

Научная статья

УДК 634.739.2

DOI 10.24419 / LHI.2304-3083.2021.2.09

Влияние освещения на органогенез клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) при клональном микроразмножении

Сергей Сергеевич Макаров¹

кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Борисовна Кузнецова²

кандидат сельскохозяйственных наук

Галина Юрьевна Макеева³

кандидат биологических наук

Валерий Анатольевич Макеев⁴

Аннотация. Приведены результаты исследований по влиянию освещения разного спектрального диапазона на органогенез растений клюквы болотной сорта Дар Костромы и перспективной гибридной формы 1-15-635 при клональном микроразмножении на этапах «собственно микроразмножение» и «укоренение *in vitro*». Растения-регенеранты культивировали на питательной среде WPM с добавлением на этапе «собственно микроразмножение» цитокинина *zlr* 0,5 мг/л, на этапе «укоренение *in vitro*» – ауксина ИМК 0,5 мг/л. Для освещения использовали светодиодные лампы белого спектра и с комбинацией белого и красного спектров, а также люминесцентные лампы белого цвета. Выявлено значительное увеличение биометрических показателей растений клюквы болотной *in vitro* при освещении светодиодными лампами с комбинацией белого и красного спектров: количество микробегов было почти в 1,9 раза больше, а их суммарная длина – в 4,0–4,2 раза больше, чем при освещении лампами белого спектра. Более мощное развитие надземной части растений клюквы болотной способствовало более интенсивному развитию корневой системы. При освещении надземной части растений лампами с комбинацией белого и красного спектров количество корней было в 1,8–2,5 раза больше, а их суммарная длина – в 2,4–3,5 раза больше, чем при освещении лампами белого спектра. Растения клюквы болотной гибридной формы 1-15-635 формировали более мощные надземную часть и корневую систему, чем у растений сорта Дар Костромы.

Ключевые слова: лесные ягодные растения, клюква болотная, *in vitro*, клональное микроразмножение, светодиодные лампы, спектральный состав света.

Для цитирования: Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Макеева Г.Ю., Макеев В.А. Влияние освещения на органогенез клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) при клональном микроразмножении // Лесохозяйственная информация. 2021. № 2. С. 106–115. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.2.09.

¹ Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, старший научный сотрудник (Кострома, Российская Федерация), makarov_serg44@mail.ru

² Костромская государственная сельскохозяйственная академия, доцент (Кострома, Российская Федерация)

³ Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, старший научный сотрудник (Кострома, Российская Федерация)

⁴ Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Кострома, Российская Федерация)

Original article

DOI 10.24419 / LHI.2304-3083.2021.2.09

Influence of Light on the Organogenesis of the European Cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.) during Clonal Micropropagation

Sergey S. Makarov¹

Candidate of Agriculture Sciences

Irina B. Kuznetsova²

Candidate of Agriculture Sciences

Galina Y. Makeyeva³

Candidate of Biology Sciences

Valery A. Makeyev⁴

Abstract. The results of studies on the effect of illumination of different spectral ranges on the organogenesis of marsh cranberry plants of the Dar Kostroma cultivar and the promising hybrid form 1-15-635 during clonal micropropagation at the stages of “proper micropropagation” and *in vitro* rooting. Regenerated plants cultivated on a WPM nutrient medium with addition of 2ip 0.5 mg/l at the micropropagation stage, and IMC 0.5 mg/l at the *in vitro* rooting stage. LED lamps of a white spectrum and with a combination of white and red spectra, as well as white fluorescent lamps are used for lighting. A significant increase in biometric parameters of marsh cranberry plants *in vitro* is revealed when illuminated with LED lamps with a combination of white and red spectra. The number of microshoots of marsh cranberry under illumination of regenerant plants with LED lamps with a combination of white and red spectra is almost 1.9 times greater, and the total length is 4.0–4.2 times greater than under illumination with white spectrum lamps. More powerful development of the aboveground part of the marsh cranberry plants contributed to the more intensive development of the root system. The number of roots was 1.8–2.5 times greater, and the total length was 2.4–3.5 times greater when the aboveground part of the plants is illuminated with lamps with a combination of white and red spectra than with white lamps. A more powerful aboveground part and root system are formed in marsh cranberry plants of hybrid form 1-15-635 than the Dar Kostroma cultivar.

