

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПО СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА УКОРЕНЯЕМОСТЬ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*Fragaria × ananassa*) IN VITRO

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37

УДК 633.11.631.526:631.5

Поступление/Received: 15.01.2019

Принято/Accepted: 06.03.2019

И. А. БЪЯДОВСКИЙ

Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства

115598 Россия, г. Москва, ул. Загорьевская, 4;

✉ vstisp@vstisp.org

THE EFFECT OF LED LIGHT SOURCES WITH VARIED SPECTRAL COMPOSITION ON THE IN VITRO ROOTING BILITY OF GARDEN STRAWBERRY (*Fragaria × ananassa*)

I. A. BYADOVSKY

All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nurseries (ARHIBAN),

4, Zagoryevskaya St. Moscow 115598, Russia;

✉ vstisp@vstisp.org

В статье рассмотрена возможность применения светодиодных источников с разными соотношениями красного (650–660 нм), оранжевого (600–610 нм) и синего (440–450 нм) света в световом потоке на этапе укоренения земляники садовой (*Fragaria × ananassa* (Duch. ex Weston) Duch. ex Rozier) в культуре *in vitro*. Исследования проведены на большой выборке сортов земляники (находящейся в коллекции *in vitro*): 'Боровицкая', 'Витязь', 'Зенга Зенгана', 'Хоней', 'Царица', 'Кубата', 'Дукат', 'Мармалада', 'Валента', 'Русич', 'Красавица Загорья', 'Незнакомка' и 'Роксана', что позволило получить достаточно разнообразные результаты. Установлено, что использование светодиодных источников света с повышенным содержанием красного света в световом потоке повышает процент укоренения (в 1,15–1,25 раз) и количество корней на один микрочеренок (в 1,29–1,77 раз) в культуре *in vitro* по сравнению с освещением люминесцентными лампами. Отмечена сортовая специфичность по укореняемости микрочеренков под влиянием различных спектральных составов света.

Ключевые слова: клональное микроразмножение, земляника, *Fragaria × ananassa*, укоренение, светодиоды, спектральный состав света

Consideration is given to the possibility of using LED light sources with different ratios of red (650 - 660 nm), orange (600 - 610 nm) and blue (440 - 450 nm) light in the light flux in the rooting stage of garden strawberry (*Fragaria × ananassa* (Duch. ex Weston) Duch. ex Rozier) grown *in vitro*. The study covered a sizable diversity of strawberry cultivars (selected from the *in vitro* collection): 'Borovitskaya', 'Vityaz', 'Zenga Zengana', 'Khoney', 'Tsaritsa', 'Kubata', 'Dukat', 'Marmalada', 'Valenta', 'Rusich', 'Krasavitsa Zagorya', 'Neznakomka' and 'Roksana', thus ensuring quite diversified results. It was established that the use of LED sources with an increased content of red light in the light flux increased the rooting percentage (1.15-1.25 times) and the number of roots per one microcutting (1.29-1.77 times) in *in vitro* culture, as compared with fluorescent lamp lighting. It was observed that with different spectral compositions of light the rooting ability of microcuttings was cultivar-specific.

Key words: clonal micropropagation, strawberry, *Fragaria × ananassa*, rooting, light-emitting diodes (LED), spectral composition of light

Введение

Одной из наиболее ценных ягодных культур является земляника садовая - *Fragaria × ananassa* (Duch. ex Weston) Duch. ex Rozier. Она занимает первое место по площади выращивания среди ягодных культур как в промышленном садоводстве, так и в приусадебном. Спрос на свежие ягоды земляники и продукты переработки из них остается на стабильно высоком уровне, она является ценным сырьем для пищевой и кондитерской промышленности. Земляника – скороплодная и высокоурожайная культура (до 300 ц/га) (Sedov et al., 2014). Актуальным является создание и поддержание коллекций земляники, что может повысить сортимент культивируемых сортов (Zimmerman, Griesbach, 2001; Sedov et al., 2014). Метод клонального микроразмножения способен решить данную потребность за счет высокого коэффициента размножения, получения максимального числа растений с единицы площади, возможности длительного хранения (Trushechkin et al., 1985; Zimmerman, Griesbach, 2001; Alekseenko, Vysotsky, 2000; Byadovsky, 2007). Существует ряд проблематичных моментов (витрификация, каллусообразование, хлорозы и др.) на отдельных этапах клонального микроразмножения. Укоренение

