

КАРОТКІЯ ПАВЕДАМЛЕННІ

УДК 57.085:634.73

О. А. КУДРЯШОВА¹, А. А. ВОЛОТОВИЧ¹, Т. В. ГЕРАСИМОВИЧ¹,
А. А. КУДРЯШОВ², В. Л. КОРНЕЙЧИК²

УСКОРЕНИЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ РЕГЕНЕРАНТОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* IN VITRO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТАНОВКИ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДОВ

¹Полесский государственный университет, Пинск, e-mail: volant777@tut.by,
²ООО «Ellis Amalgamated LLC», Минск

(Поступила в редакцию 24.03.2010)

Введение. Светодиод (по-английски, light emitting diode, или LED) – это полупроводниковый прибор с электронно-дырочным *p–n*-переходом или контактом «металл – полупроводник», преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение [1]. Главное преимущество светодиода в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы заключается в том, что электрический ток преобразуется в световое излучение практически без потерь, при этом светодиод практически не нагревается, что определяет длительный срок его службы. Светодиод излучает в узкой части спектра, излучение идет полностью в переднюю сферу, механически прочен, исключительно надежен. В отличие от ламп накаливания и всех других типов ламп светодиоды излучают свет в относительно узкой полосе спектра, ширина которой составляет 20–30 нм, что делает их особенно удобными для формирования светильников со специальным спектром излучения. Срок службы светодиода может достигать 100 тыс. ч, что почти в 100 раз больше, чем у лампочки накаливания, и в 5–10 раз больше, чем у люминесцентной лампы. Падение яркости свечения светодиодов, например, через 50 000 ч, как правило, не превышает 25 %. Светодиод является низковольтным электроприбором, это качество определяет безопасность работы со светодиодами в целом. Сверхминиатюрность и встроенное светораспределение (оптические линзы) дополняют положительные качества светодиода [1–4].

За период февраль – ноябрь 2009 г. при научном сопровождении сотрудников сектора микрклонального размножения растений УО «Полесский государственный университет» (Пинск, Республика Беларусь) и содействию компании ООО «Ellis Amalgamated LLC» (Минск, Республика Беларусь) был сконструирован опытный образец установки освещения на основе светодиодов. Опытный образец созданной установки испытывался на предмет стимуляции роста и развития растений семейства *Ericaceae* в биотехнологической лаборатории сектора микрклонального размножения растений УО «Полесский государственный университет» с ноября 2009 г. по февраль 2010 г. В настоящей статье приведены результаты испытаний созданного опытного образца светодиодной лампы и сравнительного анализа эффективности использования световых установок с разным типом ламп для стимуляции роста и развития регенерантов *Vaccinium corymbosum* L. *in vitro*.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования использовали регенеранты голубики высокой *Vaccinium corymbosum* L. сорта Brigitta blue, размножаемые микрклонально *in vitro*. В качестве экспланта для формирования регенеранта использовали фрагмент побега из двух метамеров. Метамер состоит из узла с листом и пазушной почкой и нижележащего междоузлия. Регенеранты в колбах объемом 100 мл, содержащими по 20 мл агаризованной питатель-

ной среды для размножения [5], размещали на стеллажах световой установки биотехнологической лаборатории при освещении либо оригинальными светодиодными лампами (4000 лк; полезная мощность 7,5 Вт; потребляемая мощность 14,0 Вт; $\lambda = 400\text{--}440$ нм; 530–550 нм; 660–690 нм), либо люминесцентными лампами OSRAM L36W/76 Natura (6000 лк; потребляемая мощность 36 Вт; CCT = 6200–6500 К) при фотопериоде 16/8 ч (свет/темнота) и при температуре 24 ± 1 °С.

