

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА РОСТ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Е. В. ПОУХ, Т. П. КОБРИНЕЦ, О. С. ИВАНОВА

РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси»,
ул. Урбановича, 5, г. Пружаны, Брестская область, 224145, Беларусь,
e-mail: elena.v.poukh@yandex.by

АННОТАЦИЯ

Исследования проводили в 2021–2022 гг. в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в лабораторных условиях. Объектами исследований являлись растения-регенеранты *in vitro* земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс.

Данные исследования по влиянию спектрального состава света на рост земляники садовой в культуре *in vitro* показали, что длина рожка растений-регенерантов увеличивалась при использовании спектральных составов света: «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – $(6,8 \pm 0,14)$ мм на IV пассаже; «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – $(5,7 \pm 0,25)$ мм и «полный спектр» – $(6,1 \pm 0,37)$ мм на V пассаже. Среднее количество листьев растений-регенерантов увеличивалось при применении спектрального состава света «белый свет (контроль)» – $(5,7 \pm 0,42)$ шт. на III пассаже и $(5,7 \pm 0,17)$ шт. на V пассаже; «красный, синий» – $(5,0 \pm 0,37)$ шт. на II и $(5,8 \pm 0,52)$ шт. III пассажах; «красный, синий, оранжевый» – $(5,7 \pm 0,39)$ шт. на III пассаже. Для получения большего коэффициента размножения рекомендуется использование спектрального состава света «полный спектр» (среднее значение за четыре пассажа составило $2,54 \pm 0,16$).

Ключевые слова: спектральный состав света, земляника садовая, размножение *in vitro*, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Анализируя различные литературные источники, было установлено, что современные светодиоды перекрывают диапазон оптического спектра от красного до фиолетового. Это позволяет подбирать необходимую часть спектра под культивируемое растение. Дает возможность избежать теплового и ультрафиолетового излучения, ожогов и обезвоживания [1–3].

Свет как важнейший фактор для фотосинтеза и развития растений оказывает влияние на их рост, морфологию, плодоношение. Основными характеристиками света, влияющими на развитие растений, являются интенсивность освещения и изменение спектрального состава [4, 5].

Исследования по изучению влияния спектрального состава света для культивирования растений в условиях *in vitro* являются перспективными и актуальными для изучения [6, 7]. В Барановичском государственном университете было экспериментально установлено, что синий свет стимулирует корнеобразование и увеличение биомассы земляники садовой в условиях *in vitro* и *ex vitro* [8, 9].

По данным Л. В. Баулиной, полученным во Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук, установлено, что освещение красным светом растений земляники сортов Амулет и Профьюжен на этапах микроразмножения и укоренения *in vitro* способствует увеличению числа генеративных образований в поле. Освещение синим светом растений земляники сорта Пурпуровая на этапах микроразмножения и укоренения *in vitro* сдерживает появление генеративных образований в полевых условиях [10].

Известно, что на этапе собственно микроразмножения всех культур главным является увеличение коэффициента размножения. На пролиферацию земляники садовой существенное влияние оказывает как питательная среда, так и спектральный состав светильников [11].

Целью исследования было изучение влияния различного спектрального состава света на морфометрические показатели развития растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro*.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работу проводили в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в 2021–2022 гг. в лабораторных условиях. Объекты исследований – растения-регенеранты *in vitro* земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс.

Для культивирования растений-регенерантов применяли питательную среду Мурасиге и Скуга с содержанием 6-бензиламинопурина (6-БАП) – 0,5 мг/л, индолилмасляной кислоты (ИМК) – 0,1 мг/л, гибберелловой кислоты (ГК) – 0,1 мг/л. Растения культивировали в течение 3–4 недель при температуре +23...+25 °С, освещенность – 2,5–3,5 тыс. лк, световой режим – 16/8 ч [12]. Повторность двукратная, по 10 растений в повторности.

