Доклады Академии наук СССР
1976. Том 229, № 5

УДК 581.1.035

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. Л. СУДАКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФИТОХРОМНОЙ СИСТЕМЫ В ЭТИОЛИРОВАННЫХ ПРОРОСТКАХ ГОРОХА ПРИ ДЕЙСТВИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ КРАСНЫМ СВЕТОМ

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 7 IV 1976)

Объектом для спектрофотометрического исследования динамики фитохрома (P) обычно служат этиолированные проростки различных растений ([1], [2]). Это удобный материал для изучения последействий воздействия на фитохромную систему кратковременных (минуты) вспышек света. Выяснение действия более длительного облучения на P затруднено из-за интенсивного образования хлорофилла, маскирующего максимум поглощения P в области 660 нм. По этой причине исследование динамики изменения содержания P в тканях растений возможно только в течение нескольких первых часов облучения, максимальная длительность которого определяется чувствительностью спектрофотометрической установки. Такое исследование было проведено на этиолированных проростках гороха сорта Неистощимый.

Методики выращивания проростков и приготовления образцов описаны ранее ([3]). Количественная оценка содержащегося в тканях растений общего фотообратимого фитохрома $P=P_{FR}+P_R$ и активной формы P_{FR} проводилась с использованием двухдлинноволнового дифференциального спектрофотометра ([4]) методом трех отсчетов. Суть этого метода состоит в трех последовательных измерениях разности в оптической плотности материала $\Delta OD=OD_{730}-OD_{660}$, где OD_{730} и OD_{660} — оптическая плотность исследуемых тканей при $\lambda=730$ и $\lambda=660$ нм; $n_1\sim\Delta OD_1$ — показания выходного прибора спектрофотометра без облучения кюветы с образцом, $n_2\sim\Delta OD_2$, $n_3\sim\Delta OD_3$ отсчеты после облучения образца ДК и К светом соответственно ([4], [5]). Значение P_{FR} определяются как $P_{FR}\sim n_2-n_1$, а $P\sim n_2-n_3$. Облучение проростков проводилось в контролируемых температурных условиях. Источник К (красного) света был изготовлен из восьми 15-ваттных люминесцентных ламп в комбинации со светофильтром, состоящим из двух слоев красной ацетатной пленки, красного стекла типа КС-13 и 1 см слоя раствора 2% $CuCl_2$ в 10% HCl. Доля длинноволнового ($\lambda>700$ нм) излучения такого источника не превышает 1%. Интенсивность света в ходе эксперимента варьировалась нейтральными пленками.

Экспериментальные кривые, отражающие изменение содержания P и P_{FR} в тканях этиолированных проростков гороха сорта Неистощимый при действии длительного облучения К светом при температуре 26° и $I_1=0{,}072$, $I_2=0{,}045$ и $I_3=0{,}017$ вт/м² приведены на рис. 1.

Для анализа полученных экспериментальных результатов использовалась система уравнений, предложенная для описания динамики фитохромной системы при действии света произвольного спектрального состава ([5]).

$$\dot{P}=\alpha(P_{OR}-P)-(\beta_2-\alpha)P_{FR};$$
$$\dot{P}_{FR}=\Phi_1 P-(\Phi_1+\Phi_2+\beta_1+\beta_2)P_{FR},$$

где α, β_1, β_2 — соответственно константы скоростей ресинтеза (новообразования) P — реверсии $P_{FR}\to P_R$ и деструкции P_{FR}, а Φ_1 и Φ_2 — функционалы

вида $\Phi_{1,2}=k\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I(\lambda)\sigma_{1,2}(\lambda)\,d\lambda$, определяющие количество лучистой энергии, поглощенной данной формой фитохрома, и динамику фотохимической реакции конверсии $P_{FR}\rightleftarrows P_R$. Принимая во внимание, что экспериментально измеренные зависимости $P(t)$ и $P_{FR}(t)$ не зависят от новообразования, поскольку минимальный уровень измеренного P выше $P_{кр}$, при котором включается процесс ресинтеза P_R ([6], [7]), решение системы уравнений при начальных условиях $P_{FR}|_{t=0}=0$; $P|_{t=0}=P_{max}=P_0$ записывается в виде

$$P=\frac{P_0}{k_2-k_1}(k_2 l^{-k_1 t}-k l^{-k_2 t}); \quad P_{FR}=\frac{P_0 k_1 k_2}{\beta_2(k_2-k_1)}(l^{-k_1 t}-l^{-k_2 t}).$$

Значения констант β_1 и β_2 определены из специальной серии экспериментов и равны $\beta_1=0{,}35\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$, $\beta_2=1{,}85\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$. Значения $\Phi_1^{(2)}$ и $\Phi_2^{(2)}$ при действии света с $I_2=0{,}045$ вт/м^2 рассчитывались из соотношений

