

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. Н. БЕЛЛ

**О МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА
НА ПОГЛОЩЕНИЕ ЛУЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ ЛИСТЬЯМИ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 29 I 1954)

В предыдущих наших сообщениях (¹, ²) было показано, что при использовании достаточно чувствительной аппаратуры можно обнаружить зависимость количества проходящего через лист света от наличия углекислого газа в атмосфере листа. Этот эффект одинаково наблюдается как при кратковременном, так и при непрерывном освещении листа и не зависит от интенсивности облучения. Кроме того, при подавлении фотосинтеза парами фенилуретана эффект также наблюдался. Таким образом, стало ясно, что это явление не связано непосредственно с фотосинтезом.

Ниже приводятся новые данные, которые, по нашему мнению, позволяют ответить на вопрос о механизме возникновения обсуждаемого эффекта. Метод измерения при помощи фотоэлектрического дифференциального фотометра описан в (²).

Прежде всего были поставлены опыты с целью выяснить, вызвано ли уменьшение показаний приемника под листом истинным поглощением света или таким перераспределением его, которое дает подобный же эффект. Для этого в схему был включен еще один дополнительный фотоэлемент 3 (см. рис. 1) и измерялась разность токов в фотоэлементах 1—2 и 2—3. Если бы уменьшение количества света, попадающего в фотоэлемент 2, было обусловлено рассеянием части вертикально проходящего света, то следовало бы ожидать, что одновременно увеличится ток в фотоэлементе 3 по отношению к току в 2. На самом деле это не наблюдается и даже имеет место обратное явление. Что эффект не обусловлен перераспределением света, следует также из опытов с селеновым фотоэлементом, в которых лист был почти вплотную прижат к чувствительной поверхности фотоэлемента и, следовательно, весь проходящий свет, независимо от его направления, регистрировался прибором.

Эффект не наблюдался в альбиносных листьях герани или при облучении зеленых листьев инфракрасными лучами, не поглощаемыми пигментами листа *. Эти факты указывают, что обсуждаемый эффект наблюдается только при наличии поглощающих центров в листе.

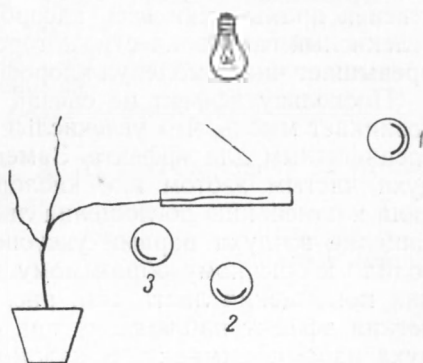


Рис. 1. Схема расположения фотоэлементов для выяснения роли пространственного перераспределения проходящего света

* В опытах с инфракрасными лучами лист облучался светом, прошедшим через щоттовский фильтр RG-8, пропускающий лучи с $\lambda > 720$ м.μ. Использовались оксидно-цинковые фотоэлементы ЦГ-3.

Можно было думать, что углекислый газ образует лабильное соединение с пигментами листа и таким образом изменяет их спектр поглощения. Однако против этого говорят проведенные нами измерения по зависимости величины эффекта от концентрации углекислого газа. Измерения про-

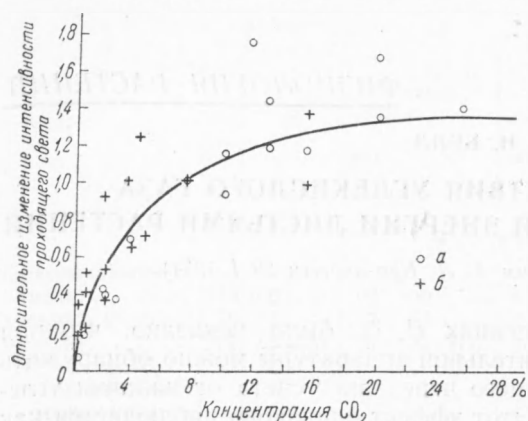


Рис. 2. Кривая зависимости изменения интенсивности проходящего света от концентрации углекислого газа

водились при следующем порядке смены состава газа: 1) 7,7% CO_2 ; 2) 0% CO_2 (воздух пропускается через фильтр с NaOH); 3) $p\%$ CO_2 , где p меняется от опыта к опыту; 4) 0% CO_2 ; 5) 7,7% CO_2 .

Величина эффекта при $p\%$ относилась к величине, соответствующей концентрации в 7,7% CO_2 , принимаемой таким образом за единицу в каждом отдельном опыте. Измерения проводились с неотрезанными листьями кукурузы и герани.

Экспериментальная кривая показана на рис. 2. Она соответствует фор-

муле $\frac{\Delta I_t}{I_t} = \frac{aC}{1 + bC}$, где I_t — интенсивность проходящего света и коэффициенты $a = 0,35$ и $b = 0,22$ подбирались для лучшего совмещения кривой с экспериментальными точками. Формула $y = \frac{aC}{1 + bC}$ описывает,

как известно, изотерму сорбций ⁽³⁾, и это указывает, что за эффект ответственен практически весь адсорбируемый листом углекислый газ, количество которого в десятки раз превышает число молекул хлорофилла в листе ⁽⁴⁾.

