

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2021. № 3(64). С. 109–115.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2021;3(64):109–115.

Научная статья

УДК 634.7

doi: 10.34655/bgsha.2021.64.3.014

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ КНЯЖЕНИКИ АРКТИЧЕСКОЙ (*RUBUS ARCTICUS* L.) ПРИ КЛОНАЛЬНОМ МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ

Сергей Сергеевич Макаров¹, Ирина Борисовна Кузнецова²

¹ Филиал ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Центрально-европейская лесная опытная станция», Кострома, Россия

² Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваяево, Костромская обл., Россия

makarov_serg44@mail.ru

sonnereiser@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния освещения различного спектрального диапазона на биометрические показатели роста растений княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) сорта Анна и перспективной гибридной формы К-1 при клональном микроразмножении. Княженика арктическая – одна из наиболее перспективных ягодных культур для выращивания в условиях выработанных торфяников. Клональное микроразмножение – наиболее эффективный метод размножения для создания плантаций лесных ягодных растений. На этапе «собственно микро-размножение» при освещении растений-регенерантов княженики арктической лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров формировалось наибольшее количество микропобегов (16,9 шт.) максимальной суммарной длиной (251,1 см). Суммарная длина микропобегов княженики сорта Анна (114,0 см) была больше, чем у растений гибридной формы К-1. На этапе «укоренение *in vitro*» корнеобразование княженики арктической при освещении растений светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров было более активным (количество корней – 13,4 шт., суммарная длина корней – 163,8 см), чем при использовании люминесцентных ламп и светодиодных ламп белого спектра. Суммарная длина растений княженики гибридной формы К-1 (84,4 см) была больше по сравнению с растениями сорта Анна.

Ключевые слова: княженика арктическая, *Rubus arcticus* L., *in vitro*, клональное микро-размножение, свет, светодиодные лампы.

INFLUENCE OF LIGHT OF VARIOUS SPECTRAL RANGES ON BIOMETRIC PARAMETERS OF ARCTIC BRAMBLE (*RUBUS ARCTICUS* L.) PLANTS IN CLONAL MICROPROPAGATION

Sergey S. Makarov¹, Irina B. Kuznetsova²

¹ Central European Forest Experiment Station –Branch of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Kostroma, Russia

² Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma region, Russia

makarov_serg44@mail.ru

sonnereiser@yandex.ru

Abstract. *The results of research on the study of the effect of illumination of different spectral ranges on the biometric parameters of growth of the arctic bramble (*Rubus arcticus* L.) plants of Anna cultivar and the promising hybrid form K-1 during clonal micropropagation. The arctic bramble is one of the most promising berry crops for cultivation in the conditions of depleted peatlands. Clonal micropropagation is the most effective propagation method for creating forest berry plantations. The largest number of microshoots (16.9 pcs.) and the maximum total length (251.1 cm) of regenerating arctic bramble plants during illumination with LED lamps with a combination of white, red and blue spectra at the stage of “proper micropropagation”. The total length of microshoots of the arctic bramble of Anna cultivar (114.0 cm) is greater than hybrid form K-1. The rooting of the arctic bramble plants under the illumination with LED lamps with a combination of white, red and blue spectra is more active (the number of roots is 13.4 pcs., the total length of the roots is 163.8 cm) at the stage of “rooting in vitro” than when using luminescent lamps and LED lamps of the white spectrum. The total length of the arctic bramble plants of the K-1 hybrid form (84.4 cm) is greater than Anna cultivar.*

Keywords: arctic bramble, *Rubus arcticus* L., *in vitro*, clonal micropropagation, light, LED lamps.

Введение. В настоящее время в качестве решения актуальных задач лесного хозяйства в рамках организации многоцелевого, рационального и неистощительного лесопользования необходимо уделять особо внимание использованию недревесной продукции леса. При этом существует проблема рекультивации неиспользуемых лесных и нелесных земель, в том числе выработанных торфяных месторождений. Создание на таких землях плантаций лесных ягодных растений, хорошо произрастающих на обедненных, кислых почвах, поможет решить данную задачу, а также повысить эффективность работы лесной и сельскохозяйственной отраслей. Кроме того, на рынке с каждым годом увеличивается спрос как на ягодную продукцию, так и на оздоровленный посадочный материал лесных ягодных растений, обладающих высокой пищевой и лекарственной ценностью.

Княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.) является одной из наиболее перспективных ягодных культур для возделывания в целях рекультивации выработанных торфяников. Княженика арктическая – многолетнее травянистое, вегетативно подвижное растение из семейства Розоцветные. Данный вид имеет ограниченный бореально-гипоарктический ареал произрастания и встречается в осоково-сфагновых и осоково-разнотравных лесах, в сфагновых сосняках, редколесьях лесотундры и тундре, растет обычно небольшими группами или отдельными экземплярами на заболоченных опушках леса, пойменных лугах, увлажненных просеках, вырубках, гарях. С давних времен ягоды княженики ценились за свой уникальный изумительный вкус и аромат [1-5].

На протяжении многих лет на базе Костромской (ныне Центрально-европейской) лесной опытной станции ВНИИЛМ

проводились испытания по культивированию новых видов лесных ягодных растений, потенциально перспективных для выращивания на выработанных торфяниках. В условиях выработанного торфяника переходного типа в Костромском районе Костромской области проводились работы по интродукции гибридных сортов княженики из Финляндии и Швеции, в результате которых отмечены хороший рост и плодоношение всех испытываемых экземпляров [6; 7].

Несмотря на полученные высокие результаты при вегетативных способах размножения княженики в условиях торфа, в целях плантационного выращивания наиболее целесообразным будет использование метода клонального микро размножения, позволяющего круглогодично и в короткие сроки обеспечить получение большого количества оздоровленного посадочного материала [8]. Работы по выращиванию княженики арктической в культуре *in vitro* ведутся на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ с 2015 г.

Свет является важнейшим условием для жизни растений, дает энергию для процесса фотосинтеза, в ходе которого происходит синтез органических соединений из неорганических. В настоящее время при подборе оптимальных источников освещения для растений различные исследователи все больше склоняются к выбору белых светодиодов, излучение которых содержит компоненты всех основных полос в диапазоне фотосинтетически активной радиации (ФАР). Кроме того, спектральный состав по-разному оказывает влияние на процессы роста и развития растений, а разные участки спектрального диапазона по-разному воздействуют на регуляцию различных морфогенетических и физиологических процессов [9-12]. Поскольку исследования по изучению влияния типа освещения при клональном микро размножении в отношении лесных ягодных растений ранее не проводились, работа в данном направлении имеет научный и практический интерес.

Цель исследований – изучить влия-

ние освещения различного спектрального состава на биометрические показатели растений княженики арктической при клональном микро размножении.

Объекты и методы. Наши исследования мы проводили в 2018–2020 гг. в Лаборатории клонального микро размножения на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ по общепринятым методикам [13]. В качестве объектов исследования использовали растения-регенеранты княженики арктической сорта Анна и перспективной гибридной формы К-1. Растения выращивались на питательной среде MS с использованием на этапе «собственно микро размножение» цитокинина 6-БАП, на этапе «укоренение *in vitro*» – ауксина ИМК. В условиях световой комнаты растения-регенеранты княженики размещали в штативах из пенопласта, закрывающих от света корневую систему, и помещали под светодиодные (СД) лампы 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 контроля использовались люминесцентные лампы белого цвета. Во всех вариантах растения подвергались постоянному освещению в течение 3 пассажей при фотопериоде 16/8 часов. Учитывались количество, средняя и суммарная длина микро побегов и корней в расчете на одно растение. Опыты проводились в 10-кратной биологической и 2-кратной аналитической повторностях. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ Microsoft Office 2016 и AGROS v.2.11.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований выявлено значительное влияние освещения различного спектрального диапазона на биометрические показатели клонируемых растений княженики арктической. При освещении растений-регенерантов лампами СД-Б+К+С формировалось наибольшее количество микро побегов княженики и составляло, в среднем, 16,9 шт., при

освещении СД-Б – 8,4 шт., тогда как при освещении люминесцентными лампами (контрольный вариант) – всего 6,1 шт. (табл. 1). Существенных различий в зави-

симости от сорта по количеству микропобегов не выявлено: в среднем, у сорта Анна количество микропобегов составляло 10,6 шт., у гибридной формы К-1 – 10,3 шт.

Таблица 1 – Количество микропобегов княженики арктической в зависимости от сорта и типа освещения, шт.

