

УДК634.7:581.143.6

**ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА
РАЗМНОЖЕНИЕ И РОСТ ЕЖЕВИКИ *IN VITRO***

Игорь Дмитриевич Мелехов

аспирант

tenderoni@yandex.ru

Светлана Александровна Муратова

кандидат биологических наук, профессор

smuratova@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований, посвящённых изучению влияния спектрального состава света на размножение и рост ягодных растений, культивируемых на питательных средах в условиях искусственного освещения. Проведено сравнение эффективности использования люминесцентных и светодиодных светильников на рост и морфогенез растений *in vitro*.

Ключевые слова: ежевика, культура *in vitro*, спектральный состав света, светодиоды

Система освещения для культуры *in vitro* должна обеспечивать освещение в спектральной области, которая участвует в фотосинтезе и в фотоморфогенных ответах растений [13]. Использование источников света, излучающих фотоны в широком спектральном диапазоне, в целом отвечает этим двум требованиям к освещению.

Для освещения растений, культивируемых на питательных средах, в настоящее время наиболее широко используются люминесцентные и светодиодные лампы.

Светодиодные энергосберегающие лампы для растений специально разработаны для продления светового дня, что положительно влияет на рост и развитие растений. Имеют сложный спектр излучения с преобладанием синего и красного цветов, способствующий фотохимическим процессам. Благодаря такому излучению активизируются процессы фотосинтеза, и заметно ускоряется рост и развитие растений [12].

Светодиодные энергосберегающие лампы являются альтернативной заменой стандартных ламп накаливания и линейных люминесцентных ламп, используемых обычно для дополнительного освещения растений. Точность преобразования электрической энергии в фотоны определенных длин волн при желаемой плотности потока фотосинтетических фотонов (PPFD) с незначительными потерями тепла делает светодиоды более энергоэффективными, чем все другие доступные источники искусственного освещения [9, 11, 12].

В последнее время в научной литературе появилось достаточно много информации об использовании светодиодных ламп и установок освещения на основе светодиодов при культивировании растений *in vitro* [1-7, 8, 10, 14].

Как следует из анализа проведенных исследований, применение светодиодов в биотехнологии на сегодняшний день находится на этапе своего становления. Большое практическое значение имеет определение специфичности действия двух основных областей ФАР – синей и красной и оптимальное соотношение спектрального состава света на рост и развитие

растений на разных этапах культивирования. Новые данные позволят с большим успехом использовать свет различного спектра для оптимизации режимов культивирования растений в условиях *in vitro*.

Целью наших исследований была оценка эффективности применения люминесцентных и светодиодных светильников с разным спектральным составом света на эффективность клонального микроразмножения ягодных культур рода *Rubus*.

Работа проведена в учебно-исследовательской лаборатории биотехнологии Мичуринского ГАУ.

В качестве растительного материала взяты сорта ежевики Блэк Сэтин, и Логан Торнлесс. Для культивирования растений *invitro* использовали минеральную основу питательной среды QL (Quorin, Lepoivre, 1977) с добавлением 30 г/л сахарозы, 100 мг/л мезоинозитола, 250 мг/л гидролизата казеина, 8 г/л агара и комплекса витаминов по Мурасиге-Скугу (Murashige, Skoog, 1962).

На этапе микроразмножения применяли регуляторы роста растений: 6-бензиламинопурин (6-БАП) – 0,5-1,0 мг/л, гибберелловую кислоту (ГК) - 0,25-0,5 мг/л, β-индолил-3-масляную кислоту (ИМК) или β-индолилуксусную кислоту (ИУК) - 0,1- 0,2 мг/л. Регуляторы роста и витамины стерилизовали ультрафильтрацией через фильтры Millipore (диаметр пор 0,22 μm) и добавляли в среды после автоклавирования.

Опытные растения были размещены на фитостеллаже со встроенными светодиодными фитосветильниками с регулируемой на каждой полке в отдельности спектром и интенсивностью излучения разработки и производства ООО «Интеграл» (г. Старый Оскол). Фитостеллаж оснащен светодиодными фитолампами с длинами волн от 445 до 660 нм, при уровне освещенности 2500-3200 лк.

В качестве опытных вариантов выбраны следующие четыре режима работы светодиодных модулей FitoLED (в процентах от максимального уровня):

вариант 1: синий – 50%, красный – 50%, белый 25%

вариант 2: синий – 50%, красный – 50%;

вариант 3: синий – 76%, красный – 24%;

вариант 4: синий – 50%, красный – 50%, белый 50%.

