

# Navrhování osvětlení pro interiérové květiny

Ing. Stanislav Haš, CSc., Agroenergo,  
Bc. Lucie Fikarová, Mendelova  
univerzita v Brně, Zahradnická fakulta v Lednici

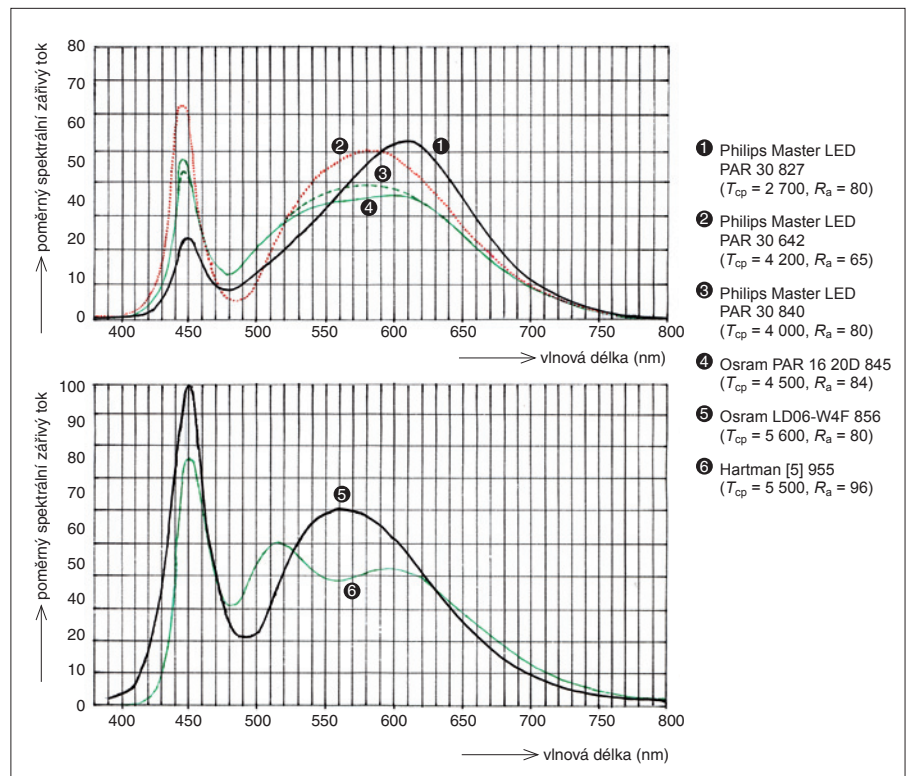
V článku Osvětlení okrasných rostlin v interiérech, uveřejněném v časopise Světlo, č. 4/2010, byly zhodnoceny možnosti použití různých běžných světelných zdrojů k osvětlování rostlin. S rozvojem nových světelných zdrojů, bílých světelných diod (LED), je vhodné posoudit ještě možnosti uplatnění těchto zdrojů pro osvětlování rostlin. Rozsáhlý výzkum zdrojů LED se soustřeďuje především na oblast konstrukčního uspořádání zářičích čipů, zejména z hlediska jejich účinného chlazení, a na vývoj luminoforů, což jsou chemické látky, které převádějí záření modrých nebo ultrafialových diod na celé světelné spektrum. A právě luminofory umožňují vyrábět bílé LED v celé škále náhradních teplot chromatičnosti, od 2 500 K (teple bílá) až po 7 000 K (dení světlo). Spektrum LED je spojitě, takže obsahuje úplnou škálu barev a jejich odstínů. Díky tomu lze dosahovat vysokých hodnot indexů podání barev.