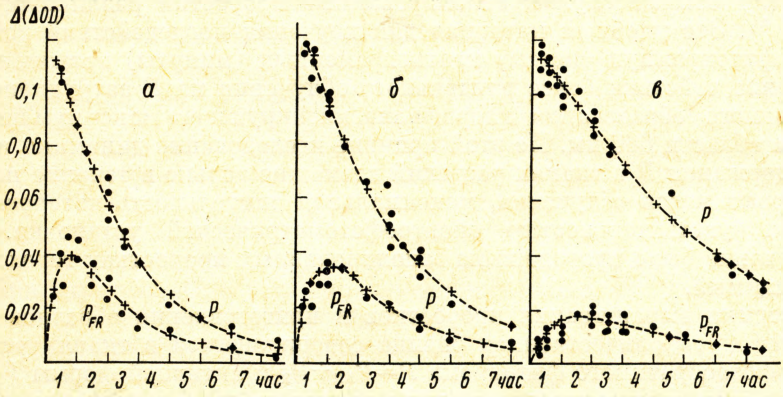

Рис. 1. Изменение содержания P и P_{FR} в тканях этиолированных проростков гороха при действии облучения красным светом: *а* — $I=0{,}072$ вт/м^2, *б* — $I=0{,}045$ вт/м^2, *в* — $I=0{,}017$ вт/м^2

$\Phi_1=k_1k_2/\beta_2$; $\Phi_2=k_1+k_2-\Phi_1-\beta_1-\beta_2$. Необходимые для расчета величины k_1 и k_2 определялись из экспериментальных кривых $P_{FR}(t)$ или $P(t)$ (рис. 1). Значения $\Phi_1^{(1,3)}$ и $\Phi_2^{(1,3)}$ для $I_1=0{,}072$ и $I_3=0{,}017$ вт/м^2 были определены расчетом из условия пропорциональности значения Φ_1 и Φ_2 интенсивности облучающего потока при его неизменном спектральном составе $\Phi_{1,2}^{(1,3)}=\Phi_{1,2}^{(2)}I_{1,3}/I_2$. В результате найдены следующие значения Φ_1 и Φ_2:

$I_2=0{,}045$ вт/м^2, $\Phi_1^{(2)}=1{,}17\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$, $\Phi_2^{(2)}=1{,}04\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$;

$I_1=0{,}078$ вт/м^2, $\Phi_1^{(1)}=1{,}88\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$, $\Phi_2^{(1)}=1{,}67\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$;

$I_3=0{,}017$ вт/м^2, $\Phi_1^{(3)}=0{,}45\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$, $\Phi_2^{(3)}=0{,}4\cdot10^{-2}$ мин$^{-1}$.

Построенные с использованием рассчитанных значений Φ_1 и Φ_2 зависимости $P_{FR}(t)$ и $P(t)$, обозначенные на рис. 1*а*, *б*, *в* знаком (+), сравнивались с экспериментально снятыми кривыми $P_{FR}(t)$ и $P(t)$. Ориентируясь на близкое совпадение вычисленных зависимостей $P_{FR}(t)$ и $P_{общ}(t)$ для случая длительного облучения этиолированных проростков гороха К светом с экспериментально снятыми кривыми $P_{FR}(t)$ и $P(t)$ для всех трех используемых в эксперименте интенсивностей К света, по-видимому, можно считать, что динамика фитохромной системы при непрерывном

(до 9 час.) воздействии К светом низкой интенсивности определяется двумя фотохимическими процессами: фотоконверсией $P_{FR} \rightleftarrows P_R$ и двумя нефотохимическими процессами — реверсией $P_{FR} \rightarrow P_R$ и деструкцией P_{FR}.

Агрофизический научно-исследовательский
институт ВАСХНИЛ
Ленинград

Поступило
5 IV 1976

ЛИТЕРАТУРА

[1] *W. S. Hillman,* Ann. Rew. Plant Physiol., v. 18, 301 (1967). [2] *H. Furuya, W. S. Hillman,* Planta, v. 63, 1, 31 (1964). [3] *В. Л. Судаков,* Бюлл. научно-технич. информ. по агрономической физике, № 14, Л., 1970, стр. 23. [4] *В. Л. Судаков.* Сб. тр. по агрономической физике, в. 21, 1970, Л., стр. 114. [5] *Л. Я. Фукшанский.* Сб.: Колебательные процессы в биологических и химических системах, М., 1967, стр. 384. [6] *D. P. Clarkson, W. S. Hillman,* Nature, v. 213, 5075, 468 (1967). [7] *В. Л. Судаков,* ДАН, т. 206, № 5, 1250 (1972).