

výbojky musí mít ve svítidle předřadník), zvláště použije-li se reflektorový zdroj. Pro nástěnné osvětlení je možné použít také jakékoli svítidlo s vyloženým ramínkem. Součástí stropního nebo nástěnného osvětlení by měl být samostatný stojan s čidlem intenzity osvětlení, popř. i s vysílačem spínacího signálu.

Literatura:

- [1] HAŠ, S.: *Osvětlení okrasných rostlin v interiérech*. Světlo, 2010, č. 4.
- [2] HAJZLER, M. – HAŠ, S.: *Fotosynteticky aktivní osvětlovací soustava ve skleníku Fata Morgana*. Světlo, 2008, č. 4.
- [3] DVOŘÁČEK, V.: *Světelné zdroje – světelné diody*. Světlo, 2009, č. 5.
- [4] *Elektrotechnika VI – Elektrické světlo. Technický průvodce*. Vědecko-technické nakladatelství, Praha, 1950.
- [5] HARTMANN, P.: *Technology of white LEDs for general lighting, architectural, and design application*. Light and Engineering, č. 3, Znack Publishing House, Moscow, 2008.
- [6] HENDRIKS, L.: *Assimilationslicht*. Thalacker Braunschweig, 1993.
- [7] LIBERMAN, J.: *Světlo, lék budoucnosti*. Blue step spol. s r. o., Praha, 2006.
- [8] MATOUŠ, M. – HUTLA, P.: *Světlo a rostlina*. Světlo, 2002, č. 4.
- [9] McCREE, K. J.: *Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data*. Agricultural and Forestry Meteorology, 1972, No 10.
- [10] MEYER, J.: *Pflanzenbelichtung*. München, 1994.
- [11] Technická dokumentace Philips, Osram: *Zdroje LED*.

Recenze: Ing. Petr Hutla, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky v Praze

Vliv intenzity a spektrálního složení umělého světla na kultivaci rostlin

Ing. Jaroslav Kukuliš, SVP Components,
Ing. Jana Mokříčková, Zahradnická fakulta Mendelovy univerzity Brno

Úvod

Růstové komory pro kultivaci rostlin jsou příkladem, kdy rostlina je odkázána na umělé osvětlení a uměle vytvořené klima. Hledá se optimální světelný zdroj, který bude splňovat všechny požadavky rostlin a přitom bude energeticky úsporný. Elektrická energie spotřebovaná světelným zdrojem se z velké části mění na energii tepelnou, a v důsledku toho vznikají další požadavky na chlazení a odvod této tepelné zátěže. Jak najít optimální světelný zdroj? Kolik energie rostlinám stačí a jaká část dodaného světla je opravdu efektivně využitelná? Na tyto otázky se předkládaný článek zaměřuje a autoři na ně odpovídají, přičemž vycházejí ze sledování pokusu se zakoreňováním řízků za různých světelných podmínek. Obecně lze konstatovat, že největší pohltivost je u rostlin v oblastech modré a červené barvy, naopak odrazivost je největší v zelené barvě. [1] Podle tohoto poznatku byla při hledání úspor zvolena cesta spektrálně řízeného osvětlení. Odborníci na Zahradnické fakultě Mendelovy univerzity Brno v minulosti zjišťovali vliv barevných spekter na vlastnosti rostlin. K tomuto účelu byly využívány průsvitné barevné fólie, kterými světlo procházelo. Toto technické omezení je dnes překonáno a světelné zdroje LED dávají možnost volit spektrum i intenzitu v jednotlivých spektrálních oblastech. Bylo na co navázat a pokus v praxi mohl začít. Firma SVP Components, která navr-

huje LED osvětlení, zapůjčila čtyři svítidla 100WHPL, osazená v růstové skříni tak, aby bylo ve čtyřech oddílech možné sledovat dvě zvolené kombinace složek spektra při dvou intenzitách ozáření.

Kultivační osvětlení v pěstebních prostorech s umělým osvětlením

V těchto prostorech probíhají procesy vegetativního množení produkčních rostlin nebo např. výzkum optimalizující spektrum pro asimilační nebo fotoperiodické světelné zdroje. Intenzita osvětlení v těchto pěstebních prostorech je závislá na konkrétních požadavcích, pro vegetativní množení je obecně potřeba ozáření malá, pro pokusy se spektrem a intenzitou by mělo být možné nastavovat intenzitu ozáření v rozmezí od kompenzačního světelného bodu až po saturační hodnoty. Světelné zdroje by měly ovlivňovat vnitřní klima co nejmenší tepelnou zátěží, měly by obsahovat složku difuzního i přímého záření a dosahovat vysoké účinnosti v oblasti FAR. V četných studiích byly zdokumentovány reakce rostlin zejména na červené a modré světlo. Červené světlo je důležité pro vývin fotosyntetického aparátu. Modré světlo zase ovlivňuje tvorbu chlorofylu, otevírání průduchů a fotomorfogenezi. Spolu s těmito biologickými me-



