

Научная статья

УДК 634.738

doi: 10.34655/bgsha.2021.64.3.013

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОЦЕССЫ ПОБЕГООБРАЗОВАНИЯ И РИЗОГЕНЕЗА БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ

Ирина Борисовна Кузнецова¹, Антон Игоревич Чудецкий²,
Галина Вячеславовна Тяк²

¹ Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Каравеево, Костромская обл., Россия

² Филиал ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Центрально-европейская лесная опытная станция», Кострома, Россия

sonnereiser@yandex.ru

a.chudetsky@mail.ru

ce-los-np@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния типа освещения различного спектрального диапазона на рост и развитие растений брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сортов Рубин и Костромская розовая при клональном микроразмножении. Применение метода клонального микроразмножения целесообразно при создании плантаций лесных ягодных растений для повышения коэффициента их размножения. Применение различного спектрального состава и спектрального диапазона света позволяет регулировать процессы роста и развития растений. На этапах «собственно микроразмножение» и «укоренение *in vitro*» количество микропобегов (3,3 шт.) и корней (3,9 шт.) брусники обыкновенной, а наибольшие суммарные длины микропобегов (14,9 см) и корней (15,5 см) при освещении надземной части растений-регенерантов светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров также были максимальными и значительно превышали показатели освещения люминесцентными и светодиодными лампами белого спектра. Суммарная длина микропобегов (10,7 см) и корней (8,6 см) брусники обыкновенной сорта Костромская розовая была значительно больше, чем у сорта Рубин.

Ключевые слова: брусника обыкновенная, *Vaccinium vitis-idaea* L., *in vitro*, клональное микроразмножение, свет, светодиодные лампы.

INFLUENCE OF LIGHT ON THE SHOOT FORMATION AND RHIZOGENESIS OF COWBERRY IN CLONAL MICROPROPAGATION

Irina B. Kuznetsova¹, Anton I. Chudetsky², Galina V. Tyak²

¹ Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma region, Russia

² Central European Forest Experiment Station –Branch of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Kostroma, Russia

¹sonnereiser@yandex.ru

²a.chudetsky@mail.ru

³ce-los-np@mail.ru

Abstract. *The results of studies on the influence of the type of lighting of different spectral ranges on the growth and development of cowberry plants (*Vaccinium vitis-idaea* L.) of Rubin and Kostromskaya rozovaya cultivars during clonal micropropagation. The use of the method of clonal micropropagation is advisable when creating plantations of forest berry plants to increase the coefficient of its reproduction. The use of different spectral composition and spectral range of light makes it possible to regulate the processes of plant growth and development. The number of micro-shoots (3.3 pcs.) and roots (3.9 pcs.) of lingonberry, as well as the total length of micro-shoots (14.9 cm) and roots (15.5 cm) are observed when the aboveground part of the regenerated plants are illuminated with LED lamps with a combination of white, red and blue spectra, are also more maximal and significantly exceeded the illumination rates of fluorescent and LED lamps of the white spectrum at the stages “proper micropropagation” and “rooting in vitro”. The total length of micro-shoots (10.7 cm) and roots (8.6 cm) of lingonberry of Kostromskaya rozovaya cultivar is significantly greater than that of the Rubin variety.*

Keywords: cowberry, *Vaccinium vitis-idaea* L., *in vitro*, clonal micropropagation, light, LED lamps.

Введение. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) – низкорослый вегетативно-подвижный кустарничек из рода *Vaccinium* L. Данный вид имеет широкий ареал произрастания, охватывает большую часть Европы, Азии и Северной Америки и встречается в хвойных и хвойно-мелколиственных лесах, на окраинах заболоченных лесных участков. Брусника нетребовательна к плодородию почвы, достаточно зимостойка, морозостойка и засухоустойчива, но довольно требовательна к свету [1-3]. Плоды и листья брусники обладают высокой пищевой и лекарственной ценностью. Ягоды содержат большое количество биологически активных веществ, выполняющих важную роль при лечении ряда различных заболеваний, и имеют разнообразный биохимический состав, в который входят растворимые сахара, клетчатка, пектиновые вещества, органические кислоты, витамины, микро- и макроэлементы [4; 5].