Keywords: forest berry plants, European cranberry, *in vitro*, clonal micropropagation, LED lamps, spectral light composition.

For citation: Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Makeyeva G.Yu., Makeyev V.A. Influence of light on the organogenesis of the European cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.) during clonal micropropagation // Forestry information. 2021. № 2. P. 106–115. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.2.09.

¹ Central European Forestry Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Senior Researcher (Kostroma, Russian Federation), makarov_serg44@mail.ru

² Kostroma State Agricultural Academy, Associate Professor (Kostroma, Russian Federation)

³ Central European Forestry Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Senior Researcher (Kostroma, Russian Federation)

⁴ Central European Forestry Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Leading Engineer (Kostroma, Russian Federation)

Клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.) по праву считается одним из наиболее ценных лесных ягодных растений. Плоды клюквы содержат сахара, органические кислоты, пектиновые вещества, витамины (С, В₁, В₂, В₅, В₆, РР, К₁), бетаин и биофлавоноиды, а также макро- и микроэлементы. Ягоды клюквы используют в сыром и переработанном виде; они обладают профилактическими и лечебными свойствами, поддерживая работу сердца, повышая эластичность стенок сосудов и уровень гемоглобина. Наличие бензойной кислоты в ягодах клюквы позволяет хранить их без консервантов, благодаря бактерицидному действию их можно использовать при различных инфекционных заболеваниях. Регулярное употребление в пищу плодов клюквы повышает иммунитет, замедляет старение, способствует поддержанию полезной микрофлоры кишечника [1].

В естественных условиях клюква размножается плетями – укореняющимися вегетативными побегами. Искусственно клюкву размножают зелеными и одревесневшими черенками, но наиболее эффективным способом является клональное микроразмножение. При этом для управления морфогенезом растений *in vitro* используют различные химические регуляторы роста [2, 3]. Освещение разного спектрального диапазона также может оказывать влияние на развитие растений-регенерантов.

Свет является важнейшим условием для жизни растений, так как дает энергию для фотосинтеза, в ходе которого происходит образование органических соединений из неорганических. Кроме того, свет выполняет в жизни растений следующие функции: информационную, контролируя разные процессы в жизнедеятельности растений, и биосинтетическую, принимая участие в фотозависимых биохимических процессах [4]. Согласно различным исследовательским данным, спектральный состав света влияет на множество физиологических процессов в растении. Красный свет важен для развития фотосинтетического аппарата и ассимиляции крахмала – именно в этой области находятся пики поглощения хлорофиллов а и б и фитохромов [5, 6]. Синий цвет

также оказывает сильное воздействие на фотосинтез, особенно на начальном этапе развития растения. При этом установлено, что на одни показатели роста и развития растений сильнее влияет относительное содержание синего света в спектре, а на другие – его абсолютное количество [7]. В некоторых опытах [8] обнаружено, что красный и синий свет поглощается хлоропластами, локализованными в поверхностных слоях листа. Зеленый свет может оказывать влияние на морфологию и физиологию растения, в том числе устьичную проводимость, формирование листьев и удлинение стебля на ранних этапах роста [9, 10].

Фотосинтез растений происходит под воздействием фотосинтетически активной радиации (ФАР) – части светового потока с длиной волн в диапазоне $\lambda = 0,38\text{--}0,71$ мкм. Наиболее интенсивно растения усваивают часть оранжево-красных ($\lambda = 0,65\text{--}0,68$ мкм) и сине-фиолетовых ($\lambda = 0,48\text{--}0,40$ мкм) лучей, незначительно – желто-зеленые ($\lambda = 0,58\text{--}0,50$ мкм) и дальние красные ($\lambda > 0,69$ мкм) лучи. В настоящее время при подборе оптимальных источников освещения для растений специалисты все больше склоняются к выбору белых светодиодов (СД), излучение которых содержит компоненты всех основных полос в диапазоне ФАР [11]. В различных исследовательских работах белые СД применяют как по отдельности [7], так и в комбинациях с узкополосными красными [12] и красно-синими СД [13].