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Анна	5,3	8,5	18,0	10,6
Гибридная форма К-1	6,9	8,2	15,7	10,3
Среднее	6,1	8,4	16,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,31 фактор В = 1,21 общ. = 2,18				

Освещение инкубируемых растений княженики арктической лампами СД-Б+К+С способствовало увеличению средней длины микропобегов, в среднем, до 14,9 см, тогда как при освещении СД-Б

средняя длина составляла 6,0 см, а в контрольном варианте – 4,2 см (табл. 2). Различий по средней длине микропобегов в зависимости от сорта не наблюдалось.

Таблица 2 – Средняя длина микропобегов княженики арктической в зависимости от сорта и типа освещения, см

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Гибридная форма К-1	4,3	6,3	14,6	8,4
Анна	4,0	5,7	15,1	8,3
Среднее	4,2	6,0	14,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,53 фактор В = 1,11 общ. = 2,24				

Суммарная длина микропобегов княженики арктической была максимальной при освещении растений-регенерантов лампами СД-Б+К+С и достигала, в среднем, 251,1 см (табл. 3). При освещении лампами СД-Б данный показатель со-

ставлял 50,2 см, а в варианте с люминесцентными лампами – 25,8 см. У сорта Анна суммарная длина микропобегов составляла, в среднем, 114,0 см, что значительно больше, чем у гибридной формы К-1 (104,1 см).

Таблица 3 – Суммарная длина микропобегов княженики арктической в зависимости от сорта и типа освещения, см

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Гибридная форма К-1	30,1	51,9	230,2	104,1
Анна	21,5	48,5	271,9	114,0
Среднее	25,8	50,2	251,1	-
НСР ₀₅ фактор А = 6,56 фактор В = 8,41 общ. = 6,60				

В развитии корневой системы растений-регенерантов княженики арктической наблюдалась та же зависимость, как и при формировании надземной части. Так, наибольшее количество корней было отмечено при использовании для освещения надземной части растений ламп СД-

Б+К+С и составило, в среднем, 13,4 шт. (табл. 4). При освещении СД-Б оно составило 6,1 шт., а в контрольном варианте – лишь 3,0 шт. Количество корней у сорта Анна и гибрида К-1 практически не различалось (в среднем, 7,3–7,6 шт.).

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

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Гибридная форма К-1	3,2	5,7	14,0	7,6
Анна	2,8	6,5	12,7	7,3
Среднее	3,0	6,1	13,4	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,40 фактор В = 1,13 общ. = 2,10				

Средняя длина корней княженики была наибольшей при освещении надземной части растений-регенерантов лампами СД-Б+К+С, в среднем, 12,2 см и значительно меньше – при СД-Б (8,2 см) и в

контроле (5,1 см). В зависимости от сорта княженики арктической различия средней длины корней были несущественны (табл. 5).

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

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Гибридная форма К-1	5,3	8,4	13,4	9,0
Анна	4,8	8,0	11,0	7,9
Среднее	5,1	8,2	12,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,66 фактор В = 1,35 общ. = 2,34				

Суммарная длина корней растений-регенерантов княженики арктической также была максимальной в варианте с использованием ламп СД-Б+К+С (в среднем 163,8 см), тогда как при использовании СД-Б она составила 50,4 см, а в кон-

трольном варианте – всего 15,4 см (табл. 6). У гибридной формы К-1 суммарная длина корней составляла 84,4 см, что статистически значимо больше, чем у сорта Анна (68,6 см).

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

Сорт	Освещение			Среднее
	контроль	СД-Б	СД-Б+К+С	
Гибридная форма К-1	17,1	48,2	187,9	84,4
Анна	13,6	52,6	139,7	68,6
Среднее	15,4	50,4	163,8	-
НСР ₀₅ фактор А = 3,95 фактор В = 4,30 общ. = 6,81				

Заключение. По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В процессе клонального микроразмножения княженики арктической при освещении растений-регенерантов светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров побегообразование происходило наиболее интенсивно, формировалось наибольшее количество микропобегов наибольшей длины.

2. Суммарная длина микропобегов княженики арктической сорта Анна была больше, чем у гибридной формы К-1.

3. Ризогенез клонируемых растений княженики арктической проходил более активно при освещении наземной части растений светодиодными лампами с комбинацией белого, красного и синего спектров, чем в вариантах с использованием светодиодных ламп только белого спектра и люминесцентных ламп.

4. У княженики арктической гибридной формы К-1 суммарная длина корней была больше, чем у сорта Анна.