микрочеренков в культуре *in vitro* является заключительным этапом клонального микроразмножения. Известно, что спектральный состав света является важным фактором при укоренении различных видов растений в культуре *in vitro* (Alekseenko, Vysotsky, 2000; Byadovsky, 2007). Применение светодиодов различного спектрального состава позволяет вызывать корнеобразование у различных не укореняющихся (без добавления ауксинов) видов растений (Christiaens et al., 2016). Исследования по изучению влияния освещения светом с пиками излучения в различных областях спектра (и их комбинирование) является перспективным и актуальными для изучения (Christiaens et al., 2016). Использование ламп различного спектрального состава может разнонаправлено влиять на процесс ризогенеза плодовых и ягодных культур при клональном микроразмножении, как повышая его, так и снижая (Alekseenko, Vysotsky, 2000; Byadovsky, 2007; Hoffman et al., 2016; Billore et al., 2017). Спектральный состав света также оказывает значительное влияние на процессы морфогенеза, и его воздействие на данные процессы изучается достаточно широко в России (Malyarovskaya et al., 2013; Fedorova, Lebedeva, 2016; Konovalova, 2016; Byadovsky, 2018) и других странах мира (Azmi et al., 2016; Hoffman et al., 2016; Billore et al., 2017; Mohamed et al., 2017; Okwuonu et al., 2017). В послед-

нее время все больше и больше используются светодиодные источники света, которые имеют ряд преимуществ (низкое энергопотребление, большой ресурс работы, экологичность, возможность регулирования спектрального состава и др.). Это создает предпосылки для дальнейшего изучения и оптимизации применения светодиодных источников света в клональном микроразмножении растений.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния освещения светодиодными источниками света с разными соотношениями красного (650-660 нм), оранжевого (600-610 нм) и синего (440-450 нм) света в световом потоке на этапе укоренения земляники садовой (*F. × ananassa*) в культуре *in vitro*.

Материал и метод

Исследования проводили в отделе биотехнологии и защиты растений Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства (ВСТИСП) в 2016-2018 гг. В качестве объектов исследований были взяты следующие сорта земляники садовой (*F. × ananassa*): 'Боровицкая', 'Витязь', 'Зенга Зенгана', 'Хоней', 'Царица', 'Кубата', 'Дукат', 'Мармалада', 'Валента', 'Русич', 'Красавица Загорья', 'Незнакомка' и 'Роксана'. Данные сорта земляники были взяты из длительно поддерживаемой коллекции *in vitro* (введение 2010 г.). Клональное микроразмножение проводили по методическим рекомендациям С. А. Муратовой и др. (Muratova et al., 2008 г.) и В. Г. Трушечкина и др. (Trushchkin et al., 1985). При клональном микроразмножении микрорастения проходят несколько этапов: 1 - введение в культуру *in vitro* (изоляция эксплантов); 2 - собственно микроразмножение (пролиферация микропобегов); 3 - элонгация; 4 - укоренение микрочеренков; 5 - адаптация укорененных микрорастений к нестерильным условиям. В данной работе представлены результаты исследований на этапе укоренения микрочеренков. В работе придерживались терминологии и технических требований национального стандарта ГОСТ Р 54051-2010 (ГОСТ, 2011). Перед посадкой на среду укоренения микрочеренки культивировали на среде элонгации (питательная среда Мура-сиге-Скуга) с добавлением 6-бензиламинопурина 0,2 мг/л. Для укоренения микрочеренков использовали питательную среду Мура-сиге-Скуга с половинной концентрацией солей макроэлементов, и добавлением β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК) в концентрации 0,5 мг/л. На предыдущих этапах (пролиферация микропобегов, элонгация) микрорастения культивировали при освещении их люминесцентными лампами L865 (6500 К). Условия в культуральной комнате поддерживали следующие: температура +22-24°C; освещенность 72-86 мМоль/м²*сек⁻¹ при 15-часовом фотопериоде, которая создавалась светодиодными светильниками различного спектрального состава:

- Д1-650-660 нм (90%) + 440-450 нм (10%);
- Д2-650-660 нм (80%) + 440-450 нм (20%);
- Д3-650-660 нм (45%) +
+ 600-610 нм (45%) + 440-450 нм (10%);
- Д4-650-660 нм (40%)
+ 600-610 нм (40%) + 440-450 нм (20%);
- L865-контроль (люминесцентные лампы 6500 К).

Исследования проводили на пяти вариантах освещения и 13 сортах земляники садовой (*F. × ananassa*), в каждом варианте использовали 24 микрочеренка. По истечении 8 недель культивирования снимались учеты. Обработка полученных результатов исследований проводилась при помощи программ MS Office Excel 2003 и STAT.

