

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

М. В. ТУРКИНА и И. М. ДУБИНИНА

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
СОСУДИСТО-ВОЛОКНИСТЫХ ПУЧКОВ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 4 XII 1953)

В настоящее время накапливается все больше фактов, указывающих на то, что передвижение пластических веществ в растении является активным физиологическим процессом, возникающим в результате своеобразного обмена веществ всего растительного организма, и прежде всего обмена веществ его проводящих тканей. Однако литературные данные по вопросу об обмене веществ проводящих путей растений почти полностью отсутствуют. Между тем метаболический характер движения органических веществ требует тщательного изучения физиологической и биохимической деятельности сосудисто-волоконистых пучков, так как только такой подход к изучаемому вопросу может привести к выяснению сложного механизма передвижения.

Уже первые опыты по обмену веществ сосудисто-волоконистых пучков сахарной свеклы и подорожника, проведенные в нашей лаборатории (1), показали, что эти ткани обладают очень интенсивным дыханием. Это позволяет считать проводящие ткани весьма активными в физиологическом отношении и указывает на их способность осуществлять энергетические затраты, необходимые для метаболических процессов, обуславливающих передвижение органических веществ.

Исходя из представления, что дыхание определяет энергетическую сторону процесса передвижения пластических веществ, мы считали интересным более полно изучить дыхание сосудисто-волоконистых пучков, так как отличительные особенности дыхательного аппарата этих тканей могут пролить свет на выяснение механизма движения органических соединений. Опыты проводились, как и в прежних работах нашей лаборатории (1, 2), с сосудисто-волоконистыми пучками сахарной свеклы и подорожника, которые извлекались непосредственно перед опытом из листовых черешков.

Для определения типа дыхательных систем, функционирующих в проводящих путях, мы воспользовались приемом торможения отдельных дыхательных систем специфическими ингибиторами. Так, применение цианистого калия давало возможность подавлять деятельность окислительных ферментов, содержащих в своей активной группе железо (цитохром-оксидаза, пероксидаза) или медь (полифенолоксидаза, аскорбиноксидаза), а применение диэтилдитиокарбамата (ДДК) подавляло действие окислительных ферментов, содержащих в своей активной группе только медь. Обычно применение этих ядов не останавливает полностью дыхания, которое в таком случае осуществляется за счет окислительных ферментов, не содержащих в своей активной группе тяжелых металлов, — возможно, за счет флавинопротеиновой системы.

Определение общего дыхания тканей и дыхания в присутствии различных ингибиторов проводилось в приборе Варбурга по поглощению  $O_2$  при температуре  $30^\circ$ . Сосудисто-волокнистые пучки сахарной свеклы, непосредственно перед опытом извлеченные из черешков, разрезались на куски длиной в 2—3 см. Часть из них, в количестве 0,5 г свежего веса, инфильтрировалась водой (контроль), две другие части — соответственно растворами KCN (0,01 M) или диэтилдитиокарбамата (0,01 M). Инфильтрация облегчала проникновение растворенных ядов в ткани.

Сосудисто-волокнистые пучки после инфильтрации помещались в основную часть сосудика, куда также добавлялась вода или растворы KCN или диэтилдитиокарбамата. В средний стаканчик наливалось 20% KOH для поглощения  $CO_2$ .

После выравнивания температуры начинались отсчеты с интервалами в 30 мин. в течение 2—2,5 час. Для того чтобы полнее выявить особенности дыхательного аппарата проводящих тканей, параллельно проводились опыты по определению дыхательных систем листовых пластинок и листовых черешков после удаления из них проводящих путей. Результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Дыхательные системы различных тканей сахарной свеклы  
(в  $\mu g O_2$  на 0,5 г живого веса при  $30^\circ$ )

Сорт	Ткани	Общее дыхание в $\mu g O_2$	Дыхательные системы в % от общего дыхания		
			полифенол-оксидазн.	цитохромоксидазн.	остаточн.
Уладовка № 752	Листовые пластинки	92,8	69,9	10,3	19,8
	Листовые черешки	18,5	68,0	17,4	14,6
Верхняячка	Проводящие пути	97,6	54,0	40,7	5,3
	Проводящие пути	120,4	45,2	45,7	9,1

Как видно из табл. 1, проводящие пути сахарной свеклы обладают интенсивным дыханием, которое в 4—5 раз превосходит дыхание окружающих тканей черешка и даже превышает дыхание высокоактивных в физиологическом отношении тканей листовых пластинок. Эти данные подтверждают ранее проведенные наблюдения А. Л. Курсанова и М. В. Туркиной (1). Кроме того, из табл. 1 видно, что дыхание проводящих тканей отличается не только своей интенсивностью, но и характером участвующих в нем окислительных систем. Наряду с полифенол-оксидазной системой, активность которой велика как в сосудисто-волокнистых пучках, так и в листовых пластинках и листовых черешках, проводящие пути имеют высокоактивную цитохромоксидазную систему, которая представлена весьма слабо в других тканях. Так как основная функция сосудисто-волокнистых пучков состоит в проведении питательных веществ, наличие в них активной цитохромоксидазной системы, в отличие от других тканей, в которых активность этой системы значительно слабее, наводит на мысль об участии цитохромоксидазной системы в механизме передвижения пластических веществ в растении.

В связи с этим следует отметить, что проникновение и передвижение минеральных веществ (в виде ионов) мыслится рядом авторов ((3, 4) и др.) как процесс, в котором дыхание служит непосредственным механизмом передачи ионов по протоплазме, причем, как считает Лундегорд, это дыхание имеет цитохромную природу.