В качестве экспериментальных источников освещения использовали лампы с различным спектральным составом света: лампа светодиодная белого света (контроль), 40 Вт, производитель – Китай; светильник светодиодный (полный спектр), 21,5 Вт, производитель – ЦСОТ НАН Беларуси, Беларусь; светильник светодиодный (сине-красный спектр: красный – 660 нм, синий – 430 нм, инфракрасный – 730 нм, ультрафиолетовый – 400 нм), 14 Вт, производитель – «Ханджоу Джанкшин», Китай; светильник светодиодный (красно-синий спектр 5 : 1: красный – 650 нм, синий – 450 нм), 15 Вт, производитель – «ОПАЛТЕК (ГК) Лимитед», Китай; фитосветильник светодиодный (красный – 610–650 нм, синий – 450–465 нм, оранжевый – 610–620 нм), 18 Вт, производитель – ЗАО «Лидер-Монтаж», Беларусь.

Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0, используя ANOVA, однофакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана при $p < 0,05$ для сравнения средних значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного однофакторного дисперсионного анализа на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* установлено, что изучаемые спектральные составы света достоверно влияли ($p < 0,001$) на длину рожка, среднее количество листьев, коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой.

На протяжении II и III пассажей при изучаемых спектральных составах света длина рожка растений-регенерантов земляники садовой колебалась незначительно: от ($4,2 \pm 0,23$) до ($5,1 \pm 0,18$) мм и от ($4,6 \pm 0,44$) до ($5,9 \pm 0,34$) мм соответственно (табл. 1), поскольку на первых пассажах идет стабилизация культуры. Большую длину рожка формировали растения, содержащиеся под спектральным составом света «красный, синий» и «белый свет (контроль)» на II пассаже – ($5,1 \pm 0,18$) и ($5,1 \pm 0,17$) мм соответственно, и «белый свет (контроль)» на III пассаже – ($5,9 \pm 0,34$) мм [13].

Таблица 1. Влияние спектрального состава света на среднюю длину рожка растений-регенерантов земляники садовой, мм

Вариант	II пассаж	III пассаж	IV пассаж	V пассаж
Белый свет (контроль)	$5,1 \pm 0,17$	$5,9 \pm 0,34a$	$5,2 \pm 0,17bc$	$5,4 \pm 0,11bc$
Полный спектр	$4,3 \pm 0,56$	$4,6 \pm 0,44b$	$5,6 \pm 0,38bc$	$6,1 \pm 0,37a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$4,6 \pm 0,22$	$4,7 \pm 0,22b$	$6,8 \pm 0,14a$	$5,7 \pm 0,25ab$
Красный, синий	$5,1 \pm 0,18$	$5,4 \pm 0,24ab$	$5,8 \pm 0,22b$	$5,3 \pm 0,24bc$
Красный, синий, оранжевый	$4,2 \pm 0,23$	$5,0 \pm 0,27ab$	$5,0 \pm 0,09c$	$4,8 \pm 0,06c$

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

При дальнейшем культивировании длина рожка растений-регенерантов земляники садовой была значимо больше под спектральным составом света «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – ($6,8 \pm 0,14$) мм на IV пассаже и «полный спектр» – ($6,1 \pm 0,37$) мм на V пассаже, что достоверно отличается от других вариантов.

Применение разного спектрального состава света оказало влияние на закладку листьев растений-регенерантов земляники садовой. При использовании для освещения растений-регенерантов спектрального состава света «красный, синий» среднее количество листьев на II и III пассажах составило ($5,0 \pm 0,37$) и ($5,8 \pm 0,52$) шт. соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние спектрального состава света на среднее количество листьев растений-регенерантов земляники садовой, шт.

