

УДК 631.588'589:628.9.03

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ С МЕТАЛЛОГАЛОГЕННЫМИ ЛАМПАМИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ В КАМЕРАХ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА

Н. А. ГОЛИК, В. М. ЛЕМАН, В. В. МАЛЫШЕВ

(Кафедра физиологии растений ТСХА,  
Всесоюзный научно-исследовательский светотехнический институт)

Оснащение селекционно-семеноводческих учреждений и тепличных хозяйств камерами с регулируемым микроклиматом и установками с высокоинтенсивными источниками освещения вызывает необходимость в повышении эффективности применяемых облучателей и ламп [1—4, 6, 7]. В связи с этим перспективно использование облучателей с мощными металлогалогенными лампами (МГЛ), разрядные трубки которых наполнены йодидами Na и Sc (ДРИ 1000-5, ДРИ 2000-6), и диффузными отражателями для обеспечения наибольшей равномерности распределения облученности при низкой высоте подвеса [1, 7].

В настоящей работе изучалась возможность замены облучателей типа СОРТ-1-10 с трубчатыми ксеноновыми лампами мощностью 10 кВт воздушного охлаждения [2] в фитотроне кафедры физиологии растений Тимирязевской академии на более эффективные экспериментальные облучатели с МГЛ типа ДРИ 1000-5 (вертикальное положение горения) и ДРИ 2000-6 (горизонтальное положение горения), обладающими относительно благоприятным для большинства сельскохозяйственных растений спектральным составом [1], повышенным световым потоком и сроком службы. Основные параметры облучателей и ламп приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технико-эксплуатационная характеристика облучателей и ламп

Тип облучателя	Напряжение сети, В	Мощность, кВт	Ток ламп, А	Световая отдача ламп, лм·Вт <sup>-1</sup>	$\Phi_e$ , в области ФАР, Вт	Продолжительность горения, ч	Масса ПРА и ПРУ, кг
ГСП-26-1000-001УХЛ4 с ДРИ 1000-5	380	1,0	4,7	100	270	9000	13
Опытный с ДРИ 2000-6	380	2,0	9,2	100	540	2000	25
СОРТ-1-10 с ДКсТЛ 10 000	220	10,0	46,0	26	1300	1000	200

Номинальный поток излучения  $\Phi_e$  в области  $\lambda = 380 \div 710$  нм (ФАР), указанный в табл. 1, рассчитывался по известным табличным значениям относительной спектральной интенсивности излучения  $\Phi_{e,\lambda}$ , взятых через интервал  $\Delta\lambda = 10$  нм, и номинального светового потока  $\Phi_v$  (в лм) источников по методике [6].

Как известно [6], доля ИК излучения в общем лучистом потоке ксеноновых ламп типа ДКсТЛ 10 000 в 3 раза превосходит долю видимого излучения, а у МГЛ она составляет только 40—50%. Поэтому теплозащитные экраны с проточной водой, обычно используемые в камерах с регулируемым микроклиматом и облучателями типа СОРТ-1-10, для облучателей с лампами типа ДРИ не нужны. Это позволяет повысить интенсивность излучения без увеличения мощности системы кондиционирования и значительно снизить затраты на электроэнергию.

Условия фотопериода, концентрация  $\text{CO}_2$ , температура, относительная влажность воздуха, состав питательного раствора и облученность

(освещенность) были одинаковыми для каждой группы растений (рассада томата, огурца, подсолнечник, кукуруза). Например, для огурца при  $E = 100 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$  в области ФАР (30 клк ± 10 %) дневная температура поддерживалась 24°, ночная — 18°, относительная влажность — 80 %, длительность светового дня — 16 ч.

Пространственные характеристики светового поля в производственных помещениях зависят от конструкции облучателей, источников оптического излучения, их количества и расстояния до выходного отверстия отражателя [9], а также от состояния отражающей поверхности стенок камеры.

Над одним перемещаемым вверх — вниз стеллажом 700×1450 мм помещаются 2 промышленных облучателя ГСП 26-1000-001УХЛ4 [7] с лампами типа ДРИ 1000-5 (ТУ 16-545.435-83). В этом случае макси-

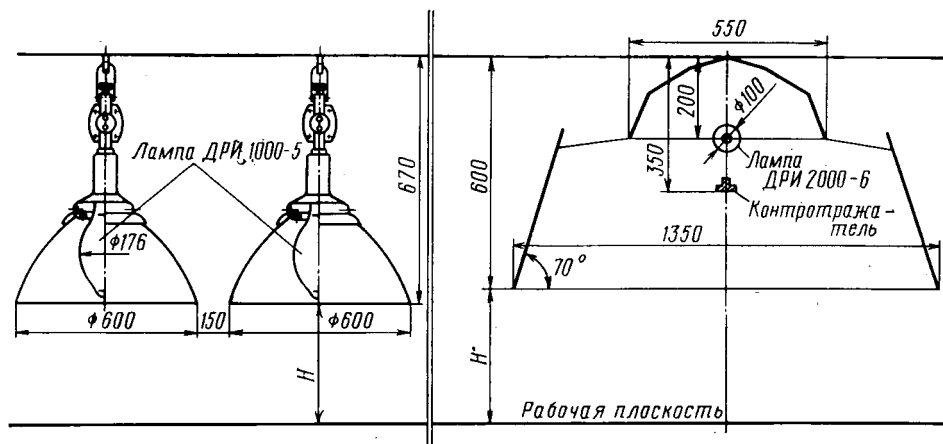


Рис. 1. Схема размещения облучательных установок в камерах искусственного климата. Слева — светильники типа ГСП 26-1000-001; справа — опытный облучатель с лампой ДРИ 2000-6.

