

Список цитируемых источников

1. Effect of metallic nanoparticles on the biotribocorrosion behaviour of metal-on-metal hip prostheses / Y. Yan [et al.] // *Wear*. — 2009. — Vol. 267. — P. 683—688.
2. Structural, mechanical, tribological, and corrosion properties of a-SiC:H coatings prepared by PECVD / S. Guruvenket [et al.] // *Surface Coating Technology*. — 2010. — Vol. 204. — P. 3358—3365.
3. Структура и механические свойства углеродных покрытий типа Al/CN_x и CN_x/Al / Чжоу Бин [и др.] // *Материалы. Технологии. Инструменты*. — 2014. — Т. 19. — С. 43—49.
4. *Дерягин, Б. В. Поверхностные силы* / Б. В. Дерягин, Н. В. Чураев, В. М. Муллер. — М. : Наука, 1985. — 398 с.

УДК57.017.32:58.035.4:634.752

Д. Д. Лебошкина, Д. М. Лебошкина, Д. С. Мороз

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ РАЗМНОЖЕНИИ И КУЛЬТИВИРОВАНИИ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ *FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH*.

Введение. Земляника садовая *Fragaria* × *ananassa Duch*. — одна из основных ягодных культур во всем мире благодаря хорошей урожайности, отличным вкусовым качествам в сочетании с высоким содержанием биологически активных веществ [1—3]. В последнее время все более популярным становится выращивание ремонтантных сортов и гибридов в условиях закрытого грунта для круглогодичного получения продукции [4; 5]. Однако для получения высоких урожаев естественного уровня освещенности, особенно в осенние и зимние месяцы, недостаточно, необходимо досвечивать растения при помощи искусственных облучателей. Источником света для выращивания различных растений могут служить светодиоды, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными [6—8]. Целью данной работы является оценка перспективы использования светодиодов в качестве источника света при размножении и выращивании растений земляники садовой *Fragaria* × *ananassa Duch*. в условиях закрытого грунта, а также при получении посадочного материала для открытого грунта.

Основная часть. В среднем срок культивации земляники составляет около 4 лет, для ремонтантных сортов — 2 года, дальнейшее ее культивирование экономически не выгодно [4; 9]. Таким образом, за четыре года полностью обновляются все ягодники, а в теплицах растения нужно менять раз в два года, что требует значительного количества посадочного материала. Традиционно земляника прекрасно размножается вегетативно — усам. Усы представляют собой удлиненные побеги, содержащие несколько розеток с различной степенью развитости корневой системы. Технология размножения усам предполагает разделение новых розеток и их укоренение с последующей пересадкой. Для успешного укоренения посадочного материала рекомендуется создание условий с повышенной влажностью [9]. Коэффициент размножения при этом составляет около 10 в зависимости от сорта. Однако несмотря на простоту данного способа, он имеет существенные недостатки. Во-первых, при вегетативном размножении высока вероятность передачи различных заболеваний, в первую очередь вирусных [10]. Так, согласно [10], более 50 % посадочного материала земляники садовой заражено вирусом мозаики. Это в значительной степени может повлиять и на урожайность, и на качество плодов. Во-вторых, такой вид размножения не подходит для сортов и гибридов с низкой уссообразующей способностью, к которым в первую очередь относятся ремонтантные сорта, способные плодоносить весь вегетационный сезон [4]. Для получения оздоровленного посадочного материала, быстрого размножения элитных сортов и гибридов, а также с низкой уссообразующей способностью в настоящее время используют технологию микроклонального размножения [10], которая состоит из нескольких этапов: введение в культуру, собственно размножение, укоренение и адаптация. Многочисленные данные [11—14] свидетельствуют, что для успешности последних двух этапов не последнее значение имеет освещенность и качество света. В этом ключе особый интерес представляет использование светодиодного освещения.

Светодиоды представляют собой полупроводниковые материалы, которые при пропускании через них электрического тока излучают свет в видимом диапазоне с шириной в несколько десятков нанометров. В настоящий момент имеются светодиоды, излучающие свет всех длин волн, а также белые, которые за счет нанесения на синий светодиод специального люминофора имеют широкий спектр. Среди достоинств светодиодных излучателей можно упомянуть их высокую энергоэффективность, возможность создавать осветители с заданным диапазоном, в том числе для регуляции процессов фотосинтеза и морфогенеза, длительный срок службы (более 50 тысяч часов), низкое тепловое излучение, что особенно важно при вы-

ращивании растений, легкость и компактность, благодаря чему их можно размещать на стеллажах в несколько ярусов, а также их экологичность, поскольку светодиоды не содержат ртути в отличие от люминесцентных ламп [6—8]. Среди недостатков можно упомянуть их относительно более высокую стоимость, однако она имеет тенденцию к снижению. Кроме того, расходы на установку окупаются за счет снижения расходов на электроэнергию, замену осветителей, а также прибавки урожая в среднем за 2,5 года.

