

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

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

ДЫХАНИЕ СОСУДИСТО-ВОЛОКНИСТЫХ ПУЧКОВ

Предыдущими работами, выполненными в нашей лаборатории (1, 2), было показано, что передвижение органических веществ в растении происходит не в результате их свободной диффузии или механического переноса с протекающим по ситовидным трубкам раствором, а осуществляется под влиянием физиологической деятельности организма растения. К сожалению, ближайшая природа этого явления продолжает оставаться невыясненной. Установлено лишь, что существует прямое соответствие между направлением движения веществ (аминокислот) в растении и способностью тканей аккумулировать эти вещества из свободных растворов (2).

Большое значение, которое может иметь раскрытие законов движения органических веществ в растении для теории и практики сельского хозяйства и вместе с тем несостоятельность существующих по данному вопросу теорий и высказываний (3-6) побудили нас подробнее заняться указанным вопросом. При этом мы исходили из той точки зрения, что движение органических соединений в растениях возникает как своеобразный результат обмена веществ и в первую очередь обмена веществ самих проводящих тканей.

В связи с этим мы наметили ряд исследований над обменом веществ проводящих путей (сосудисто-волоконных пучков), которые еще почти не изучались в физиологическом и биохимическом отношении. Прежде всего были предприняты определения дыхания сосудисто-волоконных пучков, поскольку интенсивностью этого процесса могла быть охарактеризована общая напряженность обмена веществ проводящих путей. Результаты этих опытов приводятся в настоящей статье.

Наиболее удобными растениями для подобных опытов оказались растения из семейства подорожниковых (*Plantaginaceae*), сосудисто-волоконные пучки которых, благодаря хорошо развитой у них колленхиме, легко и без повреждения извлекаются из листовых черешков и жилок. Впрочем, при некотором навыке сосудисто-волоконные пучки могут быть отпрепарированы и из других растений, например из листовых черешков сахарной свеклы.

Определения дыхания (по O_2) производились в респирометрах Варбурга при 30°. Сосудисто-волоконные пучки, непосредственно перед опытом извлеченные из черешков, разрезались на куски длиной в 3—4 см и помещались в количестве 0,5 г (живого веса) в основную часть сосудака. Туда же добавлялось 7 мл воды. В средний стаканчик, как обычно, наливалось 0,5 мг 20% КОН и для увеличения поверхности поглощения вставлялась небольшая полоска фильтровальной бумаги. После выравнивания температуры начинались отсчеты, которые производились с интервалами в 30 мин. Для того чтобы иметь возможность сравнивать интенсивность дыхания сосудисто-волоконных пучков с ды-

ханием других тканей, мы производили параллельно с указанными опытами определения дыхания листовых черешков, освобожденных от сосудисто-волокнистых пучков и листовых пластинок, взятых с тех же растений.

Опыты выполнены в августе и сентябре, т. е. в период, когда движение ассимилятов из листьев в подземные органы должно происходить особенно энергично. В табл. 1 представлены результаты нескольких опытов, проведенных с подорожником (*Plantago major*).

Таблица 1

Дыхание различных тканей подорожника (в $\mu\text{л O}_2$ на 0,5 г живого веса при 30°)

Исследованный материал	Опыт 1		Опыт 2		Опыт 3		Среднее	
	за первые 30 мин.	за вторые 30 мин.	за первые 30 мин.	за вторые 30 мин.	за первые 30 мин.	за вторые 30 мин.	в $\mu\text{л O}_2$	в %
Сосудисто-волокнистые пучки	212,4	200,9	218,5	200,0	207,0	191,0	205,0	100
Листовые черешки (без проводящих путей)	49,0	48,0	64,4	60,0	61,8	59,0	57,0	27,8
Листовые пластинки (без жилок)	93,4	88,2	100	94	97	89,6	93,7	45,7

Полученные данные показывают, что дыхание сосудисто-волокнистых пучков отличается большей интенсивностью, в несколько раз превосходя дыхание паренхимных тканей листовых черешков. Это указывает на то, что в листовых черешках наиболее активный обмен веществ сосредоточен именно в их проводящих путях.

Интенсивность дыхания сосудисто-волокнистых пучков у подорожника более чем в 2 раза превосходит дыхание даже таких активных тканей, какими являются листовые пластинки.

Усиленное поглощение кислорода сосудисто-волокнистыми пучками, извлекаемыми из паренхимы черешков, не является кратковременным эффектом, который можно было бы объяснить внезапным облегчением доступа к ним кислорода. В ряде случаев мы выдерживали сосудисто-волокнистые пучки перед опытом несколько часов во влажной камере, чтобы дать возможность тканям притти в соответствие с новыми условиями, однако и после этого поглощение O_2 оказалось у пучков столь же значительным. В других опытах наблюдения над дыханием проводящих путей производились в течение 3 и более часов, но и в этих случаях процесс не обнаруживал заметных признаков затухания, развиваясь аналогично дыханию листовых пластинок и черешков (см. рис. 1).

Все это заставляет признать, что клетки проводящих путей подорожника обладают исключительно высокой физиологической активностью, которая, повидимому, связана с их основной функцией — проведением веществ.

Почти столь же энергично дышат проводящие пути и у сахарной свеклы, что видно из результатов, представленных в табл. 2.

Здесь интенсивность дыхания сосудисто-волокнистых пучков почти в 6 раз превосходит дыхание паренхимных тканей листового черешка и заметно превышает дыхание самих листовых пластинок. Таким образом, и у сахарной свеклы проводящие пути характеризуются высоким напряжением физиологической деятельности.