мально возможное расстояние при изменении расположения стеллажа относительно выходного отверстия облучателей достигает 1200 мм (рис. 1). Удельная электрическая мощность в расчете на стеллаж составляла около  $2,0 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ . Установка с облучателями ГСП 26-1000 обеспечивает высокую облученность рабочей поверхности при малой неравномерности. Результаты измерения средней облученности при различной высоте расположения стеллажа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Средняя облученность ( $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ ) в области ФАР под облучателями в зависимости от расстояния до рабочей поверхности

Расстояние до поверхности, м	ГСП 26-1000 с ДРИ 1000-5	Опытный с ДРИ 2000-6	СОРТ-1-10 с ДКСТЛ 10 000
0,25	165	140	165
0,50	140	120	135
0,75	110	95	120
1,00	70	70	90

Примечание. Коэффициент пересчета световых величин в энергетические в области ФАР для ламп типа ДРИ 1000-5, ДРИ 2000-6 условно принят  $3,5 \times 10^{-3}$ ; типа ДКСТЛ 10 000 —  $6 \times 10^{-3}$ .

Нами был сконструирован облучательный прибор с МГЛ мощностью 2000 Вт для встраивания в малогабаритные (высотой до 2 м) камеры с регулируемым микроклиматом. В макетном образце облуча-

теля используется одна горизонтально расположенная лампа типа ДРИ 2000-6, диффузный отражатель, который имеет разрывы в поперечном профиле. Верхняя часть прибора цилиндрическая, две плоские боковые грани наклонены под углом  $70^\circ$  (рис. 1). Разрывы в профиле отражателя обеспечивают вентиляцию верхней наиболее нагреваемой части и исключают загрязнение отражающих поверхностей облучателя. Во избежание перегрева листьев растений от прямого излучения лампой в облучателе предусмотрен плоский контротражатель шириной 50 мм.

Неравномерность распределения излучения на различных высотах под облучателем уменьшалась при помощи зеркальных торцевых стенок камеры. Два подвижных зеркальных экрана с переменным углом наклона, которые являлись как бы продолжением нижней части профиля диффузного отражателя, позволяли создавать оптимальное распределение облученности на рабочей плоскости при их ручной установке.

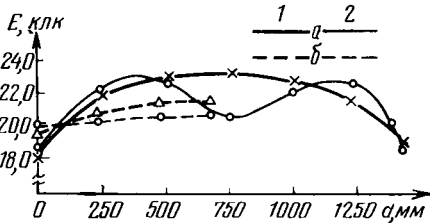


Рис. 2. Средняя облученность рабочей плоскости на расстоянии 1 м от выходного отверстия.

1 — под ГСП 26-1000-001; 2 — под опытной установкой с лампой ДРИ 2000-6; а — поперечная плоскость; б — продольная плоскость. Для 1  $E_{ср} = 20,770$  клк; для 2  $E_{ср} = 20,95$  клк.

В рассмотренных вариантах облучательных устройств для различных высот подвеса  $H$  средние значения неравномерности облученности рабочей плоскости составляли  $\pm 7\%$  при  $H_1 = 1000$  мм,  $\pm 10\%$  при  $H_2 = 750$  мм,  $\pm 12\%$  при  $H_3 = 500$  мм и  $\pm 15\%$  при  $H_4 = 250$  мм.

При расстояниях между выходным отверстием опытного облучателя и рабочей плоскостью 0,5—1,0 м облученность в области ФАР рабочей поверхности достаточна для успешного выращивания светолюбивых сельскохозяйственных культур (табл. 2, рис. 2).

Заданный температурный режим поддерживался при помощи интенсивной вентиляции, скорость ветра около  $2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . В качестве корнеобитаемой среды использовали 1,0 н. раствор Кнопа. Сосуды емкостью 1 л с растениями (по 2—3 шт.) размещались по стеллажу площадью 1 м<sup>2</sup> равномерно в 3 ряда (по 5 сосудов в каждом ряду) при расстоянии между ними около 200 мм. По мере роста в сосудах оставляли по 1 растению. Основные биометрические показатели растений после выращивания в течение 25 сут приведены в табл. 3.