Результаты исследований

В культуре *in vitro* на этапе укоренения было изучено влияние светодиодных источников освещения различного спектрального состава на укореняемость микрочеренков земляники садовой (рисунок, таблица).

Анализируя влияние освещения светодиодных источников света на этапе укоренения земляники садовой (см. рисунок) в культуре *in vitro*, можно отметить, что процент укоренения колебался в достаточно широких пределах – от 50% (сорт 'Царица') до 100% ('Боровицкая', 'Зенга Зенгана', 'Хоней') и достаточно сильно проявлялась сорто-специфичность под влиянием различного спектрального состава. На этапе укоренения (см. рисунок) выявлена тенденция увеличения укореняемости земляники садовой на уровне средних при освещении ее светодиодными источниками света, но достоверно превосходил освещение эксплантов люминесцентными лампами L865 только вариант Д1. В остальных вариантах данное увеличение не было существенным. Также можно отметить тенденцию к более высокой укореняемости (на уровне средних) при отсутствии пика в оранжевой части спектра (600-610 нм) в вариантах Д1 и Д2, но данное снижение не было статистически достоверным. Также наблюдалась тенденция к более высокой укореняемости микрочеренков земляники при 10% (варианты Д1 и Д3) синего света 440-450 нм, в сравнении с 20% (варианты Д2 и Д4), в освещаемом свете, но данное увеличение также не было существенным. Анализируя в целом результаты по всем изученным сортам земляники садовой на уровне средних, можно отметить, что укореняемость превышала 80% при освещении их светодиодными светильниками в вариантах Д1 и Д2 (оно не было статистически достоверным); несколько уступало им освещение светильниками в вариантах Д3 и Д4; минимальная укореняемость микрочеренков (67,4%) наблюдалась при освещении их лампами L865 (6500 К).

Статистически достоверно превосходили контрольный вариант освещения L865 (см. рисунок) следующие варианты освещения светодиодными светильниками для сортов: 'Боровицкая' – Д1, Д2, Д3, Д4; 'Витязь' – Д1, Д3, Д4; 'Зенга Зенгана' – Д1, Д2; 'Хоней' – Д4; 'Кубата' – Д2; 'Дукат' – Д1, Д2, Д4; 'Мармалада' – Д1, Д2; 'Валента' – Д1, Д2, Д3; 'Русич' – Д1; 'Красавица Загорья' – Д1; 'Незнакомка' – Д3. Необходимо отметить, что контрольному варианту освещения (L865) существенно не уступали никакие варианты освещения светодиодными светильниками (по всем изученным сортам земляники садовой).

При проведении исследований наблюдалась сортовая специфичность земляники садовой. Так, наибольшая укореняемость отмечена (на уровне средних, суммарно по вариантам освещения) у сортов 'Боровицкая' (90,4%) и 'Хоней' (88,4%), а существенно меньшая укореняемость (в сравнении с сортами 'Боровицкая' и 'Хоней') отмечена у сортов 'Царица' (64,5%), 'Незнакомка' (67,9%) и 'Русич' (68,1%).

Заключение

В процессе исследований установлено, что использование светодиодных источников освещения (варианты Д1, Д2, Д3 и Д4) оказывает положительное влияние на ризогенез сортов земляники садовой (*F. × ananassa*).

В среднем по изученным сортам при использовании светодиодных светильников процент укоренения в 1,15-1,25 раз выше по сравнению с контролем и составил для Д1 – 84,5, Д2 – 81,1, Д3 – 79,6, Д4 – 77,4%, а в контроле L865 (6500 К) – только 67,4%. Также наблюдалась тенденция к увеличению процента укоренения микрочеренков

