

2. Dwornikiewicz J. Effect of foliar fertilizer “Pentakeep-V” on hop yield parameters / Dwornikiewicz // Pentakeep International Scientific Workshop 2006 in Budapest”, Dec. 10-11, 2006. Budapest 2006. P. 184 – 197.

АДАПТАЦИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ОГУРЦА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЗКОПОЛОСНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Вязов Е.В., Шалыго Н.В.

*ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,
Минск, Беларусь*

Введение. В зависимости от условий освещения, растения могут использовать разные стратегии фотосинтетической адаптации: нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла, миграцию светособирающих комплексов (LCHP) или изменение стехиометрии фотосистем посредством регуляции экспрессии генов [1]. В последнее время получили развитие работы, связанные с влиянием узкополосного света на функционирование растительного организма в целом и фотосинтетического аппарата в частности. Это обусловлено расширяющимся применением светодиодов для основного или дополнительного освещения при выращивании растений в теплицах.

Целью данной работы было исследование влияния излучения красных и синих светодиодов на функционирование и белковый состав фотосинтетического аппарата растений огурца.

Объект и методы исследования. В опытах использовали растения огурца (*Cucumis sativus* L.) тепличного сорта «Кураж», выращенные в лабораторных условиях под белыми люминесцентными лампами при температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$ до появления зачатка первого листа. Затем растения выращивали с фотопериодом 14 ч и освещённостью 50 Вт/м^2 , используя светильники с красными (630–650 нм, вариант «Красный»), синими светодиодами (450–465 нм, вариант «Синий»), или красными и синими светодиодами одновременно в соотношении 2:1 (вариант «Кр.+Синий»), до полного развития первого листа (8-10 суток). Контролем служили растения, выращенные под белыми люминесцентными лампами (вариант «Белый»). Для изучения активности фотосистемы 2 (ФС2) использовали метод РАМ-флуориметрии для индукции флуоресценции хлорофилла *a* и по получен-

ным кривым рассчитывали квантовый выход фотохимии ФС2 ($\phi_{\text{ФС2}}$), коэффициент нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла (qN) и скорость электрон-транспортной реакции (ETR) [2]. Для анализа белкового состава фотосистем экстракты из листьев разделяли с помощью денатурирующего геля-электрофореза по [3], переносили белки на нитроцеллюлозную мембрану и проводили иммуноблоттинг с антителами к белкам Lhcb1 и Lhcb2 основного светособирающего комплекса и к белку PsaA реакционного центра ФС1 (Agrisera, Швеция).

Результаты и обсуждение. РАМ-флуориметрический анализ показал снижение функциональной активности ФС2 при освещении красными, синими, либо одновременно красными и синими светодиодами (табл. 1). Это выражалось в снижении квантового выхода фотохимических реакций ФС2 $\phi_{\text{ФС2}}$ в условиях такого освещения («Красный» – на 7,5%, «Кр.+Синий» – на 7,5%, «Синий» – на 10,3%) по сравнению с контролем, а также в аналогичном снижении показателя эффективности работы ETR. Заметное увеличение константы нефотохимического тушения qN («Красный» – на 60%, «Кр.+Синий» – на 139%, «Синий» – на 120%) свидетельствует об адаптации к действию света, эффективно поглощаемого хлорофиллом.

Табл. 1. Параметры работы ФС2 в листьях огурца при освещении красными и синими светодиодами

<i>Вариант</i>	<i>$\phi_{\text{ФС2}}$</i>	<i>ETR</i>	<i>qN</i>
<i>Белый</i>	$0,682 \pm 0,020$	$34,40 \pm 0,100$	$0,177 \pm 0,029$
<i>Красный</i>	$0,632 \pm 0,011$	$31,83 \pm 0,533$	$0,283 \pm 0,019$
<i>Кр.+Синий</i>	$0,629 \pm 0,005$	$31,70 \pm 0,252$	$0,422 \pm 0,020$
<i>Синий</i>	$0,610 \pm 0,005$	$30,77 \pm 0,260$	$0,391 \pm 0,025$

Наряду со снижением функциональной активности ФС2 и ослаблением транспорта электронов наблюдалось и перераспределение в белковом составе ФС при продолжительном действии специфических условий освещения. Ранее мы показали пониженное содержание белков Lhca1 – 4 светособирающих комплексов ФС1 при освещении синими или красными светодиодами [4]. В данной работе мы изучили содержание белков Lhcb1 и Lhcb2 светособирающего комплекса LHCP и белка PsaA реакционного центра ФС1. Показано (рис. 1), что при освещении синими и красными светодиодами, как отдельно, так и совместно, происходит некоторое уменьшение содержания белков комплекса LHCP («Красный» – на 0,5%, «Кр.+Синий» – на 34%, «Синий» – на 36% в среднем). В то же время, уз-

кополосное освещение, в особенности синим светом, приводило к заметному увеличению содержания белка PsaA реакционного центра ФС1. Таким образом, выявленное снижение активности ФС2 и скорости электрон-транспортной реакции может быть связано с общим уменьшением числа светособирающих комплексов в ходе адаптации к условиям освещения. Модификация состава структурных белков фотосистем указывает на адаптацию к высокой доле фотосинтетически активного света.