Контроль 1: 6 люминесцентных ламп белого света (OsramL36W/765 CoolDaylight). Контроль 2: 5 люминесцентных ламп белого света (OsramL36W/765 CoolDaylight) и одна люминесцентная лампа красного света (OsramL36W Fluora). Интенсивность освещенности 2700-3100 лк.

Культивирование растений осуществляли в культуральной комнате при 16-часовом световом дне и температуре воздуха $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Контрольные и опытные растения находились в одних условиях культивирования, но были оптически изолированы друг от друга.

Экспериментальный подбор оптимальных спектральных кривых проводили с помощью спектрометра UPRtekMK350NPremium. Контроль уровня освещенности осуществляли цифровым люксметром CEMDT-1309.

В наших опытах на этапе микроразмножения побегов не было получено однозначных результатов при использовании светодиодных светильников с разным спектром света. Растения ежевики сорта Блэк Сэтин хорошо развивались практически при всех вариантах освещения с достаточным коэффициентом размножения. Во втором и третьем варианте опыта при светодиодном освещении коэффициент размножения этого сорта достоверно превышал контроль 1 (белые люминесцентные лампы). Микропобеги были хорошо развиты и имели насыщенно зеленые листья. Эффективность размножения в первом и четвертом варианте опыта со светодиодным освещением была на уровне контроля 2 (белые люминесцентные лампы + красная фитолампа) (рис. 1). В то время как коэффициент размножения ежевики сорта Логан Торнлесс был максимальным в контроле с белыми люминесцентными лампами (рис. 1).

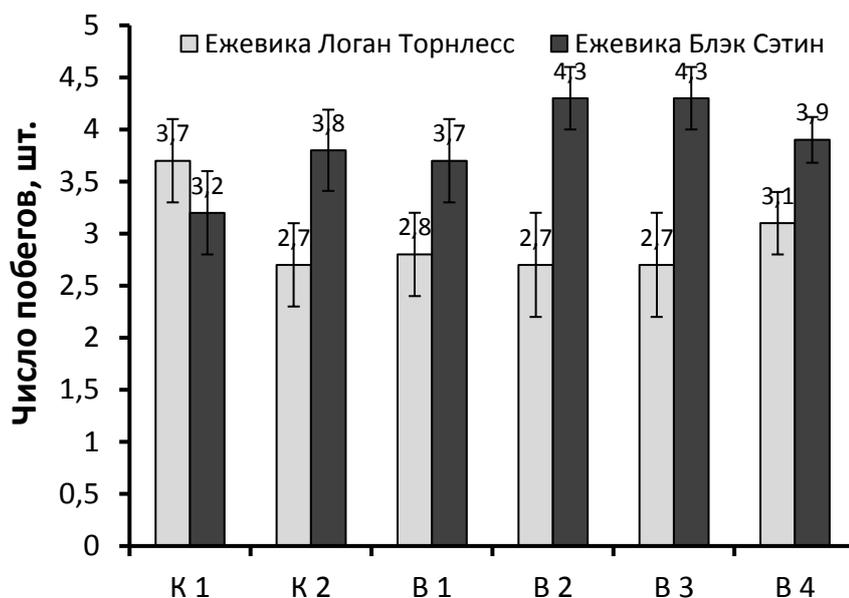


Рисунок 1 - Влияние спектрального состава света на эффективность размножения ягодных культур (1 учет)

Как следует из полученных при учете длины образовавшихся побегов результатов, использование светодиодных светильников в целом замедляло рост побегов. Средняя длина побегов ежевики была ниже в вариантах со светодиодным освещением по сравнению с контролем 1 (рис. 2).