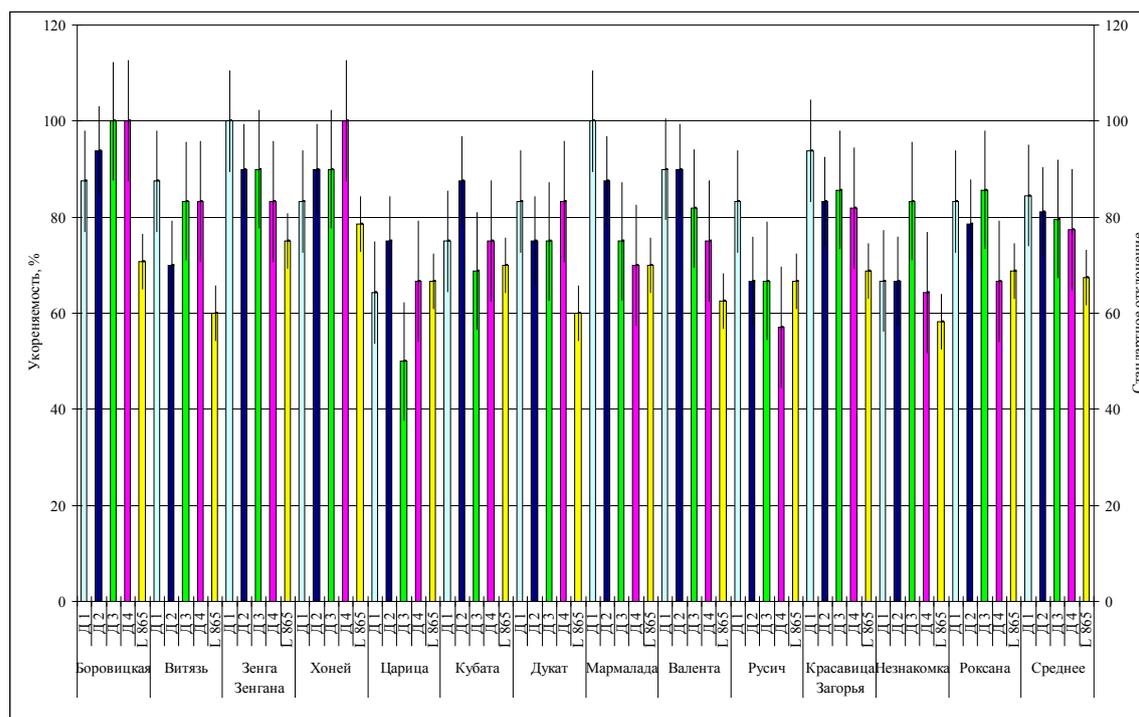


Рисунок. Укоренение микрочеренков различных сортов земляники садовой при освещении светодиодными светильниками различного спектрального состава и люминесцентными лампами L865, %

Figure. Rooting of microcuttings of different garden strawberry cultivars under LED light sources with varied spectral composition and fluorescent lamps L865, %

Таблица. Влияние освещения светодиодными источниками света различного спектрального состава и люминесцентных ламп L865 на количество корней земляники садовой, шт./микрочеренок

Table. The effect of illumination with LED light sources of varied spectral composition and fluorescent lamps L865 on the number of garden strawberry roots per one microcutting

Сорт	Тип освещения					\bar{X}
	Д1	Д2	Д3	Д4	L865	
Боровицкая	8,7	9,3	10,2	13,0	6,3	9,49
Витязь	7,1	8,9	12,6	12,2	6,5	9,46
Зенга Зенгана	8,1	10,0	11,8	11,3	7,5	9,74
Хоней	7,8	8,5	8,6	9,1	6,9	8,18
Царица	9,1	10,6	10,5	12,2	5,6	9,60
Царица	6,0	6,6	8,1	9,0	4,4	6,82
Дукат	7,8	7,4	7,5	8,6	6,4	7,54
Мармалада	5,9	6,0	5,7	6,8	3,8	5,63
Валента	5,7	6,4	7,2	8,6	4,6	6,50
Русич	5,3	6,9	7,4	8,9	4,2	6,54
Красавица Загорья	8,7	9,5	12,3	12,2	6,3	9,80
Незнакомка	9,7	10,5	10,6	11,4	7,1	9,86
Роксана	7,3	8,7	8,2	9,8	5,6	7,93
\bar{X}	7,48	8,40	9,27	10,24	5,78	-

$HCP_{05\text{ Сорт}} = 1,04$ $HCP_{05\text{ Тип освещения}} = 1,57$ $HCP_{05\text{ Взаимодействие}} = 1,22$

земляники при 10% синего света 440–450 нм (на уровне средних 79,6–84,5%), в сравнении с 20% (на уровне средних 77,4–81,1%) в освещаемом свете. Процент укоренения (на уровне средних по всем изученным сортам) статистически достоверно был выше по сравнению с контролем L865 (6500 К) только в варианте Д1.