Na obr. 1 jsou spektra několika bílých zdrojů LED. Zdroje teple bílé soustřeďují převážnou část emitovaného záření do oblasti největší citlivosti lidského oka, ale preferují dlouhovlnnější část spektra. Zdroje neutrální nebo chladně bílé opět největší část záření vysílají v oblasti největší citlivosti oka, ale preferují krátkovlnné záření. Všechny tyto zdroje mají propad emitované energie v oblasti asi 470 až 520 nm. Hloubka tohoto propadu závisí na účelu použití zdrojů LED. Pro venkovní osvětlování, zejména komunikací, je snaha co nejvíce energie soustředit k vlnové délce 550 nm, pro kterou je lidské oko nejcitlivější. To se dělá omezením uvedené oblasti okolo 500 nm, následkem čehož je výrazné zhoršení indexu podání barev (u spektra na obr. 1, křivka 2,  $R_a = 65$ ). Zdroje pro interiérové osvětlování mají spektrum vyrovnanější, maxima jsou nižší, propad v oblasti okolo 500 nm není tak hluboký, index podání barev dosahuje hodnoty  $R_a = 80$ . Ve vývoji jsou i zdroje LED s luminofory, které při náhradní teplotě chromatičnosti 5 500 K dosahují indexu podání barev až  $R_a = 97$ .

Spojitě široké a energeticky vyrovnané spektrum je velmi vhodné i pro všechny fotobiologické procesy v rostlinách. Je velice příznivé, že i při vyšších teplotách chromatičnosti dosahuje část spektra až

k vlnové délce 800 nm, což má významný vliv na indukci květů a kvetení všech rostlin, i dlouhodobých, jejichž tzv. fytochrom far red vyžaduje ke své aktivaci právě toto dlouhovlnné červené záření.

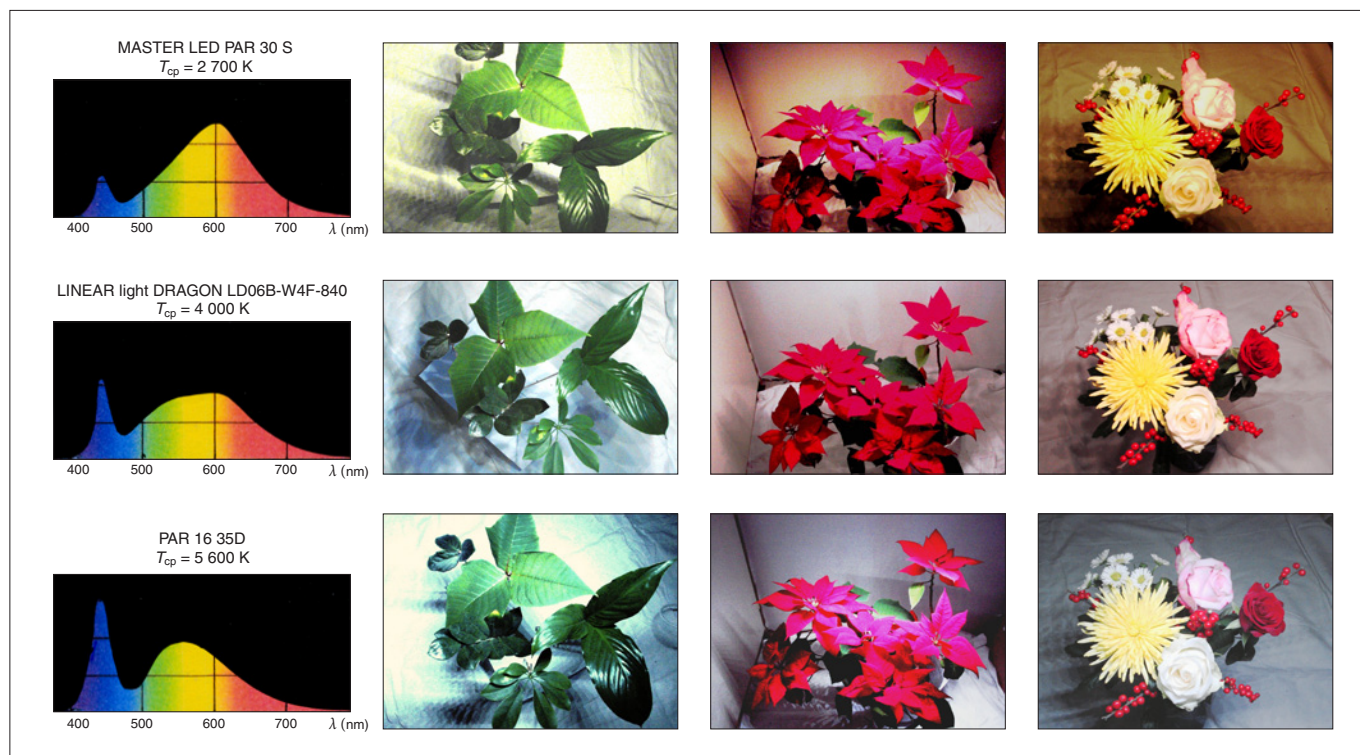
Vhodnost světelných zdrojů pro fotoperiodické ozařování je hodnocena indexem fotoperiodické radiace IFPR. To je procentuální podíl záření v rozmezí vlnových délek 550 až 780 nm (FPR), které