Различные исследования подтверждают эффективность использования светодиодных облучателей как при микроклональном размножении земляники садовой [11—14], так и при выращивании в защищенном грунте [5]. Обычно период досветки земляники составляет от 8 до 16 часов. Для сравнения расхода электроэнергии нами были выбраны люминесцентные лампы *SylvaniaGroLux T5L8* и *Cool Daylight* (765 нм) марки *OSRAM*, которые часто используются для освещения растений, а также несколько специализированных светодиодных ламп с различным спектральным составом — *TL-PROM FITO 159 RS*, *TL-PROM FITO 150 VR*, *TL-PROMFITO 135 UN* фирмы ООО «Технологии света», а также «Агросвет» фирмы ООО «Главснабинвест». Для сравнения рассчитывалось, сколько ламп нужно для обеспечения плотности светового потока в 250 мкмоль / м²с, поскольку именно этот показатель наиболее приемлем для оценки уровня освещенности с учетом физиологии растений. Таким образом, для получения указанного значения необходимо использовать по 1 лампе *TL-PROM FITO 159 RS*, *TL-PROM FITO 150 VR*, *TL-PROM FITO 135 UN*, 6 ламп «Агросвет» 21 Вт, 6 ламп *Cool Daylight*, 4 лампы *SylvaniaGroLux T5L8*. Таким образом, расход электроэнергии за час работы составляет 0,159, 0,150, 0,135, 0,126 кВт для светодиодных осветителей, 0,216 кВт для *Cool Daylight* и для *SylvaniaGroLux T5L8*. В таблице 1 представлены расчеты с учетом энергопотребления при шестнадцатичасовом фотопериоде. Таким образом, светодиоды расходуют на 26,2—41,6 % меньше электроэнергии по сравнению с люминесцентными лампами, а экономия может составить от 7 рублей 50 копеек до 11 рублей 70 копеек в месяц на метр квадратный освещаемой площади.

Т а б л и ц а 1 — Энергоэффективность использования светодиодных осветителей при досветке растений-регенерантов земляники садовой за 60 дней (тариф взят для бюджетных организаций)

Лампа	Мощность лампы, кВт	Количество лам, шт.	Расход электроэнергии, кВт / сутки	Тариф, р. / кВт час	Стоимость, р.
<i>Cool Daylight</i>	0,036	6	3,45	0,27274	0,94
<i>Sylvania GroLuxT5L8</i>	0,054	4	3,45	0,27274	0,94
<i>TL-PROM FITO 159 RS</i>	0,159	1	2,544	0,27274	0,69
<i>TL-PROM FITO 150 VR</i>	0,150	1	2,4	0,27274	0,65
<i>TL-PROM FITO 135 UN</i>	0,135	1	2,16	0,27274	0,59
Агросвет	0,021	6	2,016	0,27274	0,55

Кроме того, использование светодиодов позволяет регулировать фотоморфогенез растений земляники садовой, обеспечивая более раннее плодоношение и более высокие урожаи как в открытом, так и в защищенном грунте [15]. Вместе с тем было показано, что требование к свету не только видо-, но сортоспецифично, а использование светодиодов позволяет конструировать осветители с заданным спектральным составом, а при необходимости менять его в соответствии с потребностями растения на каждом этапе онтогенеза. Также было отмечено положительное последствие светодиодного освещения на продуктивность растений земляники садовой и качество продукции [15].

Заключение. В работе рассмотрены основные преимущества использования светодиодного освещения при микроклональном размножении растений земляники садовой, а также при досветке в условиях защищенного грунта. Расчеты показали, что такие осветители не только положительно влияют на сами растения, но и позволяют значительно снизить затраты электроэнергии по сравнению с люминесцентными лампами. Однако выбор лампы для каждого конкретного вида и даже сорта растений должен осуществляться индивидуально с учетом потребностей растений.

Список цитируемых источников

1. Говорова, Г. Ф. Земляника / Г. Ф. Говорова, Д. Н. Говоров. — М. : Издат. дом МСГ, 2003. — 160 с.
2. Айтжанова, С. Д. Земляника. Ягодные культуры в Центральном регионе России / С. Д. Айтжанова ; под ред. И. В. Казакова. — Брянск : Изд-во Брян. ГСХА, 2009. — 208 с.
3. Елисеева, Л. Г. Дифференцирование перспективных сортов плодово-ягодных культур по содержанию биологически активных соединений / Л. Г. Елисеева, О. М. Блиникова // Пищевая пром-сть. — 2013. — № 6.
4. Линник, Т. А. Повышение эффективности способов размножения сортов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.), характеризующихся низкой усообразующей способностью : автореф. ... канд. с.-х. наук / Т. А. Линник. — М., 2014. — 20 с.