В природе брусника размножается, в основном, путем формирования новых парциальных кустов из корневищ. При выращивании брусники наиболее распространено размножение одревесневшими побегами и стеблевыми черенками [3]. Однако с возрастанием спроса на ягодную продукцию и высококачественный сортовой посадочный материал лесных ягодных растений возникает необходимость плантационного их выращивания. Для решения этих задач и повышения коэффициента размножения, который при традиционных способах невелик, целесообразно применять современные биотехнологические методы размножения с помощью культуры клеток и тканей [6; 7]. Исследованиями по клональному микро-размножению брусники занимался ряд отечественных и зарубежных ученых [8-13]. С 2018 г. на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ ведутся работы по выращиванию

брусники обыкновенной перспективных сортов и гибридных форм в культуре *in vitro*, в том числе с применением современных росторегулирующих веществ и различных типов освещения.

Помимо создания условий для жизни растений, подачи энергии для процесса фотосинтеза, свет выполняет биосинтетическую и информационную функции. На сегодняшний день при подборе оптимальных источников освещения для растений специалисты-физиологи все больше предпочитают выбор белых светодиодов, излучение которых содержит компоненты всех основных полос в диапазоне фотосинтетически активной радиации. При этом спектральный состав света по-разному влияет на рост и развитие растений, а разные участки спектрального диапазона оказывают разное воздействие на различные физиологические и морфогенетические процессы [14-16]. Исследования по влиянию освещения при клональном микроразмножении лесных ягодных растений, в частности брусники, не проводились, в связи с чем работа в данном направлении имеет научный и практический интерес.

Цель исследований – изучить влияние типа освещения на процессы побегообразования и ризогенеза растений брусники обыкновенной при клональном микроразмножении.

Объекты и методы. Исследования проводились в 2019–2020 гг. в Лаборатории клонального микроразмножения на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ по общепринятым методикам [7]. В качестве объектов исследования использовали растения брусники обыкновенной перспективных сортов Рубин и Костромская розовая,

которые культивировали на питательной среде WPM с использованием цитокинина 2ip на этапе «собственно микроразмножение» и ауксина ИМК на этапе «укоренение *in vitro*». Клонированные растения между пассажирами помещали в штативах из пенопласта, закрывающих от света корневую систему, в инкубационное помещение, где их освещали светодиодными (СД) лампами разного спектрального состава: 1) СД-Б – белого спектра (длина волны – 653 нм); 2) СД-Б+К+С – с комбинацией белого (длина волны – 653 нм), красного (длина волны – 670 нм) и синего (длина волны – 455 нм) спектров. В качестве контрольного варианта применялись люминесцентные лампы белого цвета. Во всех вариантах растения подвергались постоянному освещению в течение 3 пассажей. Фотопериод – 16/8 часов. Определяли биометрические показатели растений: количество, среднюю и суммарную длину микропобегов и корней в расчете на одно растение. Повторность опыта 10-кратная. Статистическую обработку данных проводили с использованием программ AGROS v.2.11 и Microsoft Office 2016.

Результаты и обсуждение. В ходе экспериментальных исследований установлено, что тип освещения оказывал влияние на процессы побегообразования и ризогенеза брусники обыкновенной при клональном микроразмножении. Количество микропобегов при освещении лампами СД-Б и СД-Б+К+С составляло в среднем 3,3 шт., а при освещении люминесцентными лампами – 2,4 шт. (табл. 1). Различия по количеству микропобегов в зависимости от типа освещения и сорта были незначительными.

Таблица 1 – Количество микропобегов брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения, шт.

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Рубин	2,0	3,1	3,1	2,7
Костромская розовая	2,8	3,4	3,5	3,2
Среднее	2,4	3,3	3,3	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,41 фактор В = 1,11 общ. = 1,78				

Средняя длина микропобегов брусники обыкновенной при освещении лампами СД-Б+К+С составляла, в среднем, 4,5 см, что статистически значимо больше, чем при освещении лампами СД-Б и лю-

минесцентными лампами (2,7 см). У исследуемых сортов брусники обыкновенной Рубин и Костромская розовая существенных различий по средней длине микропобегов не выявлено (табл. 2).

