 36 μ л O_2 , или 18% от первоначальной интенсивности процесса. Таким образом, эти результаты показывают, что сосудисто-волокнистые пучки активно реагируют на соприкосновение с сахарозой, что уже само по себе может быть использовано как признак вовлечения сахарозы в метаболизм проводящих клеток. Однако, чувствительность проводящих путей к сахарозе представляет интерес и в том отношении, что эта особенность может быть использована для наблюдения за движением сахарозы в сосудисто-волокнистых пучках.

С этой целью в ряде опытов отрезки сосудисто-волокнистых пучков подорожника длиной в 5 см прикреплялись в сосудах респирометров таким образом, что погруженным в воду или в раствор оказывался лишь один их конец, составлявший не более $\frac{1}{4}$ общей длины отрезка. Остальная часть была подвешена к пробке манометра и с раствором непосредственно не соприкасалась. Учитывая, что в начале сентября, когда производились эти опыты, основным направлением движения ассимилятов у подорожника является движение из листьев в подземные зимующие органы, мы погружали в раствор сосудисто-волокнистые пучки их морфологически верхними концами, надеясь этим создать более благоприятные условия для движения сахарозы. Параллельно ставились опыты, в которых пучки той же длины целиком погружались в раствор и, следовательно, приходили в непосредственное соприкосновение с сахарозой по всей своей длине.

Можно было ожидать, что при отсутствии движения сахарозы по проводящим путям подъем дыхания у подвешенных пучков будет, соответственно длине погруженных концов, составлять лишь часть того дыхания, которое возбуждается при полном их погружении. Такое допущение обосновывалось и специальными опытами, показавшими, что при полном погружении пучков в раствор сахарозы величина дополнительно возбуждаемого у них дыхания довольно точно соответствует на веске взятого материала (см. табл. 1).

Однако опыты с подвешенными пучками показали иную картину (см. рис. 2).

Из приведенного примера видно, что подъем дыхания у подвешенных пучков не менее интенсивен, чем у погруженных. Такой результат показывает, что возбуждающее действие сахарозы, воспринимаемое одним концом сосудисто-волокнистого пучка, передается по всей его длине, вероятно в результате быстрого распространения сахарозы вдоль проводящих тканей.

На основании этих опытов, однако, еще не удастся решить, является ли дыхание необходимым условием для движения сахарозы по проводящим путям или же оно возбуждается вторично в результате использования поступившей в пучок сахарозы окружающими клетками. В пользу второго предположения говорит, в частности, тот факт, что дыхание полностью погруженных пучков обнаруживает в присутствии сахарозы столь же значительный подъем, как и дыхание подвешенных пучков (рис. 2), хотя путь движения сахарозы при полном погружении, казалось бы, сводится к минимуму.

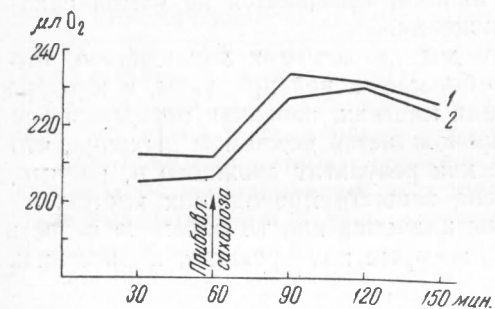


Рис. 2. Влияние сахарозы на интенсивность дыхания сосудисто-волокнистых пучков подорожника. 1 — подвешенные, 2 — погруженные (в мл O₂ на 0,5 г живого веса)

породожника сахароза проникает фактически лишь через перерезанные концы и, следовательно, продельывает по проводящим тканям тот же путь, что и в подвешенных пучках.

