

Х. Я. ХЕЙН, О. П. ОСИПОВА,
член-корреспондент АН СССР А. А. НИЧИПОРОВИЧ

**ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА
РАСТЕНИЙ *Vicia faba* L. ПРИ СМЕНЕ
СВЕТОВОГО РЕЖИМА**

Возможность изменения свойств фотосинтетического аппарата растений при смене светового режима установлена в ряде исследований. Так, Хардер (1) показал уменьшение скорости фотосинтеза водного мха *Fontinalis antipyretica* при переносе световых растений в затенение. После двух дней растения приобретали свойства, характерные для теневых растений. Изменения световых кривых фотосинтеза наблюдались при затенении фитопланктона в течение одного дня (2). Скорость изменений фотосинтетической активности в этом случае определялась степенью затенения. Изменения скорости фотосинтеза и дыхания ряски *Spirodela polyrrhiza* Schleid наблюдали Гапоненко и Стажецкий (3) при перемещении растений со слабого света на сильный. Значительные изменения активности фотосинтетического аппарата наблюдались при выращивании светового клона *Solanum dulcamara* L. на свету слабой интенсивности и при перемещении растений на свет высокой интенсивности (4, 5). При этом наблюдались изменения в толщине листа, количестве хлорофилла и водорастворимого белка, содержащего ферменты фотосинтетического цикла углерода. Фотосинтетический аппарат теневого клона этого вида растения иначе реагирует на смену светового режима. В этом случае не наблюдалось больших изменений световой кривой фотосинтеза растений, выросших в неблагоприятных для этого экотипа условиях (высокая интенсивность света). Перемещение же растений со слабого света на сильный вызывает некоторое ингибирование фотохимического аппарата (разрушение хлорофилла). Достаточно быстрые изменения световой кривой фотосинтеза листьев кукурузы отмечены Чморой (6). При изменении скорости фотосинтеза листьев кукурузы и амарантуса в результате перемещения растений с высокой интенсивности света на низкую и наоборот отмечено и изменение активности ряда ферментов, участвующих в усвоении углерода (8). Для листьев клевера не отмечено изменений световых кривых фотосинтеза при смене интенсивности света (7).

Большая часть приведенного материала свидетельствует о возможности изменений свойств сформировавшегося фотосинтетического аппарата при смене светового режима.

В предыдущем исследовании нами были отмечены изменения свойств фотосинтетического аппарата растений *Vicia faba* L. в зависимости от условий освещения при выращивании (9). Кроме изменений характера и уровня световых кривых листьев было также установлено и изменение активности выделенных хлоропластов.

В связи с этим представлялось интересным определить, насколько устойчивы свойства фотосинтетического аппарата, сформированного при разной интенсивности света, и возможно ли изменение этих свойств путем смены светового режима. С этой целью изучалась динамика изменений фотосинтетической активности листьев и выделенных хлоропластов после перемещения растений из одних световых условий в другие.

В опытах использовалась вторая пара листьев 8—14-дневных растений *Vicia faba* L., выросших в факторостатных условиях при двух интенсив-

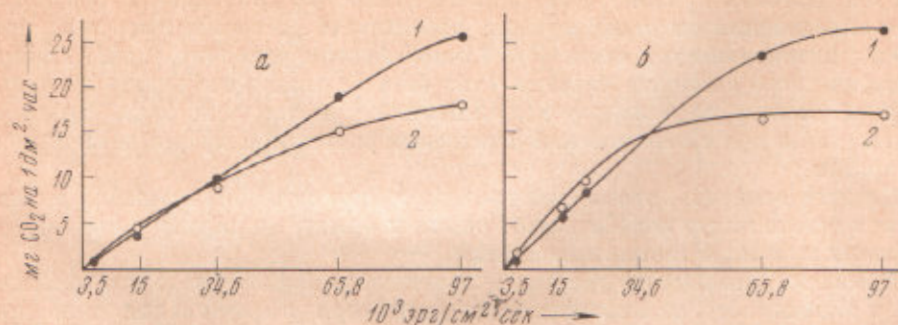


Рис. 1. Световые кривые истинного фотосинтеза растений конских бобов, растущих при интенсивностях света: 1 — 10^5 эрг/см²·сек., 2 — $4 \cdot 10^3$ эрг/см²·сек. а — 8-дневные растения, б — 14-дневные растения