5. Choi, H. G. Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic green house and inagrowth chamber / H. G. Choi, B. Y. Moon, N. J. Kang // *Scientia Horticulturae*. — 2015. — Vol. 189. — P. 22—31.
6. Исследование влияния светодиодного освещения на рост и развитие растений / А. Ю. Хомяков [и др.] // *Электрон. средства и системы упр.* — 2015. — № 1. — С. 259—262.
7. Dutta Gupta, S. Light Emitting Diodes for Agriculture: Smart Lighting / S. Dutta Gupta // Springer Nature Singapore Pte Ltd. — 2017. — P. 273—303.
8. LED light for in vitro and ex vitro efficient growth of economically important highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) / C. Hung [et al.] // *Acta Physiologia Plantarum*. — 2016. — Vol. 38:152. — P. 1—9. DOI: 10.1007/s11738-016-2162-0.
9. Инновационные технологии возделывания земляники садовой : науч.-практ. изд. / под ред. М. И. Куликова. — М. : Росинформагротех, 2010. — 88 с.
10. Никонович, Т. В. Биотехнология в растениеводстве : курс лекции / Т. В. Никонович, А. Н. Иванистов, В. В. Французенок. — Горки : БГСХА, 2017. — 84 с.
11. Фотоморфогенез и продукционный процесс разных онтотипов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) в условиях светокультуры на основе узкополосных светодиодов / М. Н. Яковцева [и др.] // *Изв. ТСХА*. — № 4. — 2016. — С. 69—95.
12. Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch. в условиях светодиодного освещения / Д. С. Мороз [и др.] // *Вестн. БарГУ. Сер. «Биолог. и с.-х. науки»*. — 2019. — Вып. 7. — С. 73—82.
13. 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.
14. Бьядовский, И. А. Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria × ananassa*) *in vitro* / И. А. Бьядовский // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. — 2019. — № 180 (1). — С. 33—37.
15. Nadalini, S. Effects of blue and red LED lights on soilless cultivated strawberry growth performances and fruit quality / S. Nadalini, P. Zucchi, C. Andreotti // *Eur. J. Hortic. Sci.* — 2017. — Vol. 82 (1). — P. 12—20.

УДК 621.793

М. А. Леванцевич, Е. В. Пилипчук, Л. Л. Сотник, А. А. Голушко, А. С. Столяров, И. А. Козловский
 Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ПРОВОЛОЧНОГО ВОРСА НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ДЕФОРМАЦИОННО-ПЛАКИРОВАННЫХ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Введение. Во многих типах гидроприводов металлорежущих станков нашли широкое применение гидроцилиндры возвратно-поступательного движения, использующие для герметизации подвижного штока манжетные резиновые уплотнения. Для обеспечения надежной герметизации сопряжения «шток-резиновая манжета», а также защиты от коррозии и износа поверхность штока подвергают гальваническому хромированию [1]. Однако учитывая вредность гальванических производств, а также их высокую энергоемкость и низкую эффективность, особенно при формировании хромовых покрытий на поверхностях деталей, изготавливаемых, например, на предприятиях мелкосерийного и индивидуального производств, активно проводится поиск иных технологий, альтернативных гальваническому хромированию [2]. Известны положительные примеры применения технологий гиперзвуковой металлизации, газотермического и плазменного напыления, электроискрового и лазерного легирования и др. Вместе с тем указанные технологии пока не получили широкого промышленного применения в силу ряда причин, главными из которых являются высокая стоимость используемого оборудования и необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов для его обслуживания.

В последние годы активно развивается сравнительно недорогая, малоэнергоемкая и экологически чистая технология, основанная на методе деформационного плакирования гибким инструментом (далее — ДПГИ), где слой покрытия на поверхности детали формируется за счет переноса ворсом вращающейся металлической щетки (ВМЩ) частичек материала покрытия (донора). Установлено, что хромовые покрытия, сформированные с использованием технологии ДПГИ из доноров, полученных путем спекания смеси порошков чистого хрома и наноразмерной алмазнографитной шихты УДАГ (ТУ РБ 28619110.001-95) производства фирмы «Синта» (Беларусь), в режиме «сухого» трения с резиновым контрообразцом имеют трибо-технические характеристики, сопоставимые с гальваническими хромовыми покрытиями [3], а в режиме граничного трения подобные покрытия обеспечивают коэффициент трения скольжения в установившемся режиме, равный 0,023...0,025, что в среднем в 7,5 раза ниже, чем у хромовых покрытий, полученных гальваническим осаждением [4]. При этом в ходе проводимых испытаний технологии ДПГИ было выявлено, что определенное влияние на качество формируемых слоев хромовых покрытий может оказывать материал проволочного ворса ВМЩ.

Цель исследований заключалась в оценке влияния материала проволочного ворса ВМЩ на структурно-фазовый состав и параметры шероховатости поверхности слоев хромовых покрытий, сформированных с использованием технологии ДПГИ.