

Р. БОХМАН, Л. А. БЛЮМЕНФЕЛЬД, А. К. КУКУШКИН, Э. К. РУУТЕ

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПАРАМАГНИТНЫХ ЦЕНТРОВ
В ЗЕЛЕННЫХ ЛИСТЬЯХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЕТА
С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ БОЛЬШЕ 725 мμ

(Представлено академиком Н. М. Эмануэлем 8 VI 1971)

Обычно принято считать, что фотоиндуцированный сигнал э.п.р. с $g \approx 2,0025$ и $\Delta H_m \approx 8$ гс (сигнал I) в высших растениях и зеленых водорослях обусловлен окисленной формой реакционного центра фотосистемы I — пигментом P700⁺, для восстановления которого требуется перенос электронов из фотосистемы II (1, 2). В то же время работы, посвященные изучению кинетики возникновения и гибели сигнала I и его релаксационных параметров, свидетельствуют о том, что за этот сигнал, возможно,

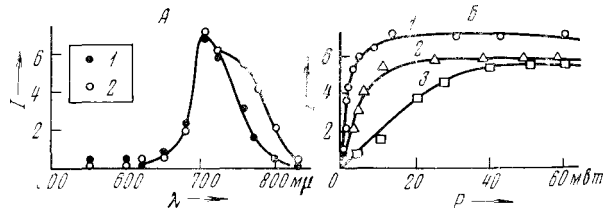


Рис. 1. Изменение интенсивности сигнала I (в отн. ед.) от длины волны возбуждающего света (А) и от мощности света (Б). Для А: 1 — световой поток $3,5 \cdot 10^{16}$ квант/см²·сек, 2 — $8 \cdot 10^{16}$ квант/см²·сек; для Б: 1 — 704 мμ, 2 — 729, 3 — 753 мμ

ответственны несколько типов парамагнитных центров (3-6). Целью настоящей работы было установление связи между пигментными системами зеленых листьев и фотоиндуцированным сигналом э.п.р.

Опыты проводили на листьях китайской розы и традесканции. Осветитель состоял из лампы накаливания мощностью 3 вт и системы линз с нейтральными светофильтрами. Для подбора спектрального состава света использовали интерференционные светофильтры фирмы «Цейс» с полосой пропускания 8—15 мμ. Сигналы э.п.р. регистрировали при комнатной температуре на спектрометре В-ER 418 s фирмы «Брукер». На рис. 1А представлена зависимость интенсивности сигнала I от длины волны возбуждающего света (спектр действия). Выход индуцированных светом парамагнитных центров максимален при длине волны 700—710 мμ, в сторону более коротких волн величина сигнала I быстро падает и при 625 мμ наблюдается только более широкий сигнал II. Световой поток $3,5 \cdot 10^{16}$ квант/см²·сек является насыщающим для сигнала I при всех $\lambda < 725$ мμ, для насыщения интенсивности сигнала I при $\lambda > 725$ мμ приходится поднять мощность света до $8 \cdot 10^{16}$ квант/см²·сек. Это различие насыщения интенсивности сигнала I при увеличении светового потока для разных длин волны отчетливо видно на рис. 1Б. При насыщающей мощности света в спектре действия при $\lambda > 725$ мμ появляется плечо, соответствующее дополнительному максимуму в области 730—760 мμ. Такое поведение фотоиндуцированного сигнала э.п.р. при повышении мощности света заставляет предположить, что сигнал при $\lambda > 750$ мμ возникает в результате поглощения света не хлорофиллом, а другой пигментной системой. Сигналы э.п.р., воз-

никающие под действием света длиной волны 700 и 750 мμ, практически совпадают по *g*-фактору и ширине, однако отличаются по релаксационным параметрам. Гомогенное насыщение с ростом с.в.ч. мощности наступает раньше, для сигнала, возникающего при $\lambda \approx 700$ мμ.