Отмечено статистически достоверное увеличение (в 1,29–1,77 раза) количества корней на один микрочеренок у всех изученных сортов при применении светодиодных светильников. Необходимо отметить положительное влияние на увеличение количества корней на один микрочеренок пиков в красной (650–660 нм)

и оранжевой (600–610 нм) областях спектра. У изученных сортов количество корней (средние значения) составило 9,27–10,24 шт./микрочеренок при использовании светильников с пиками в красной (650–660 нм) и в оранжевой (600–610 нм) области спектра и 7,48–8,40 шт./микрочеренок при использовании светильников с пиком только в красной области (650–660 нм).

При проведении исследований наблюдалась сортовая специфичность при укореняемости земляники садовой (*F. × ananassa*) под влиянием света различного спектрального состава, что выражалось в лучшей способности к ризогенезу одних сортов по сравнению с другими.

References/Литература

- Alekseenko L. V., Vysotsky V. A. (2000) Influence of the spectral composition of light on the process of rhizogenesis in explants of day-neutral and remontant strawberry varieties (Vliyaniye spektralnogo sostava sveta na protsess rizogeneza u eksplantov zemlyaniki neytralnodnevnykh i remontantnykh sortov). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia (Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii)*, Moscow, vol. 7, pp. 73–81 [in Russian] (Алексеенко Л. В., Высоцкий В. А. Влияние спектрального состава света на процесс ризогенеза у эксплантов земляники нейтральнодневных и ремонтантных сортов // Плод-во и ягод-во России. М., 2000. Т. 7. С. 73–81).
- Azmi N. S., Ahmad R., Ibrahim R. (2016) Fluorescent light (FL), red led and blue LED spectrums effects on *in vitro* shoots multiplication. *J. Technol. (Sci. & Engineering)*, vol. 78, no. 6–6, pp. 93–97.
- Billore V., Jain M., Suprasanna P. (2017) Monochromic radiation through light-emitting diode (LED) positively augments *in vitro* shoot regeneration in Orchid (*Dendrobium sonia*). *Canadian J. of Biotech.*, vol. 1, iss. 2, pp. 50–58.
- Byadovsky I. A. (2007) Influence of different duration of *in vitro* cultivation and the spectral composition of light on the rooting of cherry and plum microsprouts (Vliyaniye razlichnoy prodolzhitel'nosti kultivirovaniya *in vitro* i spektralnogo sostava sveta na ukorenyaemost mikropobegov vishni i slivy). *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia (Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii)*, Moscow, vol. 19, pp. 33–41 [in Russian] (Бьядовский И. А. Влияние различной продолжительности культивирования *in vitro* и спектрального состава света на укореняемость микропобегов вишни и сливы // Плод-во и ягод-во России. М., 2007. Т. 19. С. 33–41).
- Byadovsky I. A. (2018) The influence of the spectral composition of light on the rhizogenesis of clonal apple rootstocks in an *in vitro* culture (Vliyaniye spektralnogo sostava sveta na rizogenez klonovykh podvoev yabloni v culture *in vitro*). In: *Actual Biotechnology (Aktualnaya biotekhnologiya)*, Proceed. of the V Intern. Scient. & Pract. Conf. 'Biotechnology: Science and Practice', ISSN2304–4691, Voronezh, vol. 3(26). pp. 519 [in Russian] (Бьядовский И. А. Влияние спектрального состава света на ризогенез клоновых подвоев яблони в культуре *in vitro* // Актуальная биотехнология, по матер. V межд. науч.-практ. конф. «Биотехнология: наука и практика», ISSN2304–4691. Воронеж, 2018, Т. 3(26). С. 519).
- Christiaens A., Gobin B., Van Labeke M. C. (2016) Light quality and adventitious rooting: a mini-review. *ISHS Acta Hort.* 1134: VIII International Symposium on Light in Horticulture. DOI: 10.17660/ActaHort.2016.1134.50
- Fedorova Yu. N., Lebedeva N. V. (2016) The effect of light of different spectral composition on the growth of potato plants *in vitro* (Vliyaniye sveta raznogo spektralnogo sostava na rost rasteniy kartofelya *in vitro*). *Newsletter of Velikiye Luki State Agricultural Academy (Izvestiya Velikolukskoy GSKhA)*, vol. 4, pp. 2–7 [in Russian] (Федорова Ю. Н., Лебедева Н. В. Влияние света разного спектрального состава на рост растений картофеля *in vitro* // Известия Великолуksкой ГСХА, 2016. Т. 4 С. 2–7).
- GOST R54051–2010 (2011). The National Standard of the Russian Federation. Fruit and berry crops: Sterile crops and adapted microplants. Technical specifications (Natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii. Plodovye i yagodnye kultury. Sterilnye kultury i adaptirovannye mikrorasteniya. Tekhnicheskiye usloviya), 12 p. [in Russian] (ГОСТ Р 54051–2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Плодовые и ягодные культуры: Стерильные культуры и адаптированные микрорастения. Технические условия. 2011. 12 с.).
- Hoffman A. P., Adams J. P., Nelson A. (2016) Effects of light regime and IBA concentration on adventitious rooting of an eastern cottonwood (*Populus deltoides*) clone. *Hardwood Regeneration. Proceedings of the 18 Biennial Southern Silvicultural Research Conference*, pp. 475–485.
- Konovalova I. O. (2016) Definition of optimum parameters of LED illumination on leafy vegetable crops with reference to a vitamin space greenhouse (Opredeleniye optimalnykh parametrov svetodiodnogo osveshcheniya listovykh ovoshchnykh kultur primenitelno k vitaminnoy kosmicheskoy oranzheye): Thesis for PhD degree in Biol. Sci., Moscow, 177 p. [in Russian] (Коновалова И. О. Определение оптимальных параметров светодиодного освещения листовых овощных культур применительно к витаминной космической оранжерее: дисс. ... канд. биол. наук. Москва, 2016. 177 с.).
- Malyarovskaya V. I., Kolomiets T. M. et al. (2013) Influence of the spectral composition of light on the growth and development of *Lilium caucasicum in vitro* culture (Vliyaniye spektralnogo sostava sveta na rost i razvitiye *Lilium caucasicum* v usloviyakh kultury *in vitro*). *Scientific Journal of the Kuban State Agric. Univ. (Nauchny zhurnal KubGAU)*, vol. 94(10), pp. 1–11 [in Russian] (Маляровская В. И., Коломиец Т. М. и др. Влияние спектрального состава света на рост и развитие *Lilium caucasicum* в условиях культуры *in vitro* // Научный журнал КубГАУ. 2013. Т. 94(10), С. 1–11). <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/12.pdf>
- Mohamed F. H., Omar G. F., Ismail M. A. (2017) *In vitro* regeneration, proliferation and growth of strawberry under different light treatments. *Acta Hort.*, vol. 1155, pp. 361–368.
- Muratova S. A., Shornikov D. G., Yankovskaya M. B. (2008) Reproduction of horticultural crops *in vitro* (methodological recommendations) (Razmnozheniye sadovykh kultur *in vitro*). Michurinsk, 69 p. [in Russian] (Муратова С. А., Шорников Д. Г., Янковская М. Б. Размножение садовых культур *in vitro* (методические рекомендации). Мичуринск, 2008. 69 с.).
- Okwuonu I. C., Nsofor G. N., Ihezue C. I., Okogbue G., Egesi C. N. (2017) Effect of light intensity and orientation on *in vitro* regeneration of *Cassava* plantlets. *IOSR J. of Biotech. and Biochem. (IOSR-JBB)*, vol. 3, iss. 5, pp. 63–69.
- Sedov E. N., Gruner L. A. et al. (2014) Pomology. Volume 4: Strawberries. Raspberries. Nut-bearing and rare crops