Obr. 1. Poměrné spektrální složení záření zdrojů LED

Tab. 1. Přepočítávací koeficienty fotometrických a fotosyntetických jednotek a index fotoperiodické radiace pro vybrané světelné zdroje

Koeficient		$k_{FAR}$	$k_{mol}$	IFPR
Fyzikální rozměr		$W \cdot m^{-2} \text{ FAR/klx}$	$\mu\text{mol} \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} / \text{klx}$	-
Kompaktní a lineární zářivky	cool white, chladně bílá, CW, 842	2,73	12,2	0,45
	day light, denní světlo, D, 865	3,26	14,0	0,33
	Biolum, denní světlo, 965	3,73	16,4	0,38
Halogenidové výbojky	NDL, chladně bílá, 942	3,33	15,1	0,61
Zdroje LED	Master PAR 20, 4 000 K	3,15	14,8	0,63
	LD 06B W4F 4 000 K	3,23	15,0	0,60
	PAR 16 20d 5 600 K	3,35	15,1	0,52
	Hartman [5] $R_a = 96$ 5 500 K	3,49	16,0	0,54
Denní světlo	globální záření jasno	3,97	18,1	1,10
	záření modré oblohy	4,88	20,7	0,54



Obr. 2. Podání barev rostlin osvětlených zdroji LED s různou náhradní teplotou chromatičnosti při osvětlenosti 800 až 1 000 lx

aktivují fytochromy red a far red, k fotosynteticky aktivnímu záření v rozmezí vlnových délek 400 až 700 nm (FAR), tedy  $IFPR = FPR/FAR$ .

Hodnoty IFPR pro doporučené zdroje jsou v tab. 1, jejich obsah a význam budou v dalším textu vysvětleny.

Dostatečný podíl záření v červené i modré oblasti u doporučených LED skýtá dostatek energie k fotosyntetickým procesům. Absence záření nejkratších vlnových délek ve fialové, popř. ultrafialové oblasti u některých LED zdrojů by mohla mít nepříznivý vliv na fotomorfogenetické procesy snad jen u vysokohorských rostlin, ale tato oblast rostlinné říše není z hlediska jejich použití v interiéru zajímavá.

Zdroje LED jsou vhodné pro směrové osvětlení s menším nebo větším úhlem poloviční svítivosti. To umožňuje volit jednoduchá svítidla s malou závislostí rozložení svítivosti na těchto svítidlech. Vzhledem k tomu, že uvedené zdroje s jejich chladicím systémem mají zpravidla velmi působivý design, je příjemné je použít i bez svítidel, pouze s vhodně krytou objímkou.

Podání barev rostlin osvětlovaných zdroji LED ukazuje obr. 2. K osvětlení byly zvoleny zdroje s teplotami chromatičnosti 2 700, 4 000 a 5 600 K. Z obrázku je zřejmé, že i u zdrojů LED je dáвана přednost zdrojům s vyšší teplotou chromatičnosti (nejméně 4 000 K), tak jako je tomu u dříve uvedených běžných zdrojů.

Zdroje LED se vyrábějí buď rotačně symetrické, nebo jako světelné lišty, zpravi-





dla s délkami od 30 cm, velmi často jako stavebnicové, s možností spojit několik lišt za sebou. I světelné lišty již bývají konstruovány tak, že se použijí samostatně, bez svítidla, někdy jen s clonou proti oslnění. Příklad některých dnešních zdrojů LED vhodných k osvětlování rostlin je v tab. 2.