Такое же своеобразие дыхательного аппарата сосудисто-волокнистых пучков, какое было установлено для проводящих тканей сахарной свеклы,

было обнаружено и у подорожника, где на долю цитохромоксидазного дыхания приходится более 50%, тогда как в тканях черешка и листовых пластинок ее активность не превышает 12—30%.

В одной из предыдущих работ (2) было показано, что сосудисто-волоконистые пучки реагируют на введение в них сахарозы резким подъемом дыхания. Это указывает на то, что сахароза активно вовлекается в обмен веществ клеток проводящих тканей. Так как по нашим наблюдениям (5), а также по литературным данным (6), именно этот сахар является наиболее подвижной формой углеводов в проводящей системе, нам казалось интересным установить природу дыхания, возбуждаемого сахарозой. Для этого в опытах, аналогичных предыдущим, после второго отсчета поглощения  $O_2$ , к тканям сосудисто-волоконистых пучков подорожника, находящихся, соответственно, в воде (контроль), в  $M/100$  KCN или в  $M/100$  ДДК, добавляется из бокового сосудика раствор сахарозы, после чего вновь продолжались отсчеты. Концентрация раствора сахарозы составлялась с таким расчетом, чтобы при добавлении его в основную часть сосудика испытываемые ткани оказались в  $0,05 M$  растворе сахарозы. Результаты представлены на рис. 1.

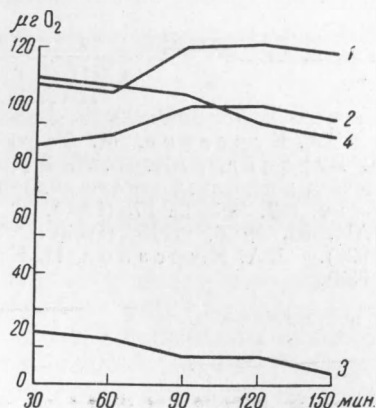


Рис. 1. Влияние сахарозы на интенсивность дыхания сосудисто-волоконистых пучков подорожника, находящихся в воде (1), в  $M/100$  ДДК (2), в  $M/100$  KCN (3), 4 — контроль

Из рис. 1 видно, что ткани, отравленные ядами, резко снижают дыхание, что особенно сильно выражено при ингибировании цианистым калием. Это указывает на наличие очень активной цитохромоксидазной системы, как и было показано в начале данной статьи. Прибавление сахарозы приводит к резкому подъему дыхания у образцов, находящихся в воде, и к несколько более слабому подъему его у образцов, находящихся в растворе ДДК.

Образцы, отравленные цианистым калием, совершенно не реагируют на введение в них сахарозы и ведут себя аналогично контрольным образцам, сахароза к которым не добавлялась. Это указывает на то, что именно цитохромоксидазная система определяет тот подъем дыхания проводящих тканей, который возникает при введении в них органического вещества — в данном случае сахарозы.

Для ближайшего знакомства с природой дыхательного процесса проводящих тканей известную ценность могли представлять определения дыхательного коэффициента, т. е. отношение объемов выделяемой углекислоты и поглощаемого кислорода.

Поэтому нами были поставлены опыты в приборе Варбурга, в которых дыхание сосудисто-волоконистых пучков сахарной свеклы и подорожника учитывалось не только по поглощению  $O_2$ , но и по выделению  $CO_2$ . Это дало возможность определить дыхательный коэффициент, который на ряде опытов оказался равным для сахарной свеклы 1,07, а для подорожника 1,2. Полученные величины позволяют заключить, что основным дыхательным субстратом проводящих тканей является углеводы, а также частично могут быть использованы вещества более окисленные, например органические кислоты, о наличии которых в сосудисто-волоконистых пучках можно предполагать на основании их способности к передвижению (7).

Наконец, следует отметить, что так как в предыдущих работах (1, 2), а равно и в опытах, описанных в настоящей статье, дыхание сосудисто-волоконистых пучков определялось только по поглощению  $O_2$ , оставалось сомне-

ние, не является ли интенсивное поглощение кислорода проводящими путями временным и односторонним процессом, возникающим вследствие внезапного проникновения большого количества  $O_2$  к извлеченным из тканей черешка сосудисто-волокнистым пучкам. Определение дыхательных коэффициентов показало, что дыхательный газообмен проводящих путей является уравновешенным физиологическим процессом и, следовательно, характеризует нормальную деятельность этих тканей.

В заключение авторы приносят глубокую благодарность акад. А. Л. Курсанову за внимательное руководство работой.

Поступило  
3 XII 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Курсанов, М. Туркина, ДАН, 84, № 5 (1952). <sup>2</sup> А. Курсанов, М. Туркина, ДАН, 85, № 3 (1952). <sup>3</sup> Е. Ратнер, Минеральное питание растений и поглотительная способность почв, изд. АН СССР, 1950. <sup>4</sup> H. Lundegårdh, Nature, 157, № 3992, 575 (1946). <sup>5</sup> А. Курсанов, М. Туркина, И. Дубинина, ДАН, 93, № 6, 1115 (1953). <sup>6</sup> T. Mason, C. Maskell, Ann. of Botany, 17, 165 (1928). <sup>7</sup> А. Курсанов, Н. Крюкова, Э. Вискребенцева, Биохимия, № 5 (1953).