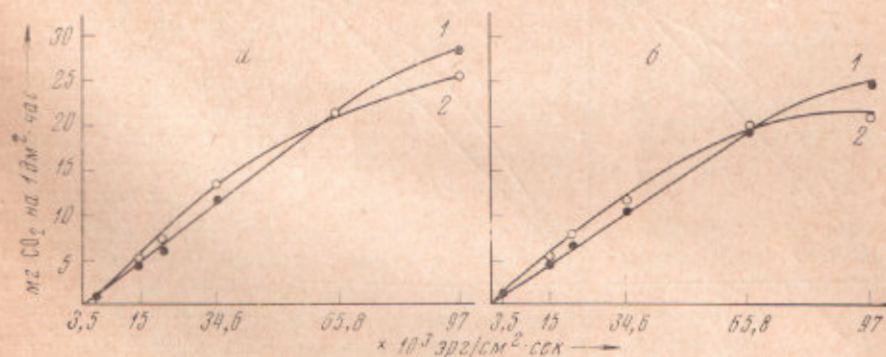


Рис. 2. Световые кривые истинного фотосинтеза растений конских бобов после смены интенсивности освещения. 1 — растения, перенесенные со слабого света на сильный, 2 — растения, перенесенные с сильного света на слабый. а — 10-дневные растения, 2 дня в новых условиях освещения, б — 12-дневные растения, 4 дня в новых условиях освещения

ностях света 10^5 и $4 \cdot 10^3$ эрг/см²·сек (соответственно сильный и слабый свет). Фотосинтетическая способность листьев определялась радиометрическим методом при концентрации углекислого газа 0,074%, комнатной температуре и скорости тока воздуха 60 л/час (¹⁰). Выделение хлоропластов и определение их фотохимических реакций проводилось по методам, принятым ранее (⁹).

На рис. 1 представлены световые кривые фотосинтеза растений, росших в течение 8 и 14 дней на свету разной интенсивности. Здесь следует отметить, что с увеличением срока выращивания растений увеличивается разница в характере световых кривых. Это в одинаковой мере относится ко всем участкам световой кривой. На рис. 2 представлены световые кривые фотосинтеза растений после их перемещения со слабого света на сильный и наоборот. Пребывание 10-дневных растений, выросших на низкой интенсивности света, в течение 2 и 4 дней в условиях высокой интенсивности света вызывает снижение эффективности использования света низкой интенсивности (рис. 2, 1) и увеличение скорости фотосинтеза при насыщающих интенсивностях света. Насыщение процесса фотосинтеза наступает при более высокой интенсивности света. Противоположные изменения — повышение фотосинтетической активности при низких и падение при высоких интенсивностях света — наблюдались у растений, перемещенных с высокой интенсивности света на низкую. Точка насыщения в этом случае смещается в сторону меньших интенсивностей света (рис. 2; 2). На рис. 3 представлены результаты более детального анализа скорости фотосинтеза в пределах низких интенсивностей света (линейный

участок световой кривой). Эти данные полностью совпадают с результатами определения световых кривых фотосинтеза растений, выросших при разных интенсивностях света (⁹). Таким образом различия свойств фотосинтетического аппарата листьев *Vicia faba* L. можно наблюдать не только в результате длительного выращивания при том или ином световом режиме, но и при смене условий освещения растений с сформировавшимся аппаратом.

Следует отметить, что абсолютные значения фотосинтетической активности листьев могут колебаться от опыта к опыту, но характер изменений световых кривых остается постоянным.

Изменения линейного участка и перехода в область светового насыщения в зависимости от интенсивности света при выращивании или при непродолжительном воздействии свидетельствуют о лабильности систем

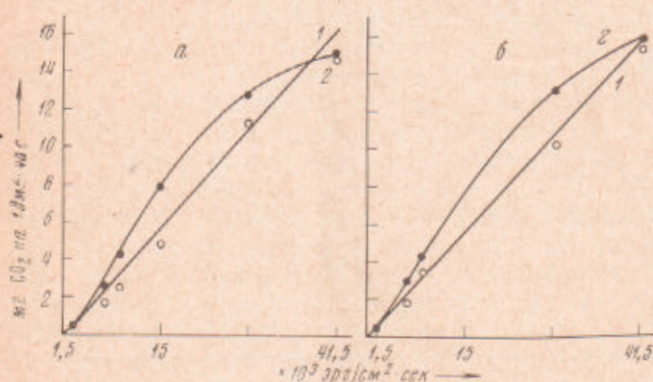


Рис. 3. Линейные участки световых кривых, 1 — растения, перенесенные со слабого света на сильный, 2 — растения, перенесенные с сильного света на слабый. а — 10-дневные растения, 2 дня в новых условиях освещения, б — 12-дневные растения, 4 дня в новых условиях освещения

хлоропластов, участвующих в световых реакциях фотосинтеза. Это может определяться как изменениями в содержании хлорофилла при смене светового режима, так и других компонентов хлоропласта. Показано изменение свойств и количества одного из основных компонентов электронтранспортной цепи фотосинтеза — ферредоксина в зависимости от условий освещения при выращивании растений (^{11, 12}).

Уровень фотосинтеза при насыщающих интенсивностях света, по данным Бьеркмана (⁵), коррелирует с активностью карбоксилазы рибулезодифосфата и количеством воднорастворимого белка хлоропластов (фракция 1). Такая корреляция установлена и для листьев *Vicia faba* L., выросших в аналогичных с нашими условиях освещения (¹³). Таким образом, можно думать, что наблюдаемые нами изменения фотосинтеза при насыщающих интенсивностях света в результате смены светового режима также обусловлены изменениями активности карбоксилазы рибулезодифосфата.