Список источников

1. Гельцер Г.В. Поленика (*Rubus arcticus* L.) как полезное и красивое растение // Вестник Российского общества садоводства. 1860. № 6. С. 50–53.

2. Фрейдлинг М.В. Поленика (*Rubus arcticus* L.) // Известия Карело-Финского филиала АН СССР. 1949. № 3. С. 49–57.

3. Чернова Е.П. Поляника (*Rubus arcticus* L.) и ее введение в культуру. Москва-Ленинград : Изд-во АН СССР, 1959. 35 с.

4. Ragnar M., Rytkonen P., Hedh J. Ekerbdr. Black Island Books. 2017. 169 p.

5. Интродукция княженики арктической в условиях Волго-Вятского региона / Ю.В. Гудовских, Т.Л. Егошина, А.В. Кислицына, Е.А. Лугинина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 2-2. С. 248–251.

6. Тяк Г.В., Алтухова С.А. Выращивание княженики арктической на выработанном торфянике // Интродукция нетрадиционных и редких растений: мат-лы IX междунар. науч.-метод. конф. (Мичуринск, 21–25 июня 2010 г.). 2010. Т. 1. С. 328–332.

7. Размножение и культивирование княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) / Г.В. Тяк, С.С. Макаров, Е.А. Калашникова, А.В. Тяк // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 52. С. 95–99.

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

9. Емелин А.А., Прикупец Л.Б., Тараканов И.Г. Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры // Светотехника. 2015. № 4. С. 47–52.

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

11. 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.

12. 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.

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

References

1. Geltzer G.V. *Polenika (Rubus arcticus L.) kak poleznoe i krasivoe rastenie* [The Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.) as a Useful and Beautiful Plant]. *Vestnik Rossijskogo obshchestva sadovodstva*. 1860;6:50–53 (in Russ.)

2. Frejdling M.V. *Polenika (Rubus arcticus L.)* [Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.)]. *Izvestiya Karelo-Finskogo filiala AN SSSR*. 1949;3:49–57 (in Russ.)

3. Chernova E.P. *Polyanika (Rubus arcticus L.) i ee vvedenie v kulturu* [Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.) and its Introduction to the Culture]. Moscow, Leningrad: Academy of Sciences of the USSR Publ., 1959. 35 p. (in Russ.)

4. Ragnar M., Rytkonen P., Hedh J. Ekerbdr. Black Island Books. 2017. 169 p.

5. Gudovskikh Yu.V., Egoshina T.L., Kislitsyna A.V., Luginina E.A. *Introdukciya knyazheniki arkticheskoy v usloviyah Volgo-Vyatskogo regiona* [Introduction of the Arctic Bramble in the Volga-Vyatka Region]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2017;19(2-2):248–251 (in Russ.)

6. Tyak G.V., Altukhova S.A. *Vyrashchivanie knyazheniki arkticheskoy na vyrabotannom torfyanike* [The Cultivation of the Arctic Bramble on the Developed Peat Bog]. Proc. of IX Int. Conf. "Introdukciya netradicionnyh i redkih rastenij", Michurinsk. 2010;1:328–332 (in Russ.)

7. Tyak G.V., Makarov S.S., Kalashnikova E.A., Tyak A.V. *Razmnozhenie i kultivirovanie knyazheniki arkticheskoy (Rubus arcticus L.)* [Reproduction and Cultivation of the Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.)]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2018;52:95–99 (in Russ.)

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

9. Emelin A.A., Prikupets L.B., Tarakanov I.G. *Spektralnyj aspekt pri ispolzovanii obluchatelej so svetodiodami dlya*

vyrashchivaniya salatnyh rastenij v usloviyah setokul'tury [Spectral Aspect When Using LED Irradiators for Growing Lettuce Plants in Photoculture Conditions]. *Svetotekhnika*. 2015;4:47–52 (in Russ.)

10. 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.)

11. 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.*)]. *Estestvennye nauki*. 2012;3:95–97 (in Russ.)

12. 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.

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

Информация об авторах

Сергей Сергеевич Макаров – старший научный сотрудник группы недревесной продукции леса;

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

Information about the authors

Sergey S. Makarov – Senior Researcher of Non-timber Forest Products Group;

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

Статья поступила в редакцию 08.04.2021; одобрена после рецензирования 05.05.2021; принята к публикации 14.05.2021.

The article was submitted 07.06.2021; approved after reviewing 09.07.2021; accepted for publication 20.08.2021.