Таблица 2 – Средняя длина микропобегов брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения, см

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Рубин	2,9	2,8	4,4	3,4
Костромская розовая	2,5	2,6	4,6	3,2
Среднее	2,7	2,7	4,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,24 фактор В = 1,07 общ. = 1,91				

Суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной оказалась наибольшей при освещении лампами СД-Б+К+С и достигала, в среднем, 14,9 см, тогда как при освещении лампами СД-Б она составляла 8,8 см, а в контрольном варианте –

6,5 см (табл. 3). У сорта брусники обыкновенной Костромская розовая суммарная длина микропобегов составляла, в среднем, 10,7 см, что значительно больше, чем у сорта Рубин (9,4 см).

Таблица 3 – Суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения, см

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Рубин	5,8	8,7	13,6	9,4
Костромская розовая	7,1	8,9	16,1	10,7
Среднее	6,5	8,8	14,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,96 фактор В = 1,41 общ. = 2,10				

При освещении надземной части лампами СД-Б+К+С формировалось наибольшее количество корней брусники обыкновенной (в среднем, 3,9 см). При использовании ламп СД-Б данный пока-

затель составлял 2,4 см, а в контроле – 1,6 см (табл. 4). В зависимости от сорта различия по количеству микропобегов не выявлены.

Таблица 4 – Количество корней брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения надземной части, шт.

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Рубин	1,3	2,3	3,2	2,3
Костромская розовая	1,8	2,5	4,5	2,9
Среднее	1,6	2,4	3,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,67 фактор В = 1,44 общ. = 2,33				

Средняя длина корней брусники обыкновенной при освещении надземной части лампами СД-Б+К+С составляла, в среднем, 4,0 см, что значительно больше, чем при освещении лампами СД-Б и лю-

минесцентными (1,1–1,7 см). У сортов Рубин и Костромская розовая средняя длина корней была практически одинаковой, в среднем, 2,2–2,3 см (табл. 5).

Таблица 5 – Средняя длина корней брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения надземной части, см

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Рубин	0,8	1,8	3,9	2,2
Костромская розовая	1,4	1,5	4,1	2,3
Среднее	1,1	1,7	4,0	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,06 фактор В = 0,87 общ. = 1,20				

Суммарная длина корней брусники при освещении надземной части лампами СД-Б+К+С достигала, в среднем, 15,5 см, что в 3,5 раза больше, чем в варианте с СД-Б, и в 8,6 раз больше, чем при использовании люминесцентных ламп (табл. 6).

У сорта брусники обыкновенной Костромская розовая суммарная длина корней составляла, в среднем, 8,6 см, что статистически значимо больше, чем у сорта Рубин (5,9 см).

Таблица 6 – Суммарная длина корней брусники обыкновенной в зависимости от сорта и типа освещения надземной части, см

Сорт	Освещение			Среднее
	Контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Рубин	1,0	4,2	12,5	5,9
Костромская розовая	2,6	4,6	18,5	8,6
Среднее	1,8	4,4	15,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,97 фактор В = 1,65 общ. = 2,41				

Заключение. Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В процессе клонального микроразмножения брусники обыкновенной на этапе «собственно микроразмножение» при освещении растений-регенерантов светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров побегообразование происходило наиболее интенсивно, и формировалось большее количество микропобегов большей длины по сравнению с вариантами использования светодиодных ламп белого спектра и люминесцентных ламп.

2. На этапе укоренения *in vitro* ризогенез растений брусники обыкновенной проходил интенсивнее при освещении надземной части растений лампами светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров, чем люминесцентными и светодиодными лампами только белого спектра.

3. Суммарная длина микропобегов и корней брусники обыкновенной сорта Ко-

стромская розовая была значительно больше, чем у сорта Рубин.

