

СОВРЕМЕННЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ РАСТЕНИЙ

Ю.Ц. Мартиросян^{1,3}, В.В. Мартиросян¹, А.А. Кособрюхов^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия, yumart@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук, Пущино, Россия, kosobr@rambler.ru

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, Москва, Россия, yumart@yandex.ru

Аннотация. Проведена сравнительная оценка действия разных спектральных световых режимов при использовании светодиодных, индукционных облучателей и ламп ДНАТ на функциональные характеристики фотосинтетического аппарата растений картофеля. Низкие значения скорости фотосинтеза растений в светокультуре по сравнению с растениями в естественных условиях обусловлены активностью реакций световой стадии фотосинтеза, меньшим накоплением пигментов, а также активностью отдельных звеньев реакции карбоксилирования.

Ключевые слова: картофель, фотосинтез, светодиоды, индукционный облучатель

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-1313-1315

Повышение эффективности выращивания растений в светокультуре во многом связано с внедрением технологий, включающих создание оптимального светового режима. В настоящее время широко используются светильники с натриевыми и ртутными лампами, которые имеют максимумы излучения в области 550-600 и 450 нм. [Буткин и др., 2011; Далькэ и др., 2013]. Использование новых источников света – светодиодных облучателей (СД) позволяет резко сократить энергозатраты на выращивание растений за счет их высокой светоотдачи, длительного рабочего ресурса и возможности регулирования спектра излучения [Johkan et al., 2010; Мартиросян и др., 2016]. Более широкое применение в светокультуре растений находят также индукционные лампы – энергосберегающие источники света, принцип работы которых основан на электромагнитной индукции и газовом разряде для генерации видимого света.

Целью данной работы являлось изучение активности фотосинтетического аппарата при облучении растений лампами различного типа: ДНАТ, светодиодными облучателями (СД), индукционными лампами, а также в условиях естественной солнечной радиации. Использовали лампы ДНАТ-600 и светодиодные облучатели с уровнями интенсивности света на высоте верхних листьев: 250-270, 260-270 мкмоль фотонов $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$, соответственно, а также индукционные лампы с уровнем интенсивности света 260-280 мкмоль фотонов $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Одновременно растения выращивали в условиях открытого грунта в период с июня по август при естественной радиации и уровне 1000-1300 мкмоль фотонов $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$.

Измерения скорости CO_2 газообмена проводили с помощью газового анализатора LCPro+ (ADC BioScientific Ltd., Англия). Световые и углекислотные кривые строили путем последовательного повышения уровней интенсивности света и концентрации углекислоты. Анализ углекислотной кривой CO_2 -газообмена проводили по модели [Farquhar et al., 1980].

Независимо от используемых источников облучения (ДНАТ, светодиоды или индукционная лампа) скорость фотосинтеза, рассчитываемая на единицу листовой поверхности растений, не различалась по вариантам опыта. Относительно низкие скорости фотосинтеза обусловлены, прежде всего, развитием на растениях большой листовой поверхности, что в результате приводило к относительно низким значениям активности фотосинтетического аппарата в расчете на единицу листовой поверхности. При высоких уровнях интенсивности солнечной радиации наблюдали высокие значения скорости фотосинтеза.

Для оценки потенциальных возможностей работы фотосинтетического аппарата, а также активности ряда световых и темновых процессов фотосинтеза были построены углекислотные кривые CO_2 газообмена листьев растений выращенных при различных условиях облучения и полученные результаты проанализированы с использованием математической модели [Farquhar et al., 1980].

Полученные данные позволяют сделать вывод, что лимитирующим звеном работы фотосинтетического аппарата растений выращиваемых под индукционной лампой может быть активность фермента Рубиско. Действительно, при выращивании под лампами ДНАТ и СД облучателями максимальная скорость карбоксилирования составляла 9-10 мкмоль $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, а под индукционной лампой около 5 мкмоль $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Следует отметить также низкие значения эффективности карбоксилирования у этих растений, что может свидетельствовать о высоком сопротивлении устьиц потоку CO_2 внутрь листьев растений.

Более низкие значения скорости фотосинтеза растений, выращиваемых при светодиодном облучении и индукционной лампой, по сравнению с показателями растений, выращиваемых в естественных условиях солнечной радиации, могут быть обусловлены активностью реакций световой стадии фотосинтеза – скорости электронного транспорта растений, а также меньшим накоплением пигментов этими растениями. Сумма хлорофиллов $a+b$ была меньше у этих вариантов.

Для оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата растений при выращивании их в аэропной установке под натриевой и индукционной лампами использовали метод индукции флуоресценции хлорофилла с применением импульсно-модулированного флуориметра (РАМ-флуориметра). На основании нескольких измеряемых флуоресцентных параметров (F_0 , F_m , F_p , F_0' , F_m' , F_t) рассчитывали максимальный фотохимический квантовый выход ФС II (F_v/F_m), эффективный фотохимический квантовый выход ФС II (Yield), показатели фото - (qP) и нефотохимического тушения флуоресценции ФС II (NPQ , qN), и другие характеристики ФСА листьев растений. Выращивание растений под индукционной лампой приводило к снижению эффективного квантового выхода ФС II (Yield), уменьшению фото - (qP) и нефотохимического тушения флуоресценции ФС II (NPQ).

Таким образом, проведенные исследования позволили оценить действие различных источников облучения на растения, выявить структурно-функциональные особенности в тех или иных световых условиях выращивания, а также их вклад в работу фотосинтетического аппарата. Впервые проведено исследование активности фотосинтетического аппарата растений, выращиваемых в различных световых условиях (по интенсивности и спектральному составу), активности отдельных звеньев реакции карбоксилирования.

Литература

Буткин А.В., Григорай Е.Е., Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Далькэ И.В. Культивирование салата в условиях защищенного грунта на Севере // Аграрная наука. – 2011. – № 8. – С. 24–26.

Далькэ И.В., Табаленкова Г.Н., Малышев Р.В., Буткин А.В., Григорай Е.Е. Продуктивность и компонентный состав биомассы листового салата при разной интенсивности освещения в условиях защищенного грунта. – Гавриш, 2013. – № 4. – С. 13–16.

Мартirosян Ю.Ц., Диловарова Т. А., Креславский В.Д. Кособрюхов А.А. Действие светодиодного облучения различного спектрального состава на фотосинтетический аппарат растений картофеля в культуре *in vitro* // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 5. – С. 680–687.

Farquhar G.D., von Caemmerer S., Berry J.A. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 plants // *Planta*. – 1980. – V. 149, No. 1. – P. 78–90.

Johkan M., Shoji K., Goto F., Hashida S., Yoshihara T. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce // *Hort. Sci.* – 2010. – No. 45. – P. 1809–1814.

NEW LED SOURCES OF LIGHT AS A FACTOR OF INCREASE IN CROP PRODUCTIVITY

Y.Ts. Martirosyan^{2,3}, V.V. Martirosyan², A.A. Kosobryukhov^{1,2}

¹Institute of Basic Biological Problems, RAS, Pushchino, Russia, kosobr@rambler.ru

²All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia, yumart@yandex.ru

³Emanuel Institute of Biochemical Physics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, yumart@yandex.ru

Abstract. A comparative evaluation of the effect of different spectral light regimes using LEDs, induction irradiators and DNAT lamps on the functional characteristics of the photosynthetic apparatus of potato plants was carried out. Low values of the rate of photosynthesis of plants in light culture as compared to plants under natural conditions are explained with the activity of light-stage photosynthetic reactions, a smaller accumulation of pigments, and the activity of the carboxylation reaction.

Keywords: *potato, photosynthetic apparatus, LEDs*