Спектральный состав по-разному влияет на рост и побегообразование растений. Например, соотношение лучей красного и синего света 40% и 60% соответственно оказывает влияние на морфогенетические процессы, происходящие в растении. При этом область спектрального диапазона красного света довольно широка и разные участки, например дальний красный (730 нм) или красный (660 нм), отвечают за регуляцию различных физиологических процессов, что, в свою очередь, увеличивает продуктивность растений в целом [14, 15]. Поскольку в отношении культивируемых растений клюквы болотной подобного рода исследования не проводились, то

работа в данном направлении представляет научный интерес, а полученные результаты имеют практическую и теоретическую ценность.

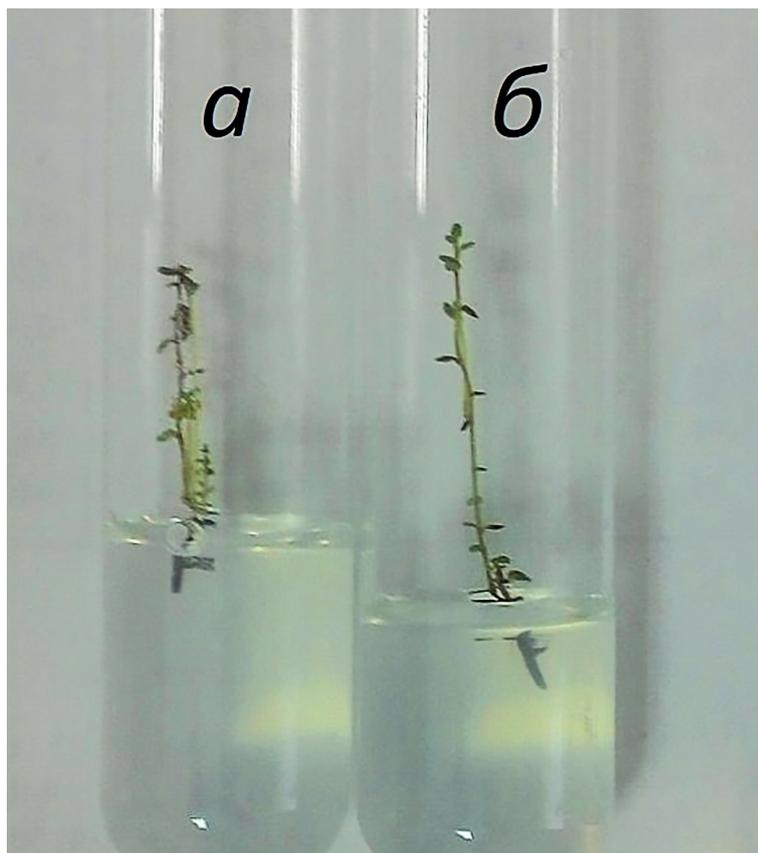
Цель работы – изучить влияние света разного спектрального диапазона на органогенез клюквы болотной в условиях *in vitro*.

Объекты и методика исследований

Исследования проводили в лаборатории клонального микроразмножения растений на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ в 2019–2020 гг. по общепринятым методикам [16]. Объектами исследования были растения-регенеранты клюквы болотной Дар Костромы и гибрида 1-15-635, культивируемые на питательной среде по прописи WPM (Woody Plant Medium) [17], разбавленной в 4 раза (рисунок).

Сорт Дар Костромы отобран среди семян от свободного опыления. Сорт среднего срока созревания (конец 3-й декады августа). Вегетивно-подвижный кустарничек шпалерного типа. Стебли толстые красно-коричневые и коричневые. Листья крупные широколанцетные, зеленой окраски. Генеративные побеги имеют среднюю длину около 75 мм и растут под углом около 50° к горизонтали. Ягоды крупные (12,5–16,5 мм), плоскоокруглой формы, с ребристой поверхностью и глубокой выемкой у плодоножки, темно-красные и вишневые, кислые, сочные. Мякоть зрелых ягод – плотная, перезрелых – водянистая. Средняя масса 1 ягоды – 1,52 г, максимальная – 4,98 г. Урожайность высокая – 1,6–1,9 кг/м², максимальная – 4,1 кг/м². Сохранность ягод удовлетворительная. Плоды содержат: сахара (6,6%), кислоты (2,7%), витамин С (27,0 мг/100 г). Достоинствами сорта являются высокая урожайность и крупноплодность. К недостаткам относятся формирование большей части урожая внутри заросли и неоднородность ягод [18].