(Pomologiya. Tom 4. Zemlyanika. Malina. Orekhoplodnye i redkiye kultury). Orel: VNIISPK, 592 p. [in Russian] (Седов Е. Н., Грюнер Л. А. и др. Помология. Том 4: Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры. Оrel: ВНИИСПК, 2014. 592 с.).

Trushechkin V. G., Vysotsky V. A., Leontiev-Orlov O. A. (1985) Methodological guidelines for clonal micropropagation of rootstocks and apple varieties (Metodicheskiye ukazaniya po

klonalnomu mikrorazmnozhениyu podvovoyev i sortov yabloni) Moscow: VASKHNIL, 19 p. [in Russian] (Трушечкин В. Г., Высоцкий В. А., Леонтьев-Орлов О. А. Методические указания по клональному микроразмножению подвоев и сортов яблони / М.: ВАСХНИЛ, 1985. 19 с.).

Zimmerman R. H., Griesbach R. J. (2001) Status of the commercial micropropagation industry. *Comb. Proc. Intern. Plant Prop. Soc.*, vol. 51, pp. 479–481.

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of the financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Бьядовский И. А. Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria × ananassa*) *in vitro*. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 33-37.

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37

Byadovsky I. A. The effect of led light sources with varied spectral composition on the *in vitro* rooting bility of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*). Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 33-37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-33-37>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, автору и его месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer

Автор одобрил рукопись/Author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest