

ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ *FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH.* В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ

Введение. Микрклональное размножение растений широко используется для получения оздоровленного посадочного материала различных культур, в том числе и плодово-ягодных [1; 2]. Одним из этапов данного процесса является адаптация растений-регенерантов к нестерильным условиям, который определяет успешность всего процесса в целом. Хорошо известно, что на скорость адаптации влияют внешние факторы, такие как влажность, температура и освещенность [1; 3; 4]. При этом важна не только освещенность, но и качественный состав света. В том аспекте перспективным представляется использование светодиодного освещения, поскольку оно позволяет подобрать оптимальный спектральный состав для каждого этапа микрклонального размножения, и кроме того обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными источниками света: низкое энергопотребление, длительный срок службы, низкое тепловое излучение, экологичность [5; 6]. Целью данной работы было изучить влияние светодиодного освещения различного спектрального состава на такие физиологические параметры растений-регенерантов как интенсивность транспирации и содержание пигментов.

Основная часть. В качестве объекта исследования были выбраны растения-регенеранты земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. ремонтантного сорта Мерлан. Растения пересаживали *ex vitro* в торфяной грунт в горшки объемом 0,5 л. Условия культивирования: температура +20—25 °С, влажность воздуха — 70 %, световой режим — 16 / 8 часов. В опыте использовались следующие варианты освещения: контроль — люминесцентные лампы белого света *Cool Daylight* (765 нм) марки *OSRAM* с мощностью напряжения 36 Вт; вариант 1: светодиодные осветители *TL-PROM FITO 159 RS*, плотность потока фотонов — 250 мкмоль / м²с, пропорции спектра: 730 нм — 13 %, 660 нм — 17 %, 450 нм — 70 %; вариант 2: светодиодные осветители *TL-PROM FITO 150 VR*, плотность потока фотонов — 250 мкмоль / м²с, пропорции спектра: 730 нм — 13 %, 660 нм — 37 %, 450 нм — 50 %; вариант 3: светодиодные осветители *TL-PROM FITO 135 UN*, плотность потока фотонов — 250 мкмоль / м²с, пропорции спектра: 730 нм — 58 %, 660 нм — 37 %, 450 нм — 29 %. После 30 дней выращивания в данных условиях у растений измерялись такие физиологические показатели, как интенсивность транспирации при помощи потенциометрического метода [7] и содержание пигментов по оптической плотности экстракта в 100 %-м ацетоне [8].

Как показали результаты исследований, интенсивность транспирации значительно повышается при пересадке в нестерильные условия в 4—5 раз по сравнению с начальными условиями (таблица 1). Это связано с тем, что изначально растения приспособлены к 100 %-й влажности при выращивании в условиях *in vitro*, и при переходе к условиям более низкой влажности испытывают значительный стресс, что и выражается в увеличении интенсивности транспирации. При этом достоверных различий между вариантами выявлено не было. Однако через 30 дней после пересадки данный показатель снижается на 29—56 % в зависимости от варианта, что свидетельствует об успешной адаптации растений. При этом выражено влияние света различного спектрального состава на данный процесс: увеличение доли красного света увеличивает скорость транспирации. Следует отметить, что независимо от спектрального состава уровень транспирации под светодиодными осветителями ниже, чем под люминесцентным освещением.

Т а б л и ц а 1 — Скорость транспирации растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) на этапе укоренения в культуре *ex vitro*

| Вариант | Скорость транспирации, г / (дм ² · час), через 7 дней после пересадки | Скорость транспирации, г / (дм ² · час), через 30 дней после пересадки |
|------------------|---|--|
| Перед адаптацией | 0,45 ± 0,603 | |
| Контроль | 2,16 ± 0,083 | 1,53 ± 0,297 |
| Вариант 1 | 2,21 ± 0,346 | 1,17 ± 0,205 |
| Вариант 2 | 2,16 ± 0,216 | 0,95 ± 0,061 |
| Вариант 3 | 2,38 ± 0,518 | 1,23 ± 0,125 |

Также проводился анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях растений-регенерантов, результаты измерений представлены в таблице 2. Пигментный состав листьев растений регенерантов земляники садовой в культуре *ex vitro*, выращиваемых под различными вариантами све-

тодиодного освещения, соответствует особенностям спектрального состава: увеличение доли синего света способствует увеличению содержания каротиноидов и доли хлорофилла *b*. При этом количество пигментов при освещении люминесцентными лампами значительно меньше как по сравнению с опытными, так и по сравнению с начальными данными. Из полученных данных можно заключить, что светодиодное освещение способствует формированию нормального пигментного состава, обеспечивает должное функционирование фотосинтетического аппарата.