Вариант	II пассаж	III пассаж	IV пассаж	V пассаж
Белый свет (контроль)	$4,5 \pm 0,27ab$	$5,7 \pm 0,42a$	$4,6 \pm 0,22a$	$5,7 \pm 0,17a$
Полный спектр	$3,8 \pm 0,14b$	$4,2 \pm 0,26b$	$3,3 \pm 0,08d$	$4,0 \pm 0,09b$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$4,4 \pm 0,39ab$	$5,2 \pm 0,29ab$	$3,6 \pm 0,11cd$	$4,0 \pm 0,13b$
Красный, синий	$5,0 \pm 0,37a$	$5,8 \pm 0,52a$	$4,2 \pm 0,22ab$	$4,8 \pm 0,61b$
Красный, синий, оранжевый	$4,3 \pm 0,26ab$	$5,7 \pm 0,39a$	$4,0 \pm 0,09bc$	$4,5 \pm 0,10b$

Отмечалось увеличение количества листьев растений-регенерантов на III пассаже. Максимальное количество листьев на IV и V пассажах отмечалось при спектральном составе света «белый свет (контроль)» – ($4,6 \pm 0,22$) и ($5,7 \pm 0,17$) шт. соответственно.

Исследования показали, что, независимо от спектрального состава освещения, коэффициент размножения растений-регенерантов на II пассаже был практически одинаковым и варьировал от $1,42 \pm 0,04$ до $1,52 \pm 0,06$ (табл. 3).

Таблица 3. Влияние спектрального состава света на коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой

Вариант	II пассаж	III пассаж	IV пассаж	V пассаж	Среднее по пассажирам
Белый свет (контроль)	$1,42 \pm 0,04$	$1,26 \pm 0,04b$	$2,53 \pm 0,19bc$	$2,27 \pm 0,20b$	$1,87 \pm 0,06 bc$
Полный спектр	$1,45 \pm 0,08$	$1,72 \pm 0,07a$	$3,83 \pm 0,36a$	$3,18 \pm 0,29a$	$2,54 \pm 0,16a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$1,51 \pm 0,06$	$1,18 \pm 0,03b$	$2,14 \pm 0,12c$	$2,25 \pm 0,20b$	$1,77 \pm 0,07c$
Красный, синий	$1,45 \pm 1,10$	$1,24 \pm 0,07b$	$2,51 \pm 0,25bc$	$1,90 \pm 0,06b$	$1,77 \pm 0,06c$
Красный, синий, оранжевый	$1,52 \pm 0,06$	$1,28 \pm 0,05b$	$3,02 \pm 0,18b$	$2,42 \pm 0,14b$	$2,05 \pm 0,07b$

Дальнейшее культивирование земляники садовой позволило увеличить коэффициент размножения. Установлено достоверное влияние спектра освещения «полный спектр» на коэффициент размножения: максимальный показатель отмечался на всех пассажах культивирования (III пассаж – $1,72 \pm 0,07$, IV пассаж – $3,83 \pm 0,36$, V пассаж – $3,18 \pm 0,29$).

Среднее значение коэффициента размножения по пассажирам варьировало от $1,77 \pm 0,06$ до $2,54 \pm 0,16$. Самое высокое его значение отмечено под влиянием спектра освещения «полный спектр».

ВЫВОДЫ

Анализ проведенных исследований по изучению влияния спектрального состава света на этапе микроразмножения растений-регенерантов земляники садовой выявил, что показатель роста «длина рожка» увеличивался при воздействии спектральных составов света «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – ($6,8 \pm 0,14$) мм на IV пассаже; «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – ($5,7 \pm 0,25$) мм и «полный спектр» – ($6,1 \pm 0,37$) мм на V пассаже.

Количество листьев растений-регенерантов земляники садовой увеличивалось при использовании спектрального состава света «белый свет (контроль)» – ($5,7 \pm 0,42$) шт. на III пассаже, ($5,7 \pm 0,17$) шт. на V пассаже; «красный, синий» – ($5,0 \pm 0,37$) шт. на II и ($5,8 \pm 0,52$) шт. III пассажах; «красный, синий, оранжевый» – ($5,7 \pm 0,39$) шт. на III пассаже.