Для выяснения вопроса об участии дыхания в самом акте передвижения сахарозы мы воспользовались более подходящим для этого объектом, каковым оказалась кора однолетних побегов желтой акации (*Caragana arborescens*). В таком материале наиболее молодые и активные клетки флоэмы, граничащие с камбиальным слоем, не были защищены механическими тканями и поэтому при погружении в раствор по всей своей длине непосредственно соприкасались с сахарозой. Это исключало возможность передвижения сахарозы на более значительные

Таблица 1

Величина дополнительного дыхания, наблюдаемая у сосудисто-волокнистых пучков подорожника, в зависимости от размера взятой навески (пучки полностью погружены в 0,05 M раствор сахарозы)

Навески в мг жив. веса	Дыхание в мл O ₂ за 30 мин.	
	основное	дополн. возбужд. сахарозой
500	260	17
250	143	11
125	67	5,5

Необходимо, однако, иметь в виду что в пучках сахарной свеклы и особенно подорожника проводящие пути окружены плотным футляром толстостенной колленхимы, через который проникновение сахарозы совершается, вероятно, лишь очень медленно. Поэтому и в погруженные пучки по-

расстояния. Преимущество выбранного объекта состояло еще и в том, что в нем отсутствовала древесина и поэтому была исключена возможность капиллярного распространения раствора по сосудам ксилемы.

Опыты проводились осенью, когда деятельность камбия уже прекратилась. Кора осторожно отделялась от древесины, разрезалась на тонкие полоски длиной в 5 см и в таком виде использовалась для определения дыхания. Как и в опытах с сосудисто-волокнистыми пучками, одни полоски луба подвешивались в респирометрах так, что касались

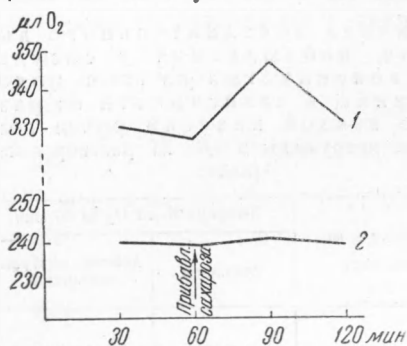


Рис. 3. Влияние сахарозы на интенсивность дыхания луба однолетних побегов желтой акации. 1 — подвешенные, 2 — погруженные (в $\mu\text{л O}_2$ на 0,5 г живого веса)

раствора только одним своим концом, а другие погружались полностью. На рис. 3 представлены средние результаты таких опытов.

При рассмотрении кривых рис. 3 прежде всего обращает на себя внимание исключительное интенсивное дыхание молодого луба, которое первоначально составляло 330 $\mu\text{л O}_2$ за 30 мин. для 0,5 г подвешенного материала и 240 $\mu\text{л O}_2$ для погруженного. Такой результат указывает на большую физиологическую активность проводящих тканей коры у желтой акации, что согласуется с прежними данными о высоком дыхании флоэмы (¹). Вместе с тем из рис. 3 видно, что полоски луба желтой акации, погруженные в рас-

твор сахарозы, не изменяют существенным образом своего дыхания, в то время как подвешенные полоски, при соприкосновении с сахарозой только одним концом, резко усиливают дыхание. Подобный результат, как нам представляется, ясно показывает, что дополнительное дыхание, возбуждаемое в лубе желтой акации, вызывается не самой сахарозой, а связано с актом ее передвижения.

На основании всего изложенного мы приходим к заключению, что сахароза или, может быть, какие-то близкие к ней продукты, в которые она легко превращается в проводящих клетках, способна передвигаться по флоэме. Такое передвижение сопровождается подъемом дыхания, что заставляет рассматривать движение как результат сложного и, видимо, довольно специализированного обмена веществ проводящих клеток.

Дальнейшими исследованиями мы надеемся внести большую ясность в вопрос о природе тех соединений, которые подвергаются в растениях метаболитическому передвижению.

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

Поступило
8 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Курсанов и М. Туркина, ДАН, 84, № 5 (1952). ² E. Münch, Die Stoffbewegungen in der Pflanze, Jena, 1930, S. 133. ³ A. Willam, Arch. de l'Institut de Botanique (Belgique), 18, 1 (1948). ⁴ А. Оканенко, Особенности сахаронакопления у различных форм, сортов и рас свеклы, Диссерт., Киев, 1946. ⁵ А. Курсанов, Н. Крюкова и Д. Седенко, Биохимия, 13, 456 (1948). ⁶ А. Курсанов и О. Павлинова, Биохимия, 15, 178 (1950). ⁷ А. Курсанов и О. Павлинова, Биохимия, 17, (1952).