Т а б л и ц а 2 — Содержание пигментов в листьях растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) на этапе укоренения в культуре *ex vitro*

| Вариант | Хлорофилл <i>a</i> , мг / дм ² | Хлорофилл <i>b</i> , мг / дм ² | Общее содержание хлорофиллов, мг / дм ² | Каротиноиды, мг / дм ² | хл <i>a</i> / хл <i>b</i> | хл / кар |
|------------------|--|--|--|--------------------------------------|---------------------------|----------|
| Перед адаптацией | 1,41 ± 0,131 | 0,65 ± 0,039 | 2,06 ± 0,146 | 0,41 ± 0,096 | 2,2 | 5,7 |
| Контроль | 0,95 ± 0,127 | 0,48 ± 0,056 | 1,4 ± 0,159 | 0,29 ± 0,026 | 2,0 | 4,9 |
| Вариант 1 | 1,59 ± 0,127 | 0,78 ± 0,120 | 2,37 ± 0,247 | 0,44 ± 0,099 | 2,2 | 5,5 |
| Вариант 2 | 1,34 ± 0,144 | 0,73 ± 0,189 | 2,07 ± 0,319 | 0,38 ± 0,027 | 2,0 | 5,3 |
| Вариант 3 | 1,11 ± 0,136 | 0,58 ± 0,091 | 1,69 ± 0,227 | 0,32 ± 0,031 | 1,9 | 5,2 |

Заключение. Стадия адаптации к нестерильным условиям является важным этапом микроклонального размножения растений земляники садовой. При этом использование светодиодных источников света положительно влияет на функционирование растений и позволяет управлять данным процессом. Так, использование светодиодного освещения с большей долей синего света позволяет увеличить накопление каротиноидов и хлорофилла *b*, что может в дальнейшем положительно сказаться на приживаемости в полевых условиях, а также способствует уменьшению скорости транспирации, что также способствует более быстрой адаптации *ex vitro*. Хорошо известно, что растения-регенеранты отличаются более тонкими листьями и нарушениями в работе устьиц. Нахождение их в условиях, снижающих уровень транспирации, позволит растениям постепенно сформировать необходимые структуры в более комфортных условиях. Таким образом, анализируя воздействие светодиодного освещения на растения-регенеранты земляники садовой, можно заключить, что светодиодные осветители не только не уступают люминесцентным лампам, но и позволяют регулировать процесс адаптации растений.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы «Установление особенностей адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. к нестерильным условиям при использовании ресурсосберегающих светодиодных облучателей» при поддержке БРФФИ (договор № Б18М-147 от 30.05.2018).

Список цитируемых источников

1. Никонович, Т. В. Биотехнология в растениеводстве : курс лекций / Т. В. Никонович, А. Н. Иванистов, В. В. Французенок. — Горки : БГСХА, 2017. — 84 с.
2. 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.
3. Шлак, М. Ю. Влияние спектрального состава света на развитие растений-регенерантов *Fragaria* × *ananassa* Duch. в условиях культуры *in vitro* / М. Ю. Шлак, Т. В. Никонович // Агропромышленный комплекс: контуры будущего : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Курск, 12—14 нояб. 2014 г. — Курск, 2014. — Ч. 1.
4. Кутас, Е. Н. Адаптация регенерантов интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной, регенерированных в культуре *in vitro*, к условиям *ex vitro* / Е. Н. Кутас // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы : материалы Респ. науч.-практ. конф. (17 августа 2012 г., Минск). — Минск, 2012. — С. 29—35.
5. Исследование влияния светодиодного освещения на рост и развитие растений / А. Ю. Хомяков [и др.] // Электронные средства и системы управления. — № 1. — 2015. — С. 259—262.
6. Yeh, N. Light-emitting diodes' light qualities and their corresponding scientific applications / N. Yen, T. J. Ding, P. Yeh // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2015. — Vol. 51. — P. 55—61.
7. Викторов, Д. П. Малый практикум по физиологии растений / Д. П. Викторов. — М. : Высш. шк., 1983. — 135 с.
8. Wettstein, D. Formula of chlorophyll determination / D. Wettstein // Experimental Cell Research. — 1957. — Vol. 12, № 3. — P. 427—489.