Гибрид 1-15-635 – форма, выделенная из гибридной семьи ♀15V × ♂Virussaare [19]. Материнская форма 15V отобрана из естественной популяции (клюквенное болото Южной Карелии) сотрудниками Института биологии Карельского



РАСТЕНИЯ-РЕГЕНЕРАНТЫ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ НА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ WPM 1/4:
А – СОРТ ДАР КОСТРОМЫ; Б – ГИБРИДНАЯ ФОРМА 1-15-635

научного центра [20, 21]. Отцовский высокоурожайный сорт Virussaare создан в Эстонии [22]. Урожайность очень высокая – до 2,3 кг/м². Ягоды округлые, темно-красные. Средняя масса одного плода – 1,8 г, максимальная – 3,3 г. Средняя урожайность участка сортоизучения – 1,5–2,0 кг/м².

Для определения влияния света разного спектрального диапазона на рост и развитие микропобегов клюквы болотной растения-регенеранты размещали в штативах из пенопласта, закрывающих от света корневую систему, в условиях световой комнаты и помещали под светодиодные (СД) лампы разного спектрального состава: 1) СД-Б – белого спектра (длина волны = 653 нм); 2) СД-Б+К – с комбинацией белого (длина волны = 653 нм) и красного (длина волны = 670 нм) спектров. Контрольные растения выращивали в световой комнате с освещением белыми люминесцентными лампами (марка «OSRAM AG», производство – Германия). Фотопериод – 16 ч.

Растения подвергали постоянному освещению во всех вариантах в течение 3-х пассажей. Высоту растений и коэффициент размножения определяли после каждого пассажа. Исследования проводили в 10-кратной биологической и 2-кратной аналитической повторностях.

На этапе «собственно микроразмножение» в питательную среду добавляли регулятор роста 2-изопентиладенин (2ip) в концентрации 0,5 мг/л, при укоренении *in vitro* – ауксин ИМК в концентрации 0,5 мг/л. На этапе «собственно микроразмножение» учитывали количество и длину побегов, а при укоренении *in vitro* – количество и длину корней растений клюквы болотной. Повторность опыта – 10-кратная, в каждой по 30 растений. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили на основе методов математической статистики при помощи программного пакета Microsoft Office 2016. Применялся дисперсионный двухфакторный анализ: фактор А – сорт, фактор В – тип освещения. Достоверность различий между средними данными вариантов опыта была оценена с помощью наименьшей существенной разности на 5%-м уровне значимости (HCp_{05}).

Результаты и обсуждение

В ходе исследований выявлено, что использование света разного спектрального диапазона оказывало существенное влияние на количество микропобегов. Так, при освещении растений-регенерантов клюквы болотной лампами СД-Б+К у сорта Дар Костромы сформировалось 14 шт. микропобегов, у гибрида 1-15-635 – 15,7 шт., что почти в 1,9 раза больше, чем при освещении лампами СД-Б, и 2 раза больше, чем в контрольном варианте (табл. 1). У гибрида 1-15-635 количество микропобегов независимо от спектрального диапазона в 1,1 раза больше, чем у сорта Дар Костромы.

Средняя длина микропобегов клюквы болотной при освещении лампами СД-Б+К была в 2,1–2,3 раза больше, чем при освещении СД-Б и в контроле соответственно (табл. 2). По средней

длине микропобегов гибрид 1-15-635 в 1,1–1,2 раза превосходит сорт Дар Костромы.