Список источников

1. Мазуренко М.Т. Вересковые кустарнички Дальнего Востока. Москва : Наука, 1982. 184 с.
2. Müller A. Preiselbeere – Botanische Eigenschaften, Verbreitung und Standortbedingungen im Hinblick auf einen Feldanbau // Erwerbsobstbau. 1982. Vol. 24 (6). pp. 155–158.
3. Тяк Г.В., Алтухова С.А. Интродукция западноевропейских сортов брусники в Костромской области // Состояние и перспективы развития нетрадиционных садовых культур: мат-лы междунар. науч.-метод. конф. (Мичуринск, 12–14 августа 2003 г.). Воронеж : Кварта, 2003. С. 80–84.
4. Брусника / В.Ф. Юдина [и др.]. Москва : Лесная промышленность, 1986. 80 с.
5. Формирование биохимического состава брусники обыкновенной в Беларуси / Ж.А. Рупасова, Е.А. Сидорович, В.А. Игнатенко, Р.Н. Рудаковская. Минск : Беларуская навука, 1998. 303 с.
6. Сельскохозяйственная биотехнология

: учеб. / В.С. Шевелуха [и др.]. – Москва: Высшая школа, 2008. 416 с.

7. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений: учеб. пособие / Е.А. Калашникова. Москва : Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 318 с.

8. Ostroluckb M.G. [et al.]. Effect of Medium pH on Axillary Shoot Proliferation of Selected *Vaccinium vitis-idaea* L. Cultivars // *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*. 2010. Vol. 52 (2). pp. 92–96.

9. Debnath S.C. Characteristics of Lingonberry Plants Propagated by In Vitro and Ex Vitro Propagation Methods // *Acta Horticulturae*; XXVIII Int. Horticultural Congress on Science and Horticulture. 2012. Vol. 926. pp. 259–264.

10. Staniene G., Stanys V., Kawecki Z. Peculiarities of Propagation In Vitro of *Vaccinium vitis-idaea* L. and *V. praestans* Lamb. // *Biologija*. 2012. Vol. 1. pp. 84–86.

11. Дудина Ю.А., Калашникова Е.А. Культивирование голубики, брусники и клюквы в культуре in vitro // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии: сб. тез. 18-й всерос. конф. мол. ученых (Москва, 19–20 апреля 2018 г.). Москва : ФГБНУ ВНИИСБ, 2018. С. 70–71.

12. Микрклональное размножение брусники обыкновенной / В.Н. Решетников [и др.] // Генетические основы селекции растений. Минск : Беларуская навука, 2012. Т. 3. Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия. Гл. 5. С. 335–346.

13. Размножение плодовых растений в культуре in vitro / Н.В. Кухарчик [и др.]. Минск : Беларуская навука, 2016. 208 с.

14. Тихомиров А.А., Ушакова С.А. Научные и технологические основы формирования фототрофного звена биолого-технических систем жизнеобеспечения. Красноярск, 2016. 200 с.

15. Тараканов И. Г., Яковлева О. С. Влияние качества света на физиологические особенности и продукционный процесс базилика эвгенольного (*Ocimum gratissimum* L.) // *Естественные науки*. 2012. № 3. С. 95–97.

16. Cope K., Bugbee B. Spectral Effects of Three Types of White Lightemitting Diodes on Plant Growth and Development: Absolute Versus Relative Amounts of Blue Light // *Hortscience*. 2013. Vol. 48 (4). pp. 504–509.

References

1. Mazurenko M.T. *Vereskovye kustarnichki Dalnego Vostoka* [Heather Dwarf Shrubs of the Far East]. Moscow : Nauka, 1982. 184 p. (in Russ.)

2. Müller A. Preiselbeere – Botanische Eigenschaften, Verbreitung und Standortbedingungen im Hinblick auf einen feldm dssigen Anbau. *Erwerbsobstbau*, 1982;24(6):155–158.

3. Tyak G.V., Altuhova S.A. Introdukciya zapadnoevropejskih sortov brusniki v Kostromskoj oblasti [Introduction of Western European Cultivars of Lingonberry in the Kostroma Region]. *Proc. of the Int. Conf. "Sostoyanie i perspektivy razvitiya netradicionnyh sadovyh kul'tur"*, Michurinsk, August 12–14, 2003. pp. 80–84 (in Russ.)

4. Yudina V.F. [et al.]. *Brusnika* [Lingonberry]. Moscow. *Lesnaya promyshlennost'*, 1986. 80 p. (in Russ.)

5. Rupasova Zh.A., Sidorovich E.A., Ignatenko V.A., Rudakovskaya R.N. *Formirovanie biohimicheskogo sostava brusniki obyknovennoj v Belarusi* [Formation of the Biochemical Composition of Common Lingonberry in Belarus]. Minsk. *Belaruskaya Navuka*, 1998. 303 p. (in Russ.)