Zdroje LED mají ještě další příznivé vlastnosti. Jejich příkon a spotřeba energie při osvětlování rostlin mohou být zpra-

vidla menší než u jiných zdrojů a jejich doba života je 20 000 až 50 000 h, což při osvětlování rostlin činí deset až dvacet let.

Z dosud uvedeného vyplývá, že výběr zdrojů pro osvětlování rostlin je dost široký. Ne vždy jsou ale vhodné zdroje dostupné ve všech obchodech. Po postupném zákazu výroby žárovek se výrobci i obchodníci snaží nabízet zejména kompaktní zářivky, které se svým barevným podáním co nejvíce podobají žárovkové-

Tab. 2. Světelné zdroje LED vhodné k osvětlování interiérových rostlin

Výrobce	Philips	Osram	Osram	Megaman
Značení	MASTER LEDspot 4 000 K PAR 20 40D	PAR 16 35D	LINEAR light DRAGON LD06B-W4F-840	LED PAR16 LRO705-WFL
Obrázek				
Příkon (W)	7	8	12	5
Náhradní teplota chromatičnosti (K)	4 000	5 600	4 000	4 000
Index podání barev $R_a$	80	80	>80	80
Úhel poloviční svítivosti (°)	40	35	30	40
Maximální svítivost (cd)	550	600	1350	320
Maximální zářivost (W FAR/sr)	1,73	1,94	4,52	1,07
Průměr/délka (mm)	64/90	50/93	36/307	50/87
Život (h)	45 000	25 000	-	20 000



mu světlu. Naproti tomu ale psychologové a oční lékaři přinášejí stále více poznatků o potřebě vnést do interiérů sluneční světlo, tedy denní světlo s teplotou chromatičnosti 5 000 až 6 500 K, které obsahuje co největší podíl spojitého spektra v celé viditelné oblasti. Tam, kde je denního světla nedostatek, doporučují používat světelné zdroje s uvedenými teplotami chromatičnosti. Takové zdroje sice v souladu s Kruithoffovým diagramem vyžadují vyšší intenzity osvětlení než zdroje teplých barev, ale přispívají ke klidné náladě, omezují podrážděnost a stresové situace, vedou k lepší soustředěnosti při náročné práci a při učení, zejména u hyperaktivních dětí. Vlivem většího podílu modrého záření, které má vliv na odbourávání hormonu spánku (melatoninu), ulehčují ranní vstávání, zlepšují překonávání nepříznivého vlivu zimního období u lidí s klimatickou závislostí, jsou uváděny i příznivé vlivy na fyziologické procesy lidí a snižování nemocnosti v zimním období.

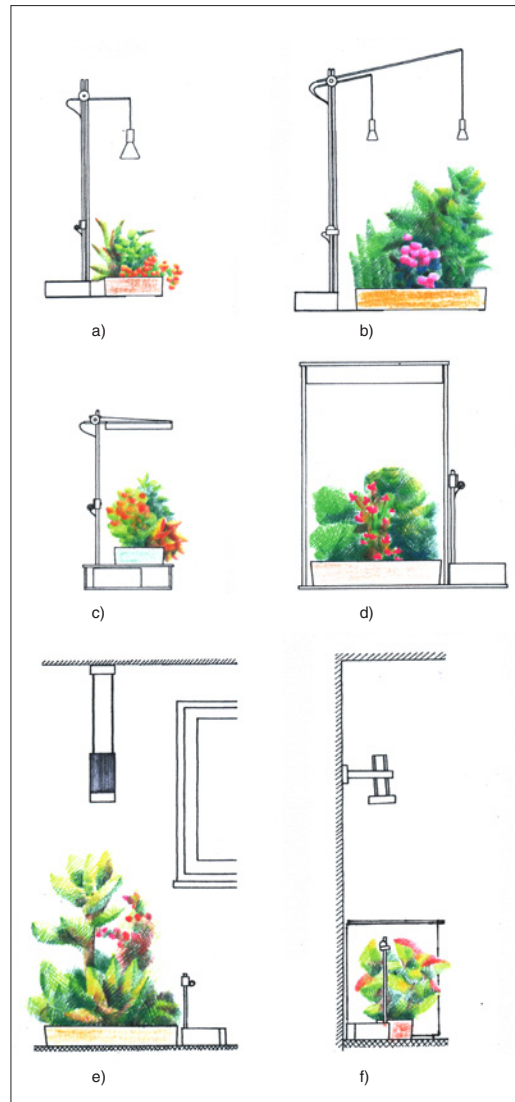
Hlasy odborníků již akceptují i některá doporučení pro osvětlování škol, dětských školek, nemocnic a kanceláří, takže v blízké budoucnosti snad potíže s dostupností zdrojů se studeným (neutrálním) a denním světlem pomínou.