Суммарная длина микропобегов клюквы болотной при освещении лампами СД-Б+К у гибрида 1-15-635 в 4,2 раза, а у Дара Костромы в 4,0 раза больше, чем при освещении СД-Б, и в 4,8 и 4,6 раза больше, чем в контрольном варианте, соответственно (табл. 3). Суммарная длина микропобегов растений клюквы гибрида 1-15-635 в 1,2–1,3 раза превышала аналогичный показатель для сорта Дар Костромы.

На этапе «укоренение *in vitro*» также отмечено влияние спектрального освещения наземной части растений-регенерантов клюквы болотной на биометрические показатели корневой системы. Наибольшее количество корней клюквы отмечалось при освещении лампами СД-Б+К (табл. 4). Различия по количеству корней клюквы болотной в зависимости от сорта были незначительны.

Средняя длина корней клюквы болотной при освещении надземной части лампами СД-Б+К у гибрида 1-15-635 была в 1,4 раза, а у Дара Костромы в 1,3 раза больше, чем при освещении СД-Б, и в 1,5 и 1,4 раза больше, чем в контрольном варианте, соответственно. Существенных различий по длине корней у гибрида 1-15-635 и сорта Дар Костромы не наблюдалось (табл. 5).

Суммарная длина корней клюквы болотной при освещении надземной части лампами СД-Б+К у гибрида 1-15-635 была в 3,5 и в 4,5 раза больше, чем при освещении СД-Б и в контрольном варианте соответственно, а у сорта Дар Костромы – в 2,4 и в 2,8 раза больше, чем при освещении СД-Б и в контроле соответственно (табл. 6).

В среднем у клюквы болотной гибрида 1-15-635 отмечается значительно большая суммарная длина корней (163,8 см), чем у сорта Дар Костромы (131,0 см).

Выводы

Таким образом, светодиодные лампы положительно влияют на рост и развитие

Таблица 1. Количество микробегов клюквы болотной в зависимости от сорта и спектрального диапазона освещения, шт.

Сорт	Освещение		
	СД-Б	СД-Б+К	Контроль
Гибрид 1-15-635	8,5	15,7	7,8
Дар Костромы	7,5	14,0	7,0
НСР ₀₅ фактор А = 1,61, фактор В = 1,31, общ. = 2,28			

Таблица 2. Средняя длина микробегов клюквы болотной в зависимости от сорта и спектрального диапазона освещения, см

Сорт	Освещение		
	СД-Б	СД-Б+К	Контроль
Гибрид 1-15-635	6,2	14,2	6,0
Дар Костромы	5,7	12,1	5,2
НСР ₀₅ фактор А = 1,73, фактор В = 1,41, общ. = 2,44			

Таблица 3. Суммарная длина микробегов клюквы болотной в зависимости от сорта и спектрального диапазона освещения, см

Сорт	Освещение		
	СД-Б	СД-Б+К	Контроль
Гибрид 1-15-635	52,7	222,9	46,8
Дар Костромы	42,7	169,4	36,4
НСР ₀₅ фактор А = 5,57, фактор В = 7,47, общ. = 5,61			

Таблица 4. Количество корней клюквы болотной в зависимости от сорта и спектрального диапазона освещения надземной части, шт.

Сорт	Освещение		
	СД-Б	СД-Б+К	Контроль
Гибрид 1-15-635	5,7	14,0	4,8
Дар Костромы	6,5	11,7	5,9
НСР ₀₅ фактор А = 1,70, фактор В = 1,39, общ. = 2,41			

Таблица 5. Средняя длина корней клюквы болотной в зависимости от сорта и спектрального диапазона освещения надземной части, см

Сорт	Освещение		
	СД-Б	СД-Б+К	Контроль
Гибрид 1-15-635	8,2	11,7	7,6
Дар Костромы	8,5	11,2	7,9
НСР ₀₅ фактор А = 1,66, фактор В = 1,35, общ. = 2,34			

Таблица 6. Суммарная длина корней клюквы болотной в зависимости от сорта и спектрального диапазона освещения надземной части, см

Сорт	Освещение		
	СД-Б	СД-Б+К	Контроль
Гибрид 1-15-635	46,7	163,8	36,5
Дар Костромы	55,2	131,0	46,6
НСР ₀₅ фактор А = 4,15, фактор В = 5,32, общ. = 3,21			