Кинетические характеристики также свидетельствуют о различиях между парамагнитными центрами, индуцированными светом 700 и 750 мμ (рис. 2 и 3). Возникновение и гибель сигнала *I* при длине волны 700 мμ происходит заметно быстрее, чем при 750 мμ. При переходе в более коротковолновую область ($\lambda < 650$ мμ), где сигнал *I* не виден, гибель парамагнитных центров происходит быстрее, чем в темноте (фактически речь идет об эффекте Эмерсона по сигналу э.п.р.). Кинетика роста сигнала *I* при переходе от 650 к 700 мμ практически совпадают с кинетикой после включения света с $\lambda \approx 700$ мμ; в случае перехода от 650 к 750 мμ наблюдается индукционный период и число парамагнитных центров достигает стационарного уровня значительно медленнее, чем в случае перехода от темноты к свету с $\lambda \approx 750$ мμ. Переход от 700 к 750 мμ сопровождается быстрым

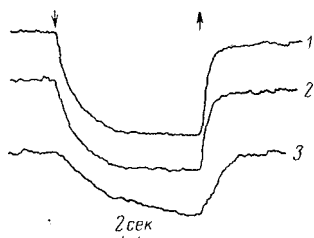


Рис. 2

Рис. 2. Кинетика гибели и возникновения сигнала *I* при выключении (↓) и включении (↑) света. 1 — 704 мμ, 2 — 729, 3 — 753 мμ

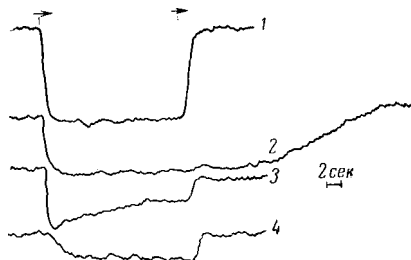


Рис. 3

Рис. 3. Кинетика сигнала *I* при смене длины волны возбуждающего света. 1 — 704 → 644 → 704 мμ, 2 — 753 → 644 → 753 мμ, 3 — 704 → 753 → 704 мμ; 4 — 704 → 753 → 704 мμ после обработки ХММ

уменьшением интенсивности сигнала *I* ниже конечного уровня, после чего сигнал медленно растет. После обработки листа дихлорфенилдиметилмочевиной (ХММ) — ингибитором, выключающим фотосистему II, интенсивность сигнала *I* при переключении 700 на 760 мμ уменьшается плавно до конечного уровня.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о том, что облучение зеленых листьев светом с $\lambda > 725$ мμ приводит к возникновению сигнала э.п.р., который хотя бы частично обусловлен не P700⁺, а другим парамагнитным центром, связанным с пигментной системой, поглощающей свет в области 730—760 мμ. Активные центры этой пигментной системы (дающие сигнал э.п.р.) взаимодействуют с фотосистемами I и II в том смысле, что могут восстанавливаться и окисляться в результате обмена электронами с этими двумя фотосистемами. Пигментом, участвующим в образовании фотоиндуцированного сигнала э.п.р. в области далекого красного света и поглощающим при $\lambda > 725$ мμ, возможно, является фитохром (7, 8).

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
31 V 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ H. Beinert, B. Kok, G. Hoch, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 7, 209 (1962).
² E. C. Weaver, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 19, 283 (1968). ³ P. Sogo, R. Faucett, T. Holzer, *Nature*, 204, 1076 (1964). ⁴ E. C. Weaver, *Comparative Biochemistry and Biophysics of Photosynthesis*, Tokyo, 1968, p. 240. ⁵ Д. Н. Кафалиева, Л. А. Блюменфельд и др., *Биофизика*, 14, 1117 (1969). ⁶ Д. Н. Кафалиева, А. Г. Четвериков, Л. А. Блюменфельд, *Биофизика*, 14, 1119 (1969). ⁷ H. N. Kroes, *Physiol. Veg.*, 8, 533 (1970). ⁸ W. Naupf, *Physiol. veg.*, 8, 551 (1970).