Obr. 1. Použité pěstební komory se svítidly s LED

Tab. 1. Charakteristika světla – zastoupení jednotlivých diod LED ve svítidle 100WHPL při kombinacích B a R

Barva LED	Kombinace barev B		Kombinace barev R	
	počet LED (ks)	příkon LED (W)	počet LED (ks)	příkon LED (W)
450 nm	4	9,8	1	2,5
465 nm	6	14,7	2	4,9
bílá 6 000 K	2	4,9	1	2,5
630 nm	16	24,6	16	24,6
660 nm	16	24,6	24	37,0

chanismy se současně spouštějí mnohé hormonální reakce, tvořící se látky jsou následně transportovány do příslušných částí rostlin, které na základě jejich vyhodnocení jsou schopny např. iniciovat kvetení, vytvářet kořeny, stimulovat prodloužení výhonů, velikost listové plochy a jiné. V poslední době se objevují výzkumy spojené s testováním různých vlnových délek na tvorbu kořenů při vegetativním rozmnožování rostlin řízkováním.

Zařízení a metodika pokusu

V tomto pokusu byl testován vliv speciální sestavy světelných diod na kvalitu a kvantitu tvorby kořenového systému při vegetativním rozmnožování rostlin.

Rostlinný materiál

V daném pokusu byly sledovány řízky rostliny *Ligustrum ovalifolium*. Jde o okrasné keře, které byly během doby zakořenění vystaveny různým vlnovým délkám o různé intenzitě osvětlení. Odřezky byly upravovány vždy na stejnou velikost, bez zkracování listové čepele.

Pokus byl prováděn na třech stanovištích: ve fóliovníku, v růstové komoře se zářivkami a v růstové komoře se svítidly LED 100WHPL.

Stanoviště z hlediska klimatických podmínek

V pěstebních komorách (obr. 1, obr. 3) byla nastavena teplota 20 °C a relativní vlhkost 95 %. V průběhu pokusu však

vlivem extrémního venkovního počasi bylo dosaženo těchto hodnot s širším rozptylem v obou růstových komorách. Ve fóliovníku teploty a vlhkost vzduchu v době rozmnožovacích cyklů závisely zejména na vnějších klimatických podmínkách, na vlivu konstrukce fóliového tunelu a na činnosti automatického zavlažovacího systému.



Obr. 2. Svítidlo LED 100W HPL od SVP Components s. r. o.



Obr. 3. Růstová komora se zářivkami

Stanoviště z hlediska světelného zdroje

Růstová komora s LED 100W HPL (obr. 1)

Jako zdroj záření byla použita čtyři svítidla 100WHPL (obr. 2) obsahující červené, modré a bílé diody LED ve dvou zvolených kombinacích, optimalizovaných podle absorpčních spekter chlorofylu: v horním patře dvě svítidla v barevné kombinaci označované písmenem B, více jsou zastoupeny vlnové délky odpovídající modré barvě, v dolním patře dvě svítidla označovaná písmenem R, s větším důrazem na vlnové délky odpovídající červené barvě. Poměrné zastoupení jednotlivých vlnových délek obsažených ve svítidle barevné kombinace B a R je patrné z tab. 1.

Regulace intenzity je plynulá u každého ze čtyř svítidel, v průběhu pokusu byly nastaveny intenzity 17 a 90 % maximálního příkonu.

Růstová komora se zářivkami (obr. 3)

Spektrum zářivek chladně bílá 840 (obr. 4). Teplota chromatičnosti je 4000 K, všeobecný index podání barev 80. Ve skříně se zářivkami byl nastaven maximální světelný tok, rozdílná intenzita osvětlení byla zajištěna umístěním vzorků jednak ve vrchní polici, jednak ve spodní polici.

Svítidlo je osazeno osmi zářivkami T5 39W/840, celkový příkon je 312 W pro jedno patro.

Měření a stanovení intenzit osvětlení

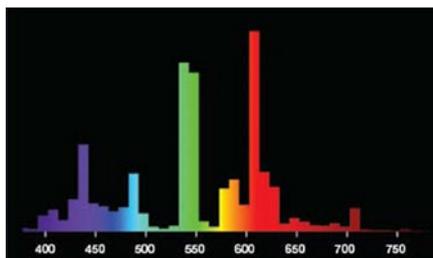
Naměřené hodnoty intenzit osvětlení a použité měřicí přístroje jsou uvedeny v tab. 2.