микроразмножение» и «укоренение *in vitro*». Более сильное стимулирующее воздействие оказывают светодиодные лампы с комбинацией белого и красного спектров. Например, при освещении растений-регенерантов клюквы болотной светодиодными лампами с комбинацией белого и красного спектров количество микроразмножений было почти в 1,9 раза больше, их средняя длина – в 2,1–2,3 раза, а суммарная длина – в 4,0–4,2 раза больше, чем при освещении лампами белого спектра. Более мощное развитие

надземной части растений клюквы болотной способствовало более интенсивному развитию корневой системы. При освещении надземной части лампами с комбинацией белого и красного спектров количество корней было в 1,8–2,5 раза больше, их средняя длина – в 1,3–1,4 раза, а суммарная длина – в 2,4–3,5 раза больше, чем при освещении лампами белого спектра. Растения клюквы болотной гибридной формы 1-15-635 формировали более мощную надземную часть и корневую систему, чем растения сорта Дар Костромы.

Список источников

1. Харитонов, Л.Г. Все о ягодах. Маленькая энциклопедия / Л.Г. Харитонов, Н.Г. Харитонов. – М. : Эксмо-Пресс, 2010. – 234 с.
2. Черкасов, А. Ф. Клюква / А. Ф. Черкасов, В. Ф. Буткус, А. Б. Горбунов. – М. : Лесная промышленность, 1981. – 214 с.
3. Калашникова, Е.А. Практикум по регуляторам роста и развития растений / Е.А. Калашникова, Н.П. Карсункина, Р.Н. Киракосян. – М. : Реарт, 2017 – 84 с.
4. Емелин, А.А. Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры / А.А. Емелин, Л.Б. Прикупец, И.Г. Тараканов // Светотехника. – 2015. – № 4. – С. 47–52.
5. Saebo, A. Light Quality Affects Photosynthesis and Leaf Anatomy of BrichPlantlets In Vitro / A. Saebo, T. Krekling, M. Appelgren // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 1995. – Vol. 41. – P. 177–185.
6. Gross, J. Pigments in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids / J. Gross. – New York : Reinhold, Cop. 1991. – XI, 351 p.
7. Cope, K. Spectral Effects of Three Types of White Lightemitting Diodes on Plant Growth and Development: Absolute Versus Relative Amounts of Blue Light / K. Cope, B. Bugbee // HortScience. – 2013. – Vol. 48 (4). – P. 504–509.
8. Nishio, J. N. Why Are Higher Plants Green? Evolution of the Higher Plant Photosynthetic Pigment Complement / J. N. Nishio // Plant Cell Environ. – 2000. – Vol. 23. – P. 539–548.
9. Folta, K. M. Green Light Stimulates Early Stem Elongation, Antagonizing LightmediatedGrowth Inhibition / K. M. Folta // Plant Physiol. – 2004. – Vol. 135. – P. 1407–1416.
10. Green-light Supplementation for Enhanced Lettuce Growth Under Red- and Blue-light-emitting Diodes / Н.Н. Kim, G.D. Goins, R.M. Wheeler, J.C. Sager // HortScience. – 2004. – Vol. 39. – P. 1617–1622.
11. Тихомиров, А.А. Научные и технологические основы формирования фототрофного звена биолого-технических систем жизнеобеспечения / А.А. Тихомиров, С.А. Ушакова. – Красноярск, 2016. – 200 с.
12. Growth, Photosynthetic Characteristics, Antioxidant Capacity and Biomass Yield and Quality of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Exposed to LED Light Sources with Different Spectra Combinations / C. Dong, Y. Fu, G. Liu, H. Liu // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2014. – Vol. 200. – P. 219–230.
13. Light Intensity and Photoperiod Influence the Growth and Development of Hydroponically Grown Leaf Lettuce in a Closed-type Plant Factory System / J.-H. Kang, S. Krishna Kumar, S. Atulba [et al.] // Hort. Environ. Biotechnol., 2013. – Vol. 54 (6). – P. 501–509.
14. Куперман, Ф.М. Современные проблемы морфофизиологии растений / Ф.М. Куперман. – М. : изд-во Моск. ун-та, 1976. – 37 с.
15. Тараканов, И.Г. Влияние качества света на физиологические особенности и продукционный процесс базилика эвгенольного (*Ocimum gratissimum* L.) / И.Г. Тараканов, О.С. Яковлева // Естественные науки. – 2012. – № 3. – С. 95–97.
16. Лабораторный практикум по культуре клеток и тканей / Е.А. Калашникова, М.Ю. Чередниченко, Р.Н. Киракосян, С.М. Зайцева. – М. : Росинформагротех, 2017. – 140 с.
17. Lloyd, G.B. Commercially Feasible Micropropagation of Mountain Laurel (*Kalmia latifolia*) by Use of Shoot Tip Culture / G.B. Lloyd, В.Н. McCown // The International Plant Propagators Society. Combined Proceeding. – 1980. – Vol. 30. – P. 421–427.
18. Макеев, В.А. Клюква / В.А. Макеев, Г.Ю. Макеева // Помология. – Т. V. Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры. – Орел : ВНИИСПК, 2014. – С. 419–431.
19. Vilbaste, H. Cranberry – The Grape of the North / H. Vilbaste, J. Vilbaste, K. Ader. – Tallinn : Ministry of Environment Republic of Estonia. Nigula State Nature Reserve, 1995. – 16 p.