Для получения большего коэффициента размножения рекомендуется использование спектрального состава света «полный спектр» (среднее значение за четыре пассажа составило $2,54 \pm 0,16$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Курьянова, И. В. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур / И. В. Курьянова, С. И. Олонина // Вестн. НГИЭИ. – 2017. – № 7 (74). – С. 35–44.
2. Фотосинтез и продуктивность растений базилика (*Ocimum basilicum* L.) при облучении различными источниками света / М. Н. Полякова [и др.] // С.-х. биология. – 2015. – Т. 50, № 1. – С. 124–130.
3. Шпак, М. Ю. Изучение влияния света искусственных диодов различного спектрального состава на ризогенез земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) в культуре *in vitro* / М. Ю. Шпак // Техника и технологии: инновации и качество : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 19 дек. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, Студен. науч. сообщество БарГУ ; редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи, 2017. – С. 174–175.
4. Оптимизация условий освещения при культивировании микроклонов *Solanum tuberosum* L. сорта Луговской *in vitro* / И. Ф. Головацкая [и др.] // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. – 2013. – № 4 (24). – С. 133–144.
5. Тихомиров, А. А. Спектральный состав света и продуктивность растений / А. А. Тихомиров, Г. М. Лисовский, Ф. Я. Сидько. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 168 с.
6. Бьядовский, И. А. Влияние спектрального состава света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria ananassa* D.) в культуре *in vitro* / И. А. Бьядовский // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол. : И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2018. – Т. 54. – С. 88–92.
7. Шпак, М. Ю. Особенности развития растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) в культуре *in vitro* при различном освещении / М. Ю. Шпак, Т. В. Никонович // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 3. – С. 73–78.
8. Мороз, Д. С. Влияние света светодиодных осветителей различного спектрального состава на адаптацию растений-регенерантов земляники садовой *Fragaria* × *Ananassa* Duch. к нестерильным условиям / Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская // Перспективы развития науки в современном мире : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 7 марта 2019 г. / редкол.: И. А. Соловьев [и др.]. – Уфа, 2019. – С. 101–107.
9. Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. в условиях светодиодного освещения / Д. С. Мороз [и др.] // Вестн. БарГУ. Сер. биол. науки (общ. биология), с.-х. науки (агрономия). – 2019. – № 7. – С. 73–82.
10. Баулина, Л. В. Факторы культивирования *in vitro* и их влияние на рост и развитие растений земляники *in vitro* и *in vivo* : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Л. В. Баулина ; Рос. гос. аграр. ун-т. – М., 2012. – 26 с.
11. Маркова, М. Г. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 35–41.
12. Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 208 с.
13. Влияние различных спектров освещения на рост земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* / Е. В. Поух [и др.] // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 36–41.

THE INFLUENCE OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF LIGHT ON THE GROWTH OF GARDEN STRAWBERRY REGENERATES IN CULTURE *IN VITRO*

E. V. POUKH, T. P. KOBRINETS, O. S. IVANOVA

Abstract

The research was carried out in 2021–2022 in the laboratory of the fruit-growing department of RUE ‘Brest regional agricultural experiment station of the National Academy of Science of Belarus’. The objects of research were the *in vitro* regenerated garden strawberry plants of Asia, Alba, Florence varieties.

Studies on the influence of the spectral composition of light on the growth of garden strawberry *in vitro* have shown that the length of the branch crowns of regenerated plants increased when using spectral compositions of light: ‘red, blue, infrared, ultraviolet’ – (6.8 ± 0.14) mm at passage IV; ‘red, blue, infrared, ultraviolet’ – (5.7 ± 0.25) mm and ‘full spectrum’ – (6.1 ± 0.37) mm at passage V. The average number of leaves of regenerated plants increased when using the spectral composition of light: ‘white light (control)’ – (5.7 ± 0.42) pcs. on passage III and (5.7 ± 0.17) pcs. on passage V; ‘red, blue’ – (5.0 ± 0.37) pcs. on passage II and (5.8 ± 0.52) pcs. passage III; ‘red, blue, orange’ – (5.7 ± 0.39) pcs. on passage III. To obtain a larger reproduction coefficient, it is recommended to use the spectral composition of the light of ‘full spectrum’ (the average value for four passages was 2.54 ± 0.16).

Keywords: spectral composition of light, garden strawberry, reproduction *in vitro*, Belarus.

Поступила в редакцию 05.02.2024