Однако и сосудисто-волокнистые пучки не представляют еще однородной ткани, а состоят из различных по своему характеру клеток. Часть из них совсем лишена живого содержимого (сосуды, клетки

Таблица 2

Дыхание различных тканей сахарной свеклы (в $\mu\text{л O}_2$ на 0,5 г живого веса при 30°)

Исследованный материал	Опыт 1		Опыт 2		Опыт 3		Среднее	
	за первые 30 мин.	за вторые 30 мин.	за первые 30 мин.	за вторые 30 мин.	за первые 30 мин.	за вторые 30 мин.	в $\mu\text{л O}_2$	в %
Сосудисто-волокнистые пучки	133	129	153	153	147	141	143	100
Листовые черешки (без проводящих путей)	29	34	29	24	19	15	25	17
Листовые пластинки (без жилок)	108	92	112	101	112	99	104	72

либриформа), другая часть сохраняет некоторое количество протоплазмы, однако имеет утолщенные целлюлозные стенки и исполняет в основ-

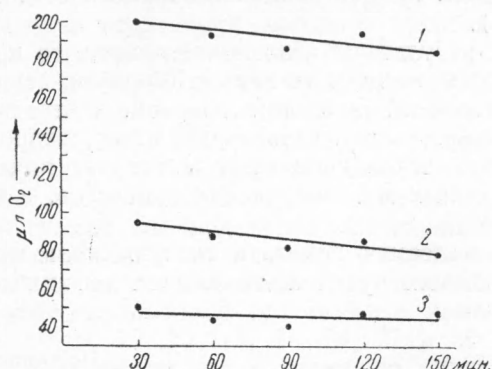


Рис. 1. Дыхание сосудисто-волокнистых пучков (1), листовых пластинок (2) и паренхимных тканей черешков (3) у *Plantago major* в длительном опыте (в $\mu\text{л O}_2$ на 0,5 г живого веса)

Таблица 3

Относительное содержание различных тканей в сосудисто-волокнистом пучке подорожника (*Plantago major*) (в % от площади поперечного сечения пучка)

Группа тканей	Относит. содержание
Флоэма . .	13,1
Ксилема . .	30,8
Колленхима	56,1

ном механическую роль (колленхима). Поэтому на долю более активных в физиологическом отношении клеток, к которым прежде всего следует отнести ситовидные трубки, сопровождающие клетки и камбий, в сосудисто-волокнистых пучках приходится обычно лишь незначительная часть. Разумеется, интенсивное дыхание, обнаруженное у сосудисто-волокнистых пучков, также не может быть отнесено ко всем тканям. Большая часть ксилемы, а также некоторые другие клетки, лишённые живого содержимого, совсем не участвуют в этом процессе; толстостенные клетки колленхимы, видимо, мало приспособлены к интенсивной физиологической деятельности и дышат, вероятно, не сильнее обычных паренхимных клеток. Поэтому наблюдаемое при суммарном определении дыхание должно быть в основном отнесено на долю небольшой группы высокоактивных клеток.

Чтобы составить представление о действительном напряжении дыхания в активных тканях сосудисто-волокнистых пучков, мы измерили на поперечных срезах относительные площади, занимаемые в сосудисто-волокнистом пучке подорожника различными группами тканей. В табл. 3 приводятся средние результаты этих измерений.

В своих опытах мы пользовались только взрослыми листьями, пучки которых уже закончили рост и не содержали активного камбия. Поэтому деление тканей пучка производилось только на три группы:

1) на флоэму, к которой, помимо живых проводящих клеток луба, относятся и клетки покоящегося камбия; 2) на ксилему, куда относились все ткани, лишённые протоплазмы, и 3) на колленхиму, образующую в пучках подорожника массивную обертку, защищающую проводящие ткани.

При расчетах дыхания ткани 2-й группы должны быть совсем исключены; ткани 3-й группы, с сильно утолщенными стенками и бедные протоплазмой, исполняют, главным образом, механическую функцию и дышат, вероятно, не сильнее, чем окружающие их паренхимные клетки листового черешка. Приняв это, мы можем рассчитать, что из 205 μl O_2 , которые потребляются 0,5 г проводящих путей подорожника за 30 мин. (см. табл. 1), колленхимой расходуется только 32 μl , остальные же 173 μl O_2 должны быть отнесены за счет дыхания флоэмы, составляющей в пучке около 13%.

На основании этого можно рассчитать, что 0,5 г таких клеток расходуют в процессе дыхания 1331 μl O_2 за 30 мин., что превосходит обычные для высших растений величины и может быть сопоставлено лишь с наиболее интенсивным дыханием прорастающих масличных семян и с дыханием плесневых грибов (7).

Таким образом, полученные результаты ясно показывают, что проводящие ткани флоэмы отличаются весьма активным обменом веществ, который сопровождается значительной затратой энергии. Этот вывод еще раз показывает несостоятельность взглядов зарубежных авторов на движение веществ как на механическое явление и заставляет признать его одним из наиболее напряженных метаболических процессов, к которым способны растения.

Дальнейшими опытами мы надеемся показать тесную связь между интенсивностью дыхания проводящих путей и движением органических веществ.

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

Поступило
8 IV 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Курсанов и М. Запрометов, ДАН, 68, 1113 (1949). ² А. Курсанов и М. Запрометов, ДАН, 69, 89 (1949). ³ O. Curtis, Ann. of Bot., 39, 583 (1925). ⁴ E. Münch, Die Stoffbewegungen in d. Pflanz., Jena, 1930. ⁵ H. Dixon, Proc. Roy. Soc., ser. B, 125, 4 (1928). ⁶ A. S. Crafts, Bot. Rev., 15 (9), 471 (1939). ⁷ С. Костычев, Физиология растений, 1, 377, Л., 1924.