20. Токарев, П.Н. Изучение формового разнообразия клюквы болотной в Карелии / П.Н. Токарев // Экология, продуктивность и биохимический состав лекарственных и ягодных растений лесов и болот Карелии. – Петрозаводск, 1979. – С. 114–125.
21. Вахрамеева, З.М. Перспективные формы клюквы болотной для возделывания в культуре / З.М. Вахрамеева // Комплексные исследования растительности болот Карелии. – Петрозаводск, 1982. – С. 97–112.
22. Makeev, V.A. The Promising Intraspecific Hybrid of *Oxycoccus palustris* / V.A. Makeev, G.Yu. Makeeva // Культура брусничных ягодников: итоги и перспективы : матер. Междунар. науч. конф. (15–19 августа 2005, Минск). – Минск, 2005. – С. 146–150.

References

1. Haritonova, L.G. Vse o yagodah. Malen'kaya enciklopediya / L.G. Haritonova, N.G. Haritonova. – М. : Eksmo-Press, 2010. – 234 s.
2. Cherkasov, A.F. Klyukva / A.F. Cherkasov, V.F. Butkus, A.B. Gorbunov. – М. : Lesnaya promyshlennost', 1981. – 214 s.
3. Kalashnikova, E.A. Praktikum po regulyatoram rosta i razvitiya rastenij / E.A. Kalashnikova, N.P. Karsunkina, R.N. Kirakosyan. – М. : Reart, 2017 – 84 s.
4. Emelin, A.A. Spektral'nyj aspekt pri ispol'zovanii obluchatelej so svetodiodami dlya vyrashchivaniya salatnyh rastenij v usloviyah svetokul'tury / A.A. Emelin, L.B. Prikupec, I.G. Tarakanov // Svetotekhnika. – 2015. – № 4. – S. 47–52.
5. Saebo, A. Light Quality Affects Photosynthesis and Leaf Anatomy of Brich Plantlets *in Vitro* / A. Saebo, T. Krekling, M. Appelgren // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 1995. – Vol. 41. – P. 177–185.
6. Gross, J. Pigments in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids / J. Gross. – New York : Reinhold, Cop. 1991. – XI, 351 p.
7. Cope, K. Spectral Effects of Three Types of White Lightemitting Diodes on Plant Growth and Development: Absolute Versus Relative Amounts of Blue Light / K. Cope, B. Bugbee // HortScience. – 2013. – Vol. 48 (4). – P. 504–509.
8. Nishio, J.N. Why Are Higher Plants Green? Evolution of the Higher Plant Photosynthetic Pigment Complement / J.N. Nishio // Plant Cell Environ. – 2000. – Vol. 23. – P. 539–548.
9. Folta, K.M. Green Light Stimulates Early Stem Elongation, Antagonizing LightmediatedGrowth Inhibition / K.M. Folta // Plant Physiol. – 2004. – Vol. 135. – P. 1407–1416.
10. Green-light Supplementation for Enhanced Lettuce Growth Under Red- and Blue-light-emitting Diodes / H.H. Kim, G.D. Goins, R.M. Wheeler, J.C. Sager // HortScience. – 2004. – Vol. 39. – P. 1617–1622.