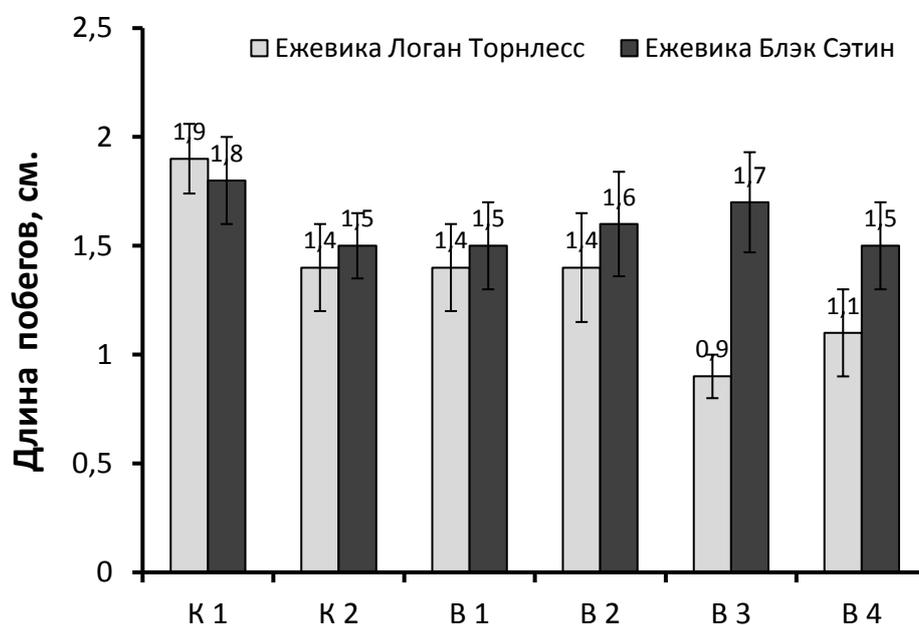


Рисунок 2 - Влияние спектрального состава света на рост микропобегов ягодных культур

Добавление красного света к белым люминесцентным лампам также снижало длину побегов. Максимальное замедление роста побегов получено в третьем (0,9 см) и четвертом варианте (1,1 см) на ежевике сорта Логан Торнлесс

(контроль 1- 1,9 см, контроль 2 – 1, 4 см). На замедление роста побегов под действием синего света указывали и другие авторы. Подобный эффект наблюдали при укоренении микрочеренков жимолости синей сорта Нимфа [5]. В исследованиях, проведенных на лилии кавказской, показано, что синий свет вызывал торможение роста листовой пластины, в то время как красная область спектра способствовала более интенсивному увеличению площади листьев по сравнению с белой (в 1,4 раза). Такое различие в росте и развитии растений обусловлено, по мнению Н.Н. Протасовой [6] тем, что при синем свете в листьях образуется значительно большее количество ингибиторов роста, таких как: абсцизовая кислота, оксикоричные кислоты и др., по сравнению с растениями, выращенными при красном свете. Это приводит к формированию укороченных стеблей и более толстых листьев.

Лучшим по качеству побегов при светодиодном освещении является 4 вариант «мультиспектр» (рис. 3). При освещении только синим и красным светом несколько нарушалась пигментация листьев (рис. 3).

Полученные данные говорят о том, что все варианты освещения можно использовать, однако, в целом нет преимущества (без учета экономической составляющей) светодиодного освещения растений перед люминесцентными лампами.

Таким образом, исследования по изучению влияния светодиодных облучателей с различным спектром освещения на размножение и рост растений в культуре *in vitro* показали:

Генотип растения-донора оказывает существенное влияние на морфогенетический потенциал культивируемых *invitro* растений и их потребности в освещении. Растения ежевики сорта Блэк Сэтин хорошо развивались практически при всех вариантах освещения с достаточным коэффициентом размножения. В то время как коэффициент размножения ежевики сорта Логан Торнлесс был максимальным в контроле с белыми люминесцентными лампами.

Использование светодиодных светильников в целом замедляло рост побегов. Средняя длина побегов ежевики была ниже в вариантах со светодиодным освещением по сравнению с белыми люминесцентными лампами.



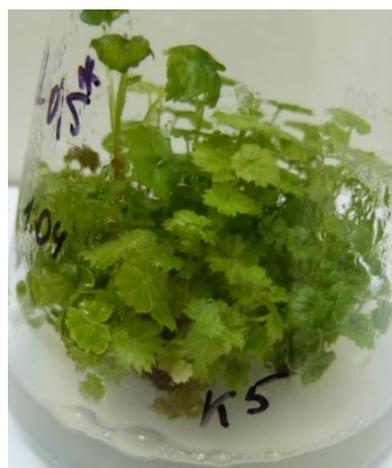
Вариант 1

Вариант 2

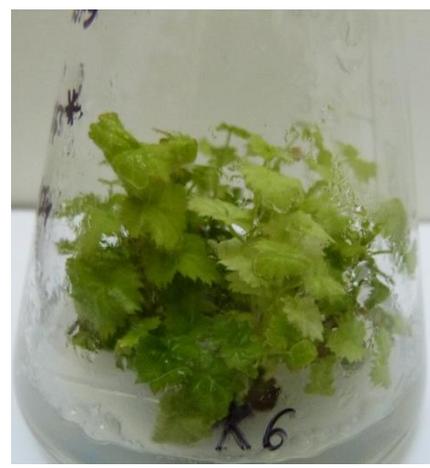
Вариант 3



Вариант 4



Контроль 1 (только белые)