В тех же условиях высота яровой пшеницы Канады СВ 151 в возрасте 75 сут была 41,6 см, число плодоносящих стеблей — 5, средняя длина колоса — 7,7 см, сухая масса надземной части в среднем на растении — 22,9 г, масса 1000 зерен — 39,5 г.

Исследовалась также возможность выращивания высокорослых растений под опытными облучателями без применения специальных экранов, снимающих излишнее тепловое излучение ламп. Под облучателями с лампой ДРИ 2000-6 и контротражателем в камерах искусственного климата ТСХА при интенсивной вентиляции обеспечивается нормальный рост и развитие растений кукурузы, у них образуются початки, при этом перегрева листьев не отмечается.

В условиях регулируемого микроклимата отдельные облучатели с лампами ДРИ 2000-6 работали без замены источника излучения более 4000 ч — в 2 раза больше регламентируемых техническими условиями средней продолжительности горения данного типа ламп. Уменьшение потока излучения МГЛ при этом было незначительным и составило 20% от номинального  $\Phi_e$ .

Таким образом, исследование эффективности использования облучательных приборов с МГЛ типа ДРИ 1000-5 и ДРИ 2000-6 при выращивании растений в камерах с регулируемым микроклиматом показало их значительные преимущества (снижение потребления электроэнергии

в 4 раза, отсутствие теплопоглощающего водяного экрана, увеличение продолжительности горения ламп, снижение массы ПРУ) по сравнению с облучательными установками, в которых используются лампы типа ДКсТЛ 10 000 с водоохлаждаемым экраном.

При выращивании высокорослых растений рекомендуется использовать облучательные приборы с горизонтально расположенными лампами типа ДРИ 2000-6, диффузным отражателем с разрывами в верхней

Т а б л и ц а 3

Биометрические показатели растений после выращивания в течение 25 сут при облученности 100 Вт·м<sup>2</sup> ФАР

Культура	Высота растения, см	Диаметр подсемя-дольного колена, мм	Число листьев, шт.	Сырая биомасса, г			Площадь листьев, дм <sup>2</sup>
				листья	стебли	корни	
Огурец Марфинский	45,5	13,40	8,0	49,5	42,3	77,4	17,30
	42,0	13,00	8,0	48,4	39,7	69,0	16,22
Томаты Белый налив	17,75	10,50	13,3	23,0	9,2	17,7	32,44
	16,30	9,70	9,0	22,1	9,3	14,4	32,32
Подсолнечник Успех	15,47	8,98	12,27	10,0	9,75	—	48,39
	13,83	8,89	12,6	8,9	8,30	—	41,58
Кукуруза Буковинская 37 В	93,1	20,90	9,6	54,4	103,0	49,3	—
	87,4	21,00	8,1	51,1	87,4	52,4	—

П р и м е ч а н и е. В числителе — облучатель с ДРИ 2000-6, в знаменателе — с ГСП 26-1000.

части для обеспечения благоприятного теплового режима в условиях принудительного вентилирования, двумя зеркальными экранами с переменным углом наклона в нижней части профиля диффузного отражателя и контроотражателем.

Ожидаемый годовой экономический эффект от использования в фитотроне ТСХА новых облучательных приборов с лампами типа ДРИ 2000-6 по сравнению с облучателями СОРТ-1-10, рассчитанный по методике [5], составляет 1400 руб. на одну установку; при этом полностью исключается расход воды на водные экраны, улучшаются условия эксплуатации, повышаются надежность и техника безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алявин В. П., Волков И. Ф., Кудяев В. П. и др. Серия высокоэффективных металлогалогенных ламп и светильников. — Светотехника, № 1982, № 6, с. 22—23. — 2. Жильцов В. И., Вассерман А. Л. Создание промышленного оборудования для интенсивной светокультуры. — В сб.: Оснащение селекционных центров светотехн. оборудованием / Матер. I Всесоюз. научно-техн. совещ., ноябрь 1975. М.: ЦНИИ электроники, 1976, с. 3. — 3. Леман В. М. Курс светокультуры растений. М.: Высшая школа, 1976. — 4. Месяц В. К. Пути интенсификации кормопроизводства и задачи сельскохозяйственной науки. — Вестн. с.-х. науки, 1983, № 10, с. 3—11. — 5. Методическое пособие по оп-

ределению экономического эффекта от внедрения новых (усовершенствованных) светотехнических изделий, технологических процессов, механизации и автоматизации производства, способов организации производства и труда. М.: ВНИСИ, 1978. — 6. Рождественский В. И., Клешнин А. Ф. Управляемое культивирование растений в искусственной среде. М.: Наука, 1980. — 7. Светотехника для сельского хозяйства / Каталог. Сельхозтехника-84. М.: Информ-электро, 1984. — 8. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1983. — 9. Трёмбач В. В. Световые приборы. М.: Высшая школа, 1972.

Статья поступила 10 сентября 1984 г.

#### SUMMARY

Results concerning the photobiological studies of higher plants grown under irradiation from metal halide lamps in environmentally controlled growth rooms are presented. A comparison of some new types of luminaires for the growth rooms is given.