Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 2

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. Н. БАБУШКИН

СПЕКТР ФОТОТАКСИСА ХЛОРОПЛАСТОВ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 7 II 1955)

Несмотря на значительное число работ, посвященных изучению спектра фототаксиса хлоропластов, этот вопрос до сих пор остается неясным, так как результаты исследований оказались противоречивыми.

Одни исследователи ([1–5]) считают, что в фототаксисе принимают участие только лучи синей части спектра, другие ([6, 7]) находили, что в движении хлоропластов с передней стенки клетки на боковые участвует и красная часть спектра. По данным А. Зужицкой ([7]), единственное отличие действия красного света от действия синего состоит в том, что красный свет не может вызвать движения хлоропластов навстречу свету, а способен только перемещать хлоропласты с передней стенки клетки на боковые. До настоящего времени также не изучена тонкая огибающая спектра фототаксиса хлоропластов, так как еще не разработан точный метод для снятия спектра фототаксиса.

В своих исследованиях, посвященных изучению спектра фототаксиса хлоропластов, мы сначала проверили действие красного света. На лист табака отбрасывался пучок света от лампы накаливания, который предварительно пропускался через светофильтр RG-2 и кювету с 6% раствором $CuSO_4$ для отфильтровывания инфракрасного света. Первые опыты подтвердили результаты, полученные А. Зужицкой. Действительно, после облучения красным светом листа табака, у которого хлоропласты были расположены на передней стенке, они через 20—30 мин. уходили с передней стенки, так же как они уходят от действия сильного синего света. Однако, когда мы улучшили отфильтровывание инфракрасного света при помощи специального стекла, которое задерживает инфракрасные лучи, то эффект прекратился. Применяя 3% раствор $CuSO_4$, А. Зужицкая не могла отфильтровать полностью инфракрасный свет, так как водный раствор $CuSO_4$ пропускает инфракрасные лучи в области от 900 до 1400 мμ: следовательно, она фактически изучала действие не только красных, но и инфракрасных лучей.

Чтобы убедиться, что движение хлоропластов с передней стенки вызывается инфракрасной частью спектра, мы применили лампу накаливания со светофильтром RG-8, который пропускает только инфракрасные лучи. Энергия инфракрасных лучей на расстоянии 8 см от осветителя была равна 390 000 эрг/см^2 · сек. Для опытов брались листья табака, у которых хлоропласты находились на передней стенке клеток. Через каждые 10 мин. экспозиции производился контроль положения хлоропластов. Уже через 20 мин. при помощи микроскопа можно было отчетливо заметить уход хлоропластов, а через 30—40 мин. у некоторых листьев даже визуально можно было отметить более светлое пятно по сравнению с необлученными участками листа. По своей природе действие инфракрасного света на движение хлоропластов во многом аналогично действию температуры на движение хлоропластов в темноте. Таким образом, Франк, Шталь и Зенн, обнаружившие действие красного, а Фаминцын — действие желтого све-

та, правильно считали, что это движение хлоропластов подобно движению их в темноте, хотя они не обнаружили действующего начала — инфракрасных лучей. Следовательно, фототаксис хлоропластов вызывается лишь синей частью спектра.

Мы также сделали попытку снять точную огибающую спектра фототаксиса. Для этого была разработана специальная методика. Мы применили сочетание призматического спектра и светового клина. В опытах был использован микроскопный спектрограф, а в качестве источника света киноламна мощностью в 500—750 вт. Брались тонкие листья табака, выращенного под люминесцентными лампами. Растения перед опытом выдерживались 2 суток в темноте. Листовая вырезка размером 40 × 20 мм верхней стороной накладывалась на световой клин микроскопного спектрографа (см. рис. 1). Затем вырезка накрывалась мокрой материей, а сверху накладывалась латунная пластинка толщиной 4—5 мм для прижатия листа. Применялась экспозиция в 1 час. После экспозиции на листе получаются участки, где хлоропласты выходят на переднюю стенку клетки. Эти места на листе получаются менее прозрачными.