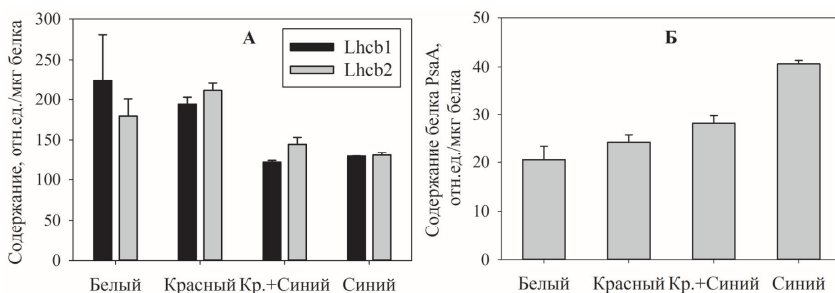


Рис. 1. Содержание белков комплекса LHCP и белка PsaA ФС1 в листьях огурца при освещении красными и синими светодиодами

Выводы. Установлено, что узкополосное освещение растений огурца с применением красных и синих светодиодов вызывает незначительное снижение активности ФС2 и усиление нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла. Помимо этого, происходит изменение белкового состава фотосистем. Выявленные изменения могут быть обусловлены адаптацией фотосинтетического аппарата к действию освещения с большой долей света, эффективно поглощаемого фотосинтетическими пигментами. Полученные результаты следует учитывать при оптимизации условий освещения растений, выращиваемых в теплицах.

Литература

1. Dietzel L. Photosynthetic acclimation: state transitions and adjustment of photosystem stoichiometry – functional relationships between short-term and long-term light quality acclimation in plants / L. Dietzel [et al.] // FEBS Journal. – 2008. – Vol.275, №6. – P. 1080-1088.
2. Корнеев, Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции / Д.Ю. Корнеев. – Киев: «Альтерпрес», 2002. – 188 с.

3. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U.K. Laemmli // Nature. – 1970. – Vol. 227(5259). – P. 680-685.
4. Viazau Y.V. Spectral changes of cucumber leaf during adaptation of the photosynthetic apparatus to LED lighting / Y.V. Viazau [et al.] // Journal of Applied Spectroscopy. 2015. – Vol. 81, № 6. – P. 1019-1024.

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ФОТОВЫДЕЛЕНИЕ H_2 *RHODOBACTER SPHAEROIDES*: ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРА НИТРОГЕНАЗНОЙ АКТИВНОСТИ

Габриелян Л.С.

*Биологический факультет, Ереванский государственный
университет, Ереван, Армения*

В настоящее время из-за ограничения запасов ископаемого топлива возрос интерес к альтернативным источникам энергии, таким как водород (H_2), являющийся наиболее экологически чистым энергоносителем. Три группы фотосинтезирующих организмов способны к светозависимому выделению H_2 : зеленые микроводоросли и цианобактерии – в процессе “прямого” и “непрямого биофотолиза воды”, и пурпурные бактерии – в процессе “фотоброжения” органических соединений [1-3]. Среди изученных фототрофов в наибольшем количестве H_2 выделяют пурпурные бактерии, к которым относится *Rhodobacter sphaeroides* [1-3]. Данный процесс катализируется ферментом нитрогеназой с использованием АТФ. Разные ингибиторы ингибируют метаболизм H_2 в фототрофных организмах. Было показано ингибирующее действие метронидазола, акцептора электронов с низким значением окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), на нитрогеназную активность цианобактерий [4]. Нами было исследовано действие метронидазола на рост и выделение H_2 *R. sphaeroides* MDC 6522, выделенной из минеральных источников Джермука в Армении [3]. Избирательная токсичность метронидазола для этих бактерий может быть связана с ОВП компонентов их электрон-транспортных цепей.

Целью настоящей работы было изучение влияния метронидазола на ОВП и производство H_2 другой пурпурной бактерией *R. sphaeroides* MDC 6521, выделенной из минеральных источников Арзни в Армении. Мине-