Vyhodnocení pokusu

Vyhodnocení pokusu ukázalo procento úspěšně zakořeněných řízků a také kvalitu a délku kořenů. Kvalita zakořenění byla hodnocena v pěti stupních, které jsou patrné z obr. 5. Bylo hodnoceno 54 vzorků z každého stanoviště po 37 dnech kultivace. Výsledky jsou zaneseny v tab. 3. Dále byl měřen obsah chlorofylu v listech v časových intervalech během pokusu.

Závěrečné posouzení naměřených výsledků

Světlo je jednou z nejdůležitějších podmínek prostředí pro úspěšné zakořenění řízků. Avšak jeho nadbytek může ovlivňovat proces zakořenění negativně, poškozováním vlastního fotosyntetického aparátu rostlin. To ukazují i výsledky pokusů. Skupiny ovlivňované zářením o intenzitě 285 a 329 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ vykazovaly podstatně horší zakořenění než skupiny s intenzitou 52 až 64 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. Co se týče vlivu červené



Obr. 4. Spektrální složení záření pro zářivku s bílým světlem 4 000 K

a modré LED, u variant s nízkou intenzitou ozáření se neprojevil statisticky významný rozdíl. U variant s vysokými intenzitami ozáření se zdá, že menší inhibiční vliv má červená LED. Průběh pokusů ukázal také na příznivý vliv LED při tvorbě prostředí v růstových komorách. Při používání LED jsou menší problémy s úpravou prostředí a s řízením teploty, vlhkosti vzduchu i osvětlení i s energickou náročností světelných zdrojů. Významná je i značná variabilita LED ve volbě emisních spekter, což umožňuje této technologii stát se ideálním nástrojem ke hledání optimálních kombinací vlnových délek vhodných pro rostliny po celou dobu jejich vývojových stadií v intenzivních pěstitelských

Tab. 2. Naměřené hodnoty ozáření

Pěstební místo	Porovnávaná stanoviště	Intenzita fotonového toku ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Intenzita osvětlení (lx)	Intenzita ozáření ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
růstová komora s LED	R90	257,9	8 079	45,6
	B90	284,4	6 963	55,2
	R17	64,0	1 947	14,4
	B17	52,1	1 389	12,0
růstová komora se zářivkami	horní police	486,5	33 456	100,8
	dolní police	285,9	23 167	67,2
fóliový kryt	25. 8. 2010, 12:26, polojasno	63,0	6 152	62,4
Měření	použitý přístroj	SunScan	Elsec	SunScan
	měřicí hlavice	Probe SS1	typ 774	Sunshine sensor BF3

Tab. 3. Vyhodnocení pokusu

Stupeň zakořenění (obr. 5)	Fóliový kryt	Zářivky dolní police	Zářivky horní police	LED B90	LED R90	LED B17	LED R17
1	1	42	43	12	0	0	0
2	9	4	3	8	5	1	0
3	3	1	1	2	1	1	0
4	4	0	1	2	2	0	0
5	36	7	6	30	46	52	54
Zakořenění (%)	81,13	14,82	14,82	62,96	90,74	98,15	100,00
Průměrná délka kořenů (mm)	14,70	25,38	24,88	51,8	38,67	44,17	54,57



Obr. 5. Pět skupin řízků (porovnání velikosti kořenů) 1 - nezakořeněné, nezakalusené, 2 - kalus, 3 - jeden kořen, 4 - dva kořeny, 5 - tři a více kořenů

systémech. V průběhu pokusu byly v obou skříních nastaveny stejné hodnoty teploty a vlhkosti, v obou však byly problémy s dodržáním požadovaných parametrů. Rovněž testované intenzity byly příliš vysoké a způsobené přesvětlení negativně ovlivnilo výsledky pokusu. Jde tedy o hledání optimální intenzity pro zakořeňování obecně a optimalizace udržování nastaveného prostředí v pěstebních skříních. Z výsledků doposud uskutečněných pokusů

vyplývá, že pro zakořeňování postačují nízké intenzity osvětlení. Volba ideální kombinace barev diod LED ve světelném zdroji je rovněž v počátcích, ukazuje ale velký potenciál volitelných vlnových délek a jejich vztahu ke kondici a projevům rostliny.

Literatura:

[1] PROCHÁZKA, S. – MACHÁČKOVÁ, I. – KREKULE, J. – ŠEBÁNEK, J. a kol.: *Fyziologie rostlin*. Akademia, Praha, 1998.

Recenze: Ing. Stanislav Haš

Univerzální liniové svítidlo s High Power LED
V různých spektrech, v kombinaci s nerezovým materiálem
Příkon 10W

SVP Components s.r.o.
http://svpc.cz
E-mail: svpc@centrum.cz