

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. Н. БЕЛЛ

**О ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ПОГЛОЩЕНИИ СВЕТА  
ЛИСТЬЯМИ РАСТЕНИЙ В ПРИСУТСТВИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА**

(Представлено академиком А. И. Опариным 30 VI 1953)

В сообщении (1) были приведены данные, подтверждающие старую работу К. Пуриевича (2) и доказывающие, что количество света, поглощаемого листьями растений, зависит от содержания углекислого газа в окружающей лист атмосфере. Оказалось, что в атмосфере, содержащей 10%  $\text{CO}_2$ , лист поглощает на 0,5—1% больше света, чем в отсутствие  $\text{CO}_2$ . Поскольку наличие  $\text{CO}_2$  является необходимым условием фотосинтеза, эти результаты интерпретировались нами, так же как и предыдущими исследователями (2, 3), как указание на зависимость поглощения света листьями растений от фотосинтеза.

Однако возможно, что обсуждаемый эффект, который за неимением другого названия можно назвать «эффектом дополнительного поглощения света», вообще не зависит непосредственно от фотосинтеза. Более того, можно себе представить, что агент или процесс, ответственный за дополнительное поглощение света, вообще не нуждается в наличии света для своего появления.

Целью настоящей работы было выяснить, необходим ли, помимо  $\text{CO}_2$ , еще и свет для образования дополнительно поглощающего агента или последний образуется в результате темновой фиксации  $\text{CO}_2$ . Выбор между «световым» и «темновым» вариантами механизма эффекта можно делать, зная зависимость его от интенсивности света, падающего на лист.

В самом деле, если эффект дополнительного поглощения света вызывается наличием некоторого продукта темновой фиксации  $\text{CO}_2$  и, следовательно, количество этого продукта не зависит от интенсивности света, то очевидно, что относительное изменение количества проходящего света  $\Delta I_t/I_t$  также не будет зависеть от интенсивности падающего света (см. рис. 3, а).

С другой стороны, возможно, что дополнительно поглощающий продукт образуется только на свету и является некоторым промежуточным продуктом фотосинтеза. Другим «световым» механизмом могла бы явиться зависимость населенности метастабильного состояния хлорофилла от количества  $\text{CO}_2$ . В (1) показано, что этот последний механизм приводит к разумному значению времени жизни возбуждения хлорофилла, если исходить из экспериментально определенного значения  $\Delta I_t/I_t$ . Можно показать, что при не слишком больших интенсивностях света (соответствующих прямолинейному участку фотосинтетической кривой) оба эти световые варианта объяснения эффекта должны привести к линейной зависимости  $\Delta I_t/I_t$  от интенсивности света (рис. 3, б).

Для измерения  $\Delta I_t/I_t$  был собран простой фотоэлектрический дифференциальный фотометр. Схема опытной установки показана на рис. 1.

Источником света  $I$  служила лампа накаливания 8 в, 20 вт. Напряжение на лампе регулировалось при помощи автотрансформатора  $T$  с плавной регулировкой и контролировалось на вольтметре  $B$ . Для уменьшения нагрева листьев под конденсором помещен стеклянный светофильтр  $C$ , поглощающий инфракрасные лучи. Под камерой с листом  $K$  помещен сурьмяно-цезиевый фотоэлемент  $\Phi_1$  (марки СЦВ-51), регистрирующий проходящий через лист свет. На пути светового пучка под углом  $45^\circ$  помещена прозрачная стеклянная пластинка  $\Pi$ , отражающая часть света