Контроль(белые + 1 красная)

Рисунок 3 -Влияние спектрального состава света на рост и развитие микропобегов ежевики Логан Торнлесс

Список литературы:

1. Евлаков П. М., Бычков А. А., Заплетин В. Ю. Воздействие светодиодных и натриевых облучателей на рост и развитие растений, выращенных методом клонального микроразмножения (in vitro) // Вестник ВГУ, Серия: химия. биология. фармация. 2020. № 4. С. 43-49.

2. Маляровская В.И. Влияние спектрального состава света на рост и развитие *Lilium caucasicum* в условиях культуры *in vitro* // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 94(10). С. 1-11.
3. Маркова М.Г., Сомова Е.Н. Повышение клонального микроразмножения ремонтантной малины // Вестник НГАУ. 2016. 2(39). С. 30-35.
4. Маркова М.Г., Сомова Е.Н. Приемы повышения укореняемости микропобегов земляники садовой в культуре *in vitro* // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. Т.3. № 2(10). С. 34–38.
5. Несмелова Н.П., Сомова Е.Н., Потапова С.А. Влияние спектрального состава света на размножение и укоренение жимолости в культуре *in vitro* // Владимирский земледелец. 2015. № 1 (71). С.35-36.
6. Протасова Н.Н., Кефели В.И. Фотосинтез и рост высших растений, их взаимосвязи и корреляции // Физиология фотосинтеза. М.: Наука, 1982. С. 215 – 270.
7. Способы получения безвирусных садовых культур / Р.В. Папихин, С.А. Муратова, М.Л. Дубровский, И.Б. Кирина, Е.В. Комарова // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 1. С.87.
8. Соловых Н.В., Будаговский А.В., Янковская М.Б. Влияние светодиодного и лазерного излучения на рост и размножение ягодных культур *in vitro* на примере малины черной и актинидии коломикта // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. Киров: «Северо-Восточный региональный аграрный научный центр». 2014. №5 (42). С. 16-21.
9. Фокин А. А., Гордеев А.С. Экспериментальные исследования влияния параметров светодиодных светильников на урожайность зелёного лука при электродосвечивании // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2013. № 5. С. 59-62.
10. Чусова Н.С., Муратова С.А. Влияние условий культивирования *in vitro* на эффективность ризогенеза микрорастений картофеля // «Наука и

Образование. 2019. Т. 2. № 2. С.260.

11. Юнович А.Э. Светодиоды как основа освещения будущего // Светотехника. 2003. № 3. С. 2-6.

12. Gupta S. D., Agarwal A. Influence of LED Lighting on In Vitro Plant Regeneration and Associated Cellular Redox Balance // Light Emitting Diodes for Agriculture: Smart Lighting. 2017. P. 273-303.

13. Seabrook J.E.A. Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) *in vitro*: a review // Am J Pot Res.2005. V. 82(5). P. 353–367.

14. The influence of the spectral composition on the root development of ornamental plants *in vitro* / S.A. Muratova [et al.] // Indo american journal of pharmaceutical sciences 2018. V.5 (7). P. 6979-6984.

UDC 634.7:581.143.6

**EFFECT OF SPECTRAL COMPOSITION OF LIGHT ON THE
GROWTH AND DEVELOPMENT OF BLACKBERRY PLANTS IN VITRO**

Svetlana A. Muratova

Candidate of Biological Sciences, Professor

smuratova@yandex.ru

Igor D. Melekhov

Postgraduate student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The purpose of the research was the study of growth and development of blackberry plants cultivated on nutrient media during exposure to different sources of irradiation. The efficiency of using fluorescent and LED

lamps with different of the spectral composition of light on the growth and morphogenesis of plants in vitro has been demonstrated.

Key words: blackberry, in vitro culture, spectral composition of light, LEDs.