Изменение свойств фотосинтетического аппарата при смене светового режима обнаружено не только путем определения скорости фотосинтеза целого листа, но и при определении способности выделенных хлоропластов к циклическому фотофосфорилированию (табл. 1).

Для четырехдневного варианта в табл. 1 представлены средние значения данных 12 биологических повторностей. Для двухдневного варианта представлены результаты отдельного опыта.

Как следует из представленных данных, перемена светового режима растений вызывает изменения потенциальной способности выделенных хлоропластов к циклическому фотофосфорилированию (в присутствии ФМС). Перестановка растений с высокой интенсивности света на низкую сопровождается повышением скорости циклического фотофосфорилирования. Противоположный эффект наблюдается при перестановке растений с низкой освещенности на высокую. Таким образом, в результате изменения условий освещения хлоропласты в течение довольно непродолжи-

Таблица 1

Фотохимическая активность выделенных хлоропластов

Условия выращивания	Без перестановки	После перестановки	Число дней после перестановки
Сильный свет	316	448	2
	—	—	—
	319 198	352 198	4 —
Слабый свет	532	378	2
	—	—	—
	408 188	277 204	4 —

Примечание. Числа над чертой — циклическое фотофосфорилирование, $\mu\text{мол. P}_H$ на 1 мг хлорофилла в час, под чертой — реакция Хилла, $\mu\text{мол. восстановленного K}_3\text{Fe(CN)}_6$ на 1 мг хлорофилла в час. Состав реакционной среды для первого фотофосфорилирования в $\mu\text{мольл.}$ на 1,5 мл.: MgCl_2 5, АДФ 5, аскорбат натрия 5, ФМС 0,05, суспензия хлоропластов, содержащая 50–100 $\mu\text{г}$ хлорофилла. Состав реакционной среды для реакции Хилла в $\mu\text{мольл.}$ на 3 мл.: MgCl_2 10, $\text{K}_3\text{Fe(CN)}_6$ 3, трис-НСI-буфер pH 7,8–7,0, суспензия хлоропластов, содержащая 50–100 $\mu\text{г}$ хлорофилла.

запасания энергии солнечного света в качестве энергии химических связей АТФ. Аналогичный характер изменений фотосинтетической активности листьев и скорости циклического фосфорилирования наблюдали (¹⁴).

Скорость реакции Хилла оставалась на одном уровне как при длительном выращивании в условиях разной интенсивности света, так и после кратковременной смены светового режима. Однако ранее нами были отмечены некоторые различия в скорости реакции Хилла в зависимости от интенсивности света при выращивании растений (⁸). Поскольку эти различия были не так значительны (15–17%), то возможно, что в условиях данных опытов они нивелировались. Это могло быть обусловлено тем, что обычные колебания активности, вызванные техникой работы с выделенными хлоропластами, увеличивались за счет различий в возрасте опытных растений (8–14 дней).

Результаты определения скорости фотосинтеза листьев и циклического фотофосфорилирования (в присутствии ФМС) выделенных хлоропластов позволяют сделать заключение об изменении свойств сформированного фотосинтетического аппарата при смене светового режима растений.

Авторы выражают благодарность Т. Н. Николаевой за помощь в работе.

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

Поступило
2 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ R. Harder, *Planta*, **20**, 699 (1933). ² S. Ichimura, *Bot. Mag. Tokyo*, **73**, 458 (1960). ³ В. И. Гапонов, В. Стажецкий, *Физиол. раст.*, **16**, 993 (1969). ⁴ E. Gauthier, *Carnegie Inst. Year Book*, **67**, 482 (1967–1968). ⁵ O. Björkman, *Physiol. plantarum*, **21**, 1 (1968). ⁶ С. Н. Чмора, *Сборн. Фотосинтетические системы высокой продуктивности*, «Наука», 1966, стр. 142. ⁷ K. J. McCree, J. H. Troughton, *Plant Physiol.*, **41**, 559 (1966). ⁸ M. D. Hatch, C. R. Slack, *J. A. Bull. Phytochemistry*, **8**, 697 (1969). ⁹ О. П. Осипова, Х. Я. Хейн, А. А. Ничипорович, *Физиол. раст.*, **18**, № 2, 257 (1971). ¹⁰ Х. Я. Хейн, А. А. Ничипорович, *Физиол. раст.*, **17**, 1284 (1970). ¹¹ Е. Н. Мухин, Е. А. Акулова, *ДАН*, **169**, 699 (1966). ¹² Е. Н. Мухин, С. Г. Хрустова, В. К. Гинс, *Физиол. раст.*, **17**, 1193 (1970). ¹³ Т. Ф. Андреева, Т. А. Авдеева, *Физиол. раст.*, **17**, 225 (1970). ¹⁴ I. Yordanov, *Докл. Болг. акад. наук*, **23**, 999 (1970).