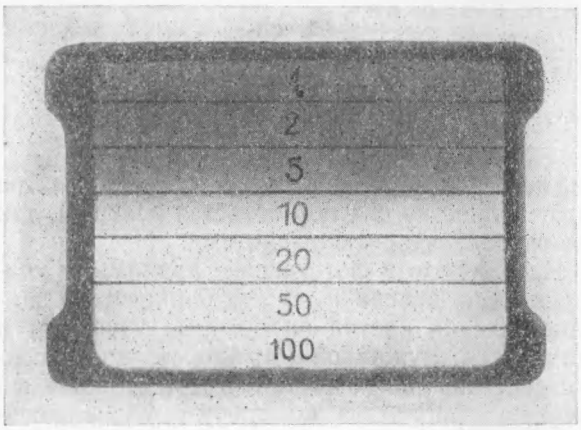


Рис. 1

Сначала мы пытались определить огибающую спектра при помощи микроскопа, оборудованного специальным предметным столиком. Однако этот метод мог дать лишь положение максимумов, так как, проведя около 40 таких опытов, мы не могли снять точной огибающей спектра. Наиболее подходящим оказалось контактное печатание на контрастной фотобумаге №№ 4 и 5 в синем свете. Для каждого листа необходимо подбирать определенную интенсивность света и время экспозиции. Свет регулировался так, чтобы те места, где хлоропласты находятся на передней стенке, не пропускали света, в результате чего в этих местах фотобумага получалась белой, а те места, где хлоропласты остались на боковых стенках, получались на бумаге темными. При проявлении фотоснимков мы применяли особо контрастный проявитель. Для уточнения методики снятия спектра мы провели около 100 опытов. Градуировочная шкала для определения значения максимумов фототаксиса была составлена по кривой зависимости коэффициента преломления для флинтгласса. Для проверки градуировочной шкалы были сфотографированы ртутные линии 404—407 и 436 мμ.

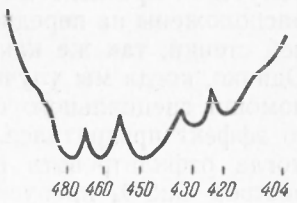


Рис. 2

Расшифровывание фотоснимков производилось по нескольким (свыше 10) фотографиям. Нам удалось отчетливо выяснить 5 максимумов поглощения света в синей части спектра: 420; 430; 450; 462 и 477 мμ с точностью ±2 —5 мμ (см. рис. 2).

Самый большой по ширине максимум относится к $\lambda = 450$ мμ (от 440 до 455 мμ). В некоторых фотографиях в этом широком максимуме проявляется несколько максимумов. Данный метод не может дать непосред-

ственно величину амплитуды максимумов, так как энергия света распределяется вдоль спектра неравномерно. При помощи специальной установки мы измерили распределение энергии вдоль спектра и произвели расчет для определения действительной величины амплитуды максимумов. В соответствии с этими расчетами действительное изображение спектра фототаксиса у табака показано на рис. 3. Только у двух максимумов 420 и 430 мμ амплитуда оказалась значительной.

Согласно найденным нами максимумам поглощения, в фототаксисе, повидимому, участвуют следующие пигменты хлоропластов: В-каротин (450 и 477 мμ), лютеол и эеаксантол (450 и 460 мμ), виолоксантол (417; 442; 472 мμ), хлорофилл а (430 мμ) и хлорофилл б (455 мμ).

Несмотря на возможные погрешности в определении принадлежности того или иного максимума поглощения спектра фототаксиса, можно сделать общий вывод, что в фотореакции, осуществляемой хлоропластом при фототаксисе, участвуют не отдельные пигменты, а весь комплекс пигментов хлоропласта. Это имеет важное значение для понимания природы фототаксиса и вполне согласуется с данными, указывающими, что при разрушении части пигментов хлоропласта, например хлорофилла, фототаксис прекращается. У спектра фототаксиса хлоропластов табака имеется два максимума поглощения: при $\lambda = 420$ мμ и $\lambda = 430$ мμ. Повидимому, максимум 420 мμ принадлежит виолоксантолу, а 430 мμ — хлорофиллу а. По всей вероятности, в фототаксисе принимает участие вся пигментная система хлоропластов в целом, а не отдельные пигменты, как считал, например, Фёркель ([8]).

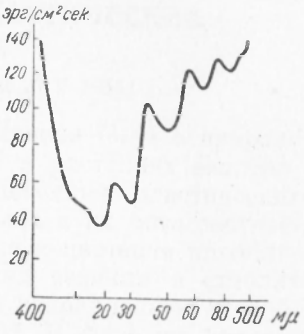


Рис. 3

Выражаю глубокую благодарность проф. А. А. Ничипоровичу за руководство работой.

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

Поступило
7 II 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. С. Фаминцын, Jahrb. f. wiss. Bot., 6, 49 (1867/1868). [2] B. Frank, Bot. Ztg., 29 (1871). [3] B. Frank, Jahrb. f. wiss. Bot., 8 (1872). [4] E. Stahl, Bot. Ztg. Jahrg., 38 (1880). [5] G. Senn, Die Gestalts- u. Lageveränderung der Pflanzenchromatophoren, Leipzig, 1908. [6] K. Linsbauer, E. Abramovicz, Sitzber. d. Akad. Wiss. Wien, Math.-Nat. Kl., 1, 118 (1909). [7] A. Zurzycka, Acta Soc. Bot. Poloniae, 21, No. 1—2 (1951). [8] S. U. Voerkel, Planta, 21 (1934).