Пассаж регенерантов и учет количественных признаков проводили через 7 недель культивирования *in vitro*. Анализировали изменчивость следующих признаков: «высота регенерантов», «коэффициент размножения/побеги» (как количество развившихся побегов из одного экспланта) и «коэффициент размножения/экспланты» (как количество полноценных эксплантов для последующего размножения, получаемое после черенкования побегов, развившихся у одного регенеранта). Количество анализируемых регенерантов при освещении светодиодными и люминесцентными лампами составило 385 и 331 соответственно (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Биометрические показатели изменчивости высоты регенерантов голубики высокой *in vitro* при освещении разными типами ламп

Тип лампы	Номер колбы	Количество анализируемых регенерантов, шт.	Высота регенерантов, см	Минимальная высота регенеранта, см	Максимальная высота регенеранта, см
Лампа светодиодная ($\lambda = 400\text{--}440$; 530–550; 660–690 нм)	1	39	1,63±0,06	0,75	3,00
	2	98	1,19±0,04	0,50	2,00
	3	146	1,01±0,02	0,60	1,70
	4	102	0,94±0,03	0,60	1,80
OSRAM L 36W/76 Natura (CCT=6200–6500 К)	1	88	0,81±0,02	0,30	1,30
	2	113	0,78±0,02	0,45	1,20
	3	46	0,96±0,04	0,40	1,50
	4	84	1,00±0,02	0,40	1,60
HCP ₀₅		–	0,08	–	–
HCP ₀₁		–	0,10	–	–

П р и м е ч а н и е. Прочерк «–» – отсутствие данных. Высота регенерантов приводится как «среднее арифметическое ± стандартная ошибка».

Общий математический анализ данных проводили по стандартным методам вариационной статистики с использованием программы статистического анализа данных STATISTICA 6.0 [6]. Дисперсионный анализ данных и расчет доли влияния факторов на изменчивость исследуемых признаков проводили в программе AB-Stat, разработанной в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси.

Результаты и их обсуждение. Результаты биометрического анализа изменчивости признака «высота регенерантов» приведены в табл. 1. Согласно полученным данным, средняя высота регенерантов, культивируемых *in vitro* при освещении светодиодными лампами, в отдельных вариантах опыта достоверно (при $P < 0,01$) на 6,3–8,5 мм превышала таковую у регенерантов, культивируемых *in vitro* при освещении люминесцентными лампами указанного выше типа. Максимальная высота отдельных регенерантов при освещении светодиодными лампами достигала 2,0–3,0 см, в то время как у регенерантов, освещаемых люминесцентными лампами, не превышала 1,6 см (табл. 1). В целом разбежка по высоте регенерантов для вариантов опыта со светодиодной и люминесцентной подсветкой составила 0,5–3,0 см и 0,3–1,6 см соответственно (табл. 1).

Усредненные результаты анализа изменчивости исследуемых признаков приведены в табл. 2. Согласно полученным данным, высота регенерантов под светодиодной лампой достоверно (при $P < 0,01$) на 4,0 мм превышала высоту регенерантов под люминесцентной, а коэффициент размножения (по количеству полноценных эксплантов) у регенерантов под светодиодной лампой достоверно (при $P < 0,05$) в 1,49 раза превышал таковой у регенерантов под люминесцентной лампой. По количеству развившихся побегов из одного регенеранта достоверных различий выявить не удалось, тем не менее следует отметить тенденцию повышения коэффициента размножения (по побегам) в 1,39 раз у регенерантов под светодиодной лампой (табл. 2). Таким образом, за один и тот же промежуток времени при использовании созданных светодиодных ламп для освеще-

щения регенерантов *Vaccinium corymbosum L. in vitro* возможно производство большего количества качественного материала в виде полноценных эксплантов для размножения, что позволяет существенно сократить сроки производства необходимого количества регенерантов для их последующего укоренения и адаптации.

Т а б л и ц а 2. Изменчивость количественных признаков у регенерантов голубики высокой *in vitro* при освещении разными типами ламп

Тип лампы	Высота регенерантов, см	Коэффициент размножения/побеги, шт.	Коэффициент размножения/экспланты, шт.
OSRAM L 36W/76 Natura CCT=6200–6500 К (контроль)	0,93	3,12	4,16
Лампа светодиодная ($\lambda = 400-440; 530-550; 660-690$ нм)	1,33**	4,36	6,19*
HCP ₀₅	0,08	1,70	1,91
HCP ₀₁	0,10	3,12	3,52

* Достоверно отличается от контроля при $P < 0,05$.