Поскольку эффект не связан с фотосинтезом, возникает мысль, что углекислый газ не является специфичным для эффекта. Замена обычного воздуха чистым азотом или кислородом не приводила к изменению поглощения листа. Однако обогащение воздуха парами уксусной кислоты приводило к обычному обратимому эффекту изменения поглощения листа (см. рис. 3). Еще более четкий эффект наблюдался при обогащении воздуха парами аммиака. В каждом опыте явление предварительно проверялось при помощи CO_2 . Большие концентрации уксусной кислоты обуславливали необратимое увеличение поглощения листа, а большие концентрации аммиака — необратимое уменьшение поглощения.

Проведенные опыты позволяют выдвинуть следующее объяснение изучаемого явления. Как известно, под действием тех или иных веществ может меняться pH, а следовательно, и степень дисперсности протоплазмы клеток листа ⁽⁵⁾. Изменение же степени дисперсности протоплазмы приводит к изменению рассеивающей способности листа, а следовательно, и к изменению длины оптического пути луча света в листе. При наличии поглощающих (окрашенных) центров изменение длины оптического пути влечет за собой изменение количества поглощенного света. При уменьшении степени дисперсности протоплазмы

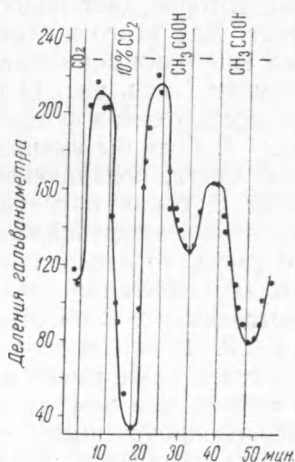


Рис. 3. Кривая изменения пропускания листа под влиянием паров уксусной кислоты

увеличивается мутность среды и поглощение света возрастает, увеличение же степени дисперсности приводит к уменьшению поглощения света.

Существенным для предлагаемого объяснения является тот факт, что при достаточно умеренных воздействиях возникающие изменения в состоянии протоплазмы обратимы.

Кислоты вызывают коагуляцию протоплазмы, т. е. уменьшение степени ее дисперсности. Таким образом, исходя из предлагаемого механизма, мы должны ожидать увеличения поглощения, что и наблюдается на самом деле. Действие щелочей двоякое. При низких концентрациях они вызывают обратимую коагуляцию протоплазмы, но по мере увеличения концентрации начинают преобладать чисто коллоидные явления, приводящие к увеличению степени дисперсности. Этот факт согласуется с наблюдаемым нами увеличением прозрачности листа под влиянием воздуха, содержащего большие концентрации аммиака.

Если предлагаемое объяснение правильно, то следует ожидать, что исследуемый эффект не специфичен для листа, а может возникнуть и в других системах, содержащих окрашенный белок. Для проверки этой возможности был поставлен следующий модельный опыт*. Обычным способом на дифференциальном фотометре измерялись изменения пропускания желтка куриного яйца, налитого в чашечку с прозрачным стеклянным дном. Сверху чашечка была открыта и попеременно обдувалась обычным воздухом или воздухом, обогащенным до 75% углекислым газом. Получающаяся при этом кривая показана на рис. 4. Как видно, получается эффект, совершенно подобный тому, который наблюдается в листе. Эффект также наблюдался в искусственно окрашенном белке — зеине, окрашенном хлорофиллом**.

Автор выражает благодарность проф. А. А. Ничипоровичу за ценные замечания при выполнении этой работы.

Институт физиологии растений
им. К. А. Тимирязева
Академии наук СССР

Поступило
29 I 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Н. Белл, ДАН, **83**, № 3, 477 (1952). ² Л. Н. Белл, ДАН, **92**, № 1, 165 (1953). ³ Дж. Мак-Бэн, Сорбция газов и паров твердыми телами, 1934. ⁴ Е. Рабинович, Фотосинтез, **1**, 1951, стр. 460. ⁵ Д. Н. Насонов, В. Я. Александров, Реакция живого вещества на внешние воздействия, Изд. АН СССР, 1940.

* Этот опыт предложен Я. Г. Оголевцом.

** Автор обязан О. П. Осиповой за предоставление этого комплекса.

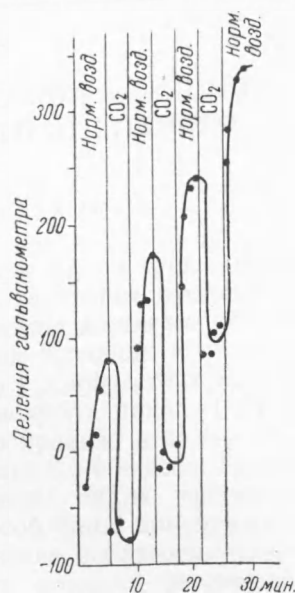


Рис. 4. Кривая изменения пропускания яичного желтка под влиянием углекислого газа