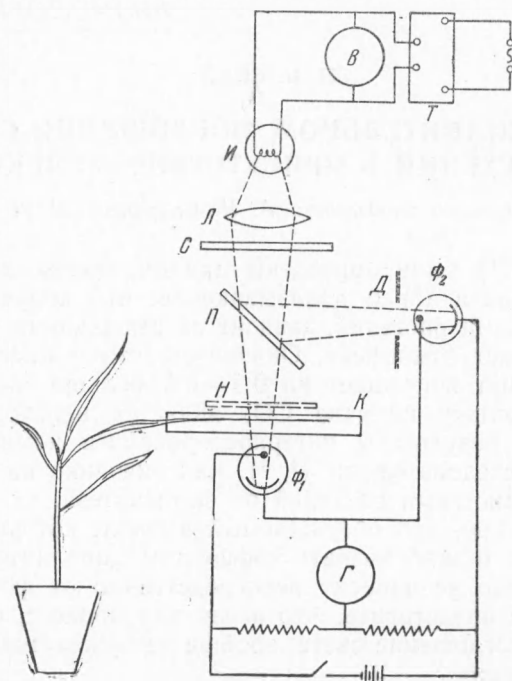


Рис. 1

в подобный компенсирующий фотоэлемент  $\Phi_2$ . Оба фотоэлемента включались навстречу друг другу по схеме моста. Разность токов в фотоэлементах измерялась при помощи двухшкального гальванометра  $\Gamma$  со световой стрелкой. Чувствительность наиболее чувствительной из шкал была  $2 \cdot 10^{-9}$  а/мм.

Использование дифференциальной схемы с одним источником света сводит к минимуму ошибки, обусловленные колебаниями интенсивности света, и делает излишним применение стабилизатора напряжения. Использование двух фотоэлементов, включенных навстречу, также уменьшает в значительной степени сползание зайчика гальванометра, вызванное утомлением фотоэлементов. Поскольку измерялась разность показаний гальванометра, то оставшееся сползание в окончательный результат особых погрешностей не вносило.

Опытный лист вводился в неглубокую плоскую камеру  $K$ , размерами  $10 \times 50 \times 100$  мм, большие стенки которой были сделаны из стекла. Камера не была вполне герметичной и газ непрерывно пропускался через нее в течение опыта. Контрольные опыты, проведенные при замене листа зеленым стеклянным фильтром, а также с листьями, помещенными над камерой (на пути светового пучка), показали, что в отсутствие живого листа изменение концентрации углекислого газа в воздухе, продуваемом через камеру, не вызывает изменений положения зайчика гальванометра.

Основные измерения проводились с неотрезанными листьями кукурузы. Растения выращивались в горшках в лаборатории на естественном солнечном свете и подсвечивались при необходимости светом от люминесцентных ламп белого света. Опыты проводились как с растениями, освещавшимися ночью перед опытом, так и с растениями, находившимися перед опытом в темноте.

Измерения проводились следующим образом. В начале опыта зайчик ставился на нуль при помощи ирисовой диафрагмы  $D$ , регулирующей количество света, падающего в компенсирующий фотозаэлемент  $\Phi_2$ .

Затем каждую минуту лист подвергался кратковременному облучению белым светом заданной интенсивности в течение 5—10 сек., необходимых для отсчета положения зайчика на шкале гальванометра. После 11 отсчетов (11 мин.) изменялось содержание углекислого газа в воздухе, продуваемом через камеру (0 или 12%), после чего опять делалось 11 отсчетов. Наконец, производилась еще одна серия отсчетов при первоначальном составе газа. Типичная кривая, полученная таким методом, показана на рис. 2. За характеристику величины изменения количества поглощенного света принимается среднее арифметическое значение высот левого и правого участков кривой,

т. е.  $\frac{a+b}{2} = \Delta$ .

Отношение этой величины к отклонению  $\Delta_0$ , вызываемому введением нейтрального стекла  $H$  с большим коэффициентом пропускания, т. е.  $\Delta/\Delta_0$ , пропорционально, как легко показать, интересующему нас отношению  $\Delta I_t/I_t$ .

Каждый опыт состоял в снятии трех кривых, подобных кривой рис. 2. Первая кривая снималась при максимально применявшейся интенсивности света (160 000 эрг/см<sup>2</sup> · сек, или 30 000 люкс), вторая — при некоторой меньшей интенсивности и, наконец, третья — при первоначальной интенсивности падающего света. Среднее из значений  $\Delta/\Delta_0$ , получаемых на основании первой и третьей кривых, принималось за величину, характеризующую  $\Delta I_t/I_t$  при этой наибольшей интенсивности света. Этим способом в значительной мере исключаются возможные ошибки, связанные с неодинаковым утомлением фотозаэлементов, изменением свойств листа, изменением внешних условий и т. д. Максимальная интенсивность света и соответствующая ей величина  $\Delta I_t/I_t$  в каждом отдельном опыте условно принимались равными единице (правая точка на рис. 3). Интенсивность света изменялась при помощи нейтральных светофильтров с известными коэффициентами пропускания.