** При $P < 0,01$.

Однофакторный дисперсионный анализ выявил достоверное влияние фактора «тип ламп» на изменчивость признаков «высота регенерантов» (при $P < 0,01$) и «коэффициент размножения/экспланты» (при $P < 0,05$) (табл. 3). Доля влияния фактора на изменчивость данных признаков составила 28,4 и 46,7 % соответственно. Несмотря на то что доля влияния фактора на изменчивость признака «коэффициент размножения/побеги» составила 56,6 %, достоверность влияния при этом не установлена (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Однофакторный дисперсионный анализ изменчивости количественных признаков у регенерантов голубики высокой *in vitro* при освещении разными типами ламп

Источник варьирования	Степень свободы	Высота регенерантов		Степень свободы	Коэффициент размножения/побеги		Коэффициент размножения/экспланты	
		Средние квадраты	Доля влияния, %		Средние квадраты	Доля влияния, %	Средние квадраты	Доля влияния, %
Общее	311	0,143	—	7	0,771	—	2,507	—
Фактор А (тип лампы)	1	12,644**	28,376	1	3,050	56,557	8,201*	46,742
Повторности	155	0,089	30,791	3	0,213	11,860	2,393	40,910
Случайные отклонения	155	0,117	40,833	3	0,568	31,583	0,722	12,347

П р и м е ч а н и е. Прочерк «—» – отсутствие данных.

* Значимо при $P < 0,05$.

** При $P < 0,01$.

Закключение. Регенеранты, культивируемые *in vitro* при освещении созданными светодиодными лампами, в отдельных случаях достоверно (при $P < 0,01$) превышали по высоте на 6,3–8,5 мм регенеранты, культивируемые под люминесцентными лампами OSRAM L36W/76 Natura.

В среднем высота регенерантов под светодиодными лампами достоверно (при $P < 0,01$) на 4,0 мм превышала высоту регенерантов под люминесцентными лампами OSRAM L36W/76 Natura.

По количеству полноценных эксплантов, полученных после черенкования побегов, развившихся из одного регенеранта, установлено достоверное (при $P < 0,05$) превышение в 1,49 раза у регенерантов под светодиодными лампами.

В процессе однофакторного дисперсионного анализа установлено достоверное при $P < 0,01$ и $P < 0,05$ влияние типа ламп на изменчивость признаков «высота регенерантов» и «коэффициент размножения/экспланты» соответственно.

Результаты исследований свидетельствуют о достоверном ускорении роста и развития регенерантов *Vaccinium corymbosum* L. *in vitro* при освещении их опытным образцом созданной установки освещения на основе светодиодов.

Литература

1. Юнович А. Э. // Экология и жизнь. 2003а. Т. 33, № 4. С. 62–65.
2. Алферов В. Ю., Митрохин Ю. В. // Светотехника. 2009. № 5. С. 9–12.
3. Билунд Л. // Светотехника. 2009. № 6. С. 64–66.
4. Юнович А. Э. // Светотехника. 2003б. № 3. С. 2–6.
5. Trigiано R. N., Грау D. J. Plant tissue culture concepts and laboratory exercises. US/MA, CRC Press LLC. 1999–2000.
6. Боровиков В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере. СПб., 2001.

*O. A. KUDRYASHOVA, A. A. VOLOTOVICH, T. V. GERASIMOVICH,
A. A. KUDRYASHOV, V. L. KORNEICHIK*

ACCELERATION OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF VACCINIUM CORYMBOSUM SHOOTS IN VITRO USING OF EMPLACEMENT OF ILLUMINATION ON THE BASIS OF LIGHT-EMITTING DIODES

Summary

The results of trials of the created pre-production model of a light-emitting diode lamp as well as comparative analysis of efficiency of use of light installations with different type of lamps for growth and development stimulation of *Vaccinium corymbosum* L. shoots *in vitro* are presented in this article. Authentic influence of used lamps type on variability of traits «shoot height» (at $P < 0.01$) and «reproduction factor» (at $P < 0.05$) is established.