6. Sheveluha V.S. [et al.]. *Selskohozyajstvennaya biotekhnologiya* [Agricultural Biotechnology]. Moscow. *Vyshshaya shkola*, 2008. 416 p. (in Russ.)

7. Kalashnikova E.A. *Kletochnaya inzheneriya rastenij* [Cell Plant Engineering]. Moscow. *RSAU-MMA Publ.*, 2012. 318 p. (in Russ.)

8. Ostroluckb M.G. [et al.]. Effect of Medium pH on Axillary Shoot Proliferation of Selected *Vaccinium vitis-idaea* L. Cultivars. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*. 2010;52 (2):92–96.

9. Debnath S.C. Characteristics of Lingonberry Plants Propagated by In Vitro and Ex Vitro Propagation Methods. *Acta Horticulturae*; XXVIII Int. Horticultural Congress on Science and Horticulture, 2012;926:259–264.

10. Staniene G., Stanys V., Kawecki Z. Peculiarities of Propagation In Vitro of *Vaccinium vitis-idaea* L. and *V. praestans* Lamb. *Biologija*. 2012;1:84–86.

11. Dudina Yu.A., Kalashnikova E.A. *Kultivirovanie golubiki, brusniki i klyukvy v kulture in vitro* [Cultivation of Blueberry, Lingonberry and Cranberry in Culture In Vitro].

Proc. of 18th All-Russian Conf. "Biotekhnologiya v rastenievodstve, zhivotnovodstve i veterinarii". Moscow, April 19–20, 2018. pp. 70–71 (in Russian)

12. Reshetnikov V.N. [et al.]. *Mikroklonalnoe razmnozhenie brusniki obyknovЕННОj* [Microclonal Reproduction of Common Lingonberry]. *Geneticheskie osnovy selekcii rastenij* [Genetic Foundations of Plant Breeding]. Minsk. Belaruskaya Navuka, 2012;3(5):335–346 (in Russ.)

13. Kuharchik N.V. [et al.]. *Razmnozhenie plodovyh rastenij v kulture in vitro* [Reproduction of Fruit Plants in Culture In Vitro]. Minsk. Belaruskaya Navuka, 2016. 208 p. (in Russ.)

14. Tihomirov A.A., Ushakova S.A. *Nauchnye i tekhnologicheskie osnovy formirovaniya fototrofnogo zvena biologo-*

tekhnicheskikh sistem zhizneobespecheniya [Scientific and Technological Foundations of the Formation of a Phototrophic Link in Biological and Technical Life Support Systems]. Krasnoyarsk, 2016. 200 p. (in Russ.)

15. Tarakanov I.G., Yakovleva O.S. *Vliyanie kachestva sveta na fiziologicheskie osobennosti i produkcionnyj process bazilika evgenolnogo (Ocimum gratissimum L.)* [Influence of the Quality of Light on the Physiological Characteristics and Production process of Eugenol Basil (*Ocimum gratissimum L.*)]. *Estestvennyye nauki*. 2012;3: 95–97 (in Russ.)

16. Cope K., Bugbee B. Spectral Effects of Three Types of White Lightemitting Diodes on Plant Growth and Development: Absolute Versus Relative Amounts of Blue Light. *Hortscience*. 2013;48(4):504–509.

Информация об авторах

Ирина Борисовна Кузнецова – доцент кафедры агрохимии, почвоведения и защиты растений;

Антон Игоревич Чудецкий – ведущий инженер;

Тяк Галина Вячеславовна – руководитель группы недревесной продукции леса.

Information about the authors

Irina B. Kuznetsova – Associate Professor of Agrochemistry, Soil Science and Plant Protection Chair;

Anton I. Chudetsky, Leading Engineer;

Galina V. Tyak, Head of Non-timber Forest Products Group.

Статья поступила в редакцию 08.04. 2021; одобрена после рецензирования 05.05.2021; принята к публикации 14.05.2021.

The article was submitted 08.04.2021; approved after reviewing 05.05.2021; accepted for publication 14.05.2021.