11. Tihomirov, A.A. Nauchnye i tekhnologicheskie osnovy formirovaniya fototrofnogo zvena biologo-tekhnicheskikh sistem zhizneobespecheniya / A.A. Tihomirov, S.A. Ushakova. – Krasnoyarsk, 2016. – 200 s.
12. Growth, Photosynthetic Characteristics, Antioxidant Capacity and Biomass Yield and Quality of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Exposed to LED Light Sources with Different Spectra Combinations / C. Dong, Y. Fu, G. Liu, H. Liu // Journal of Agronomy and Crop Science. – 2014. – Vol. 200. – P. 219–230.
13. Light Intensity and Photoperiod Influence the Growth and Development of Hydroponically Grown Leaf Lettuce in a Closed-type Plant Factory System / J.-H. Kang, S. Krishna Kumar, S. Atulba [et al.] // Hort. Environ. Biotechnol., 2013. – Vol. 54 (6). – P. 501–509.
14. Kuperman, F.M. Sovremennye problemy morfofiziologii rastenij / F.M. Kuperman. – М. : izd-vo Mosk. un-ta, 1976. – 37 s.
15. Tarakanov, I.G. Vliyanie kachestva sveta na fiziologicheskie osobennosti i produkcionnyj process bazilika evgenol'nogo (*Ocimum gratissimum* L.) / I.G. Tarakanov, O.S. Yakovleva // Estestvennye nauki. – 2012. – № 3. – S. 95–97.

16. Laboratornyj praktikum po kul'ture kletok i tkanej / E.A. Kalashnikova, M.Yu. Cherednichenko, R.N. Kirakosyan, S.M. Zajceva. – M. : Rosinformagrotekh, 2017. – 140 s.
17. Lloyd, G.B. Commercially Feasible Micropropagation of Mountain Laurel (*Kalmia latifolia*) by Use of Shoot Tip Culture / G.B. Lloyd, V.N. McCown // The International Plant Propagators Society. Combined Proceeding. – 1980.– Vol. 30. – P. 421–427.
18. Makeev, V.A. Klyukva / V.A. Makeev, G.Yu. Makeeva // Pomologiya. – T.V. Zemlyanika. Malina. Orekhoplodnye i redkie kul'tury. – Orel : VNIISPK, 2014. – S. 419–431.
19. Vilbaste, N. Cranberry – The Grape of the North / H. Vilbaste, J. Vilbaste, K. Ader. – Tallinn : Ministry of Environment Republic of Estonia. Nigula State Nature Reserve, 1995. – 16 p.
20. Tokarev, P.N. Izuchenie formovogo raznoobraziya klyukvy bolotnoj v Karelii / P.N. Tokarev // Ekologiya, produktivnost' i biohimicheskij sostav lekarstvennyh i yagodnyh rastenij lesov i bolot Karelii. – Petrozavodsk, 1979. – S. 114–125.
21. Vahrameeva, Z.M. Perspektivnye formy klyukvy bolotnoj dlya vzdelyvaniya v kul'ture / Z.M. Vahrameeva // Kompleksnye issledovaniya rastitel'nosti bolot Karelii. – Petrozavodsk, 1982. – S. 97–112.
22. Makeev, V.A. The Promising Intraspecific Hybrid of *Oxycoccus palustris* / V.A. Makeev, G.Yu. Makeeva // Kul'tura brusnichnyh yagodnikov: itogi i perspektivy : mater. Mezhdunar. nauch. konf. (15–19 avgusta 2005, Minsk). – Minsk, 2005. – S. 146–150.