Результаты измерений изображены графически на рис. 3. По оси абсцисс отложена в относительных единицах интенсивность света. По оси ординат отложено в условных единицах отношение  $\Delta I_t/I_t$ . Каждая точка является результатом одного опыта, состоящего, как уже отмечалось, в измерении трех кривых, подобных изображенной на рис. 2.

Как видно из графика, отношение  $\Delta I_t/I_t$  не зависит от интенсивности падающего на лист света. В согласии со сказанным выше это означает, что обсуждаемый эффект не обусловлен каким-либо явлением, ин-

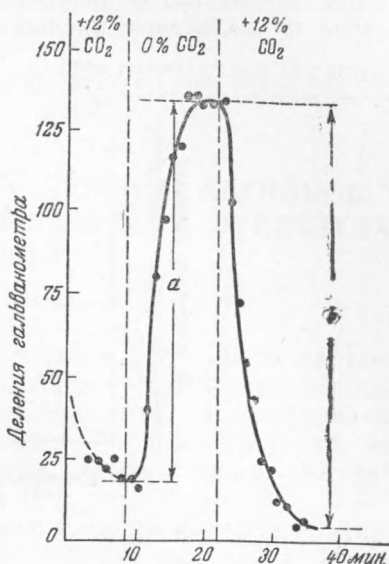


Рис. 2

тенсивность которого зависит от интенсивности света, и, в частности, он не вызывается непосредственно фотосинтезом.

Дополнительное доказательство отсутствия прямой зависимости эффекта от фотосинтеза было получено в опытах по подавлению фотосинтеза в листьях герани и кукурузы. Отравление листьев достигалось путем выдерживания их в течение ночи в сосуде, содержащем небольшое количество фенилуретана в виде порошка. Фотосинтез, определяемый по выделению кислорода в аппарате Варбурга, оказался подавлен-

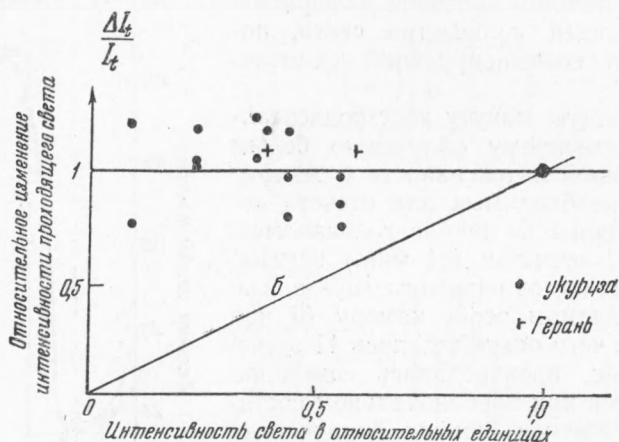


Рис. 3

ным этим способом на 80—90%. У отравленных таким способом листьев величина эффекта, определяемая отношением  $\Delta I_t/I_t$ , уменьшилась в значительно меньшей степени, чем интенсивность фотосинтеза. Более того, во многих случаях величина эффекта вообще не менялась, несмотря на то, что фотосинтез был подавлен более, чем на 80%.

На основе описанных опытов можно заключить, что исследуемый эффект не зависит непосредственно от процесса фотосинтеза и является, вероятно, результатом темновой фиксации  $\text{CO}_2^*$ . Этим не утверждается, что эффект не связан вообще с фотосинтетическим аппаратом; предварительные опыты, наоборот, указывают, что он теснейшим образом связан с хлоропластами листьев. Для выяснения характера этой связи и природы дополнительно поглощающего агента необходимы дальнейшие опыты.

Автор пользуется случаем выразить благодарность проф. А. А. Ничипоровичу за постоянное внимание к настоящей работе.

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

Поступило  
17 I 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Л. Н. Белл, ДАН, 83, № 3, 477 (1952). <sup>2</sup> К. Пуриевич, Зап. Киев. об-ва естеств., 23, 37 (1913). <sup>3</sup> М. Цвет, Хромофиллы в растительном и животном мире, 1910, стр. 340.

\* Полученные данные не исключают возможности, что для образования агента, ответственного за дополнительное поглощение света, достаточны количества света значительно меньше тех, которые могут быть обнаружены при помощи использованного нами прибора. Исследование этого вопроса требует применения значительно более чувствительного прибора.