U běžných zdrojů (zářivek, výbojek) s vyšší teplotou chromatičnosti (nad 5 000 K) může poklesnout podíl emitovaného záření v červené oblasti (viz tab. 1,  $IFPR = 0,33$  až  $0,38$ ). To by mohlo poněkud negativně ovlivnit indukci květů. Proto i po rozšíření používání zdrojů s vyšší teplotou chromatičnosti bude pro osvětlování rostlin dávana přednost zdrojům s teplotou chromatičnosti 4 000 až 5 000 K (s označením neutrální nebo chladně bílé, cool white, CW, 842, 942).

### Navrhování osvětlení pro rostliny

Rostliny v interiéru mají dvojí účel. V pracovních prostorách (kanceláře, kabiny a laboratoře vědeckých a vývojových pracovníků) je oceňováno především jejich psychologické působení na pracovní schopnosti a invenci v tvůrčí práci. Ve veřejně přístupných prostorách (haly, auly, přednáškové sály, obchodní kanceláře) je důležité estetické působení květin. A v domácnostech je to obojí, jak estetické, tak psychologické působení, ovlivňující hezkou životní pohodu i intenzivní odpočinek.

Podle jejich účelu jsou rostliny umístovány. Mají-li působit především na pracovní výkonnost, musí být na takovém místě, aby zasahovaly do zorného pole pracovníků ve chvílích jejich odpočinku, soustředění, přemýšlení. Umísťují se



Obr. 3. Osvětlování květinových aranžů v interiéru (a, b – stojanová svítidla, c – závěsná polička, d – nábytková stěna, e – závěsné stropní svítidlo, f – nástěnné svítidlo)

nejčastěji na nízké skříňky a jsou osvětlovány stojanovými svítidly (obr. 3a, b). Vhodné jsou i poličky upevněné na stěnách osvětlované lineárními světelnými zdroji nebo i nábytkové stěny s lineárními zářivkami (obr. 3c, d). Pro estetické účely, zvláště ve větších prostorách, jsou působivé květiny umístěny ve velkých nádobách na podlaze, nízkých parapetech nebo i květinové stěny osvětlené stropními nebo nástěnnými svítidly (obr. 3e, f). Součástí všech svítidel by měl být časový a soumrakový spínač, aby bylo možné automaticky řídit dobu zapínání a vypínání osvětlení a jeho vypnutí při dostatečném přírodním denním osvětlení.

Při navrhování osvětlení je třeba znát optimálně nebo minimálně účinné intenzity fotosynteticky aktivního záření (FAR) pro vybrané rostliny. Tyto hodnoty jsou vyjadřovány buď jako intenzita ozáření ve spektrálním pásmu 400 až 700 nm ( $W \cdot m^{-2}$  FAR), nebo jako intenzita toku fotonů v pásmu FAR, sdílených molekulám 1 mikromolu aktivních látek ( $CO_2, H_2O$ ), které vstupují do procesu asimilace. Fyzikální jednotkou intenzity toku fotonů je  $s^{-1} \cdot m^{-2}$ . Z nepochopitelných důvodů byla ale zavedena jednotka  $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ , kterou používají i výrobci světelných zdrojů určených k přisvětlování skleníkových rostlin.

Vzájemný vztah obou jednotek vyplývá z rovnic:

$$E_{FAR} = \int_{400}^{700} e_{\lambda} d\lambda$$

$$E_{mol} = \frac{1}{119,4} \int_{400}^{700} e_{\lambda} \lambda d\lambda \quad (1)$$

kde

$e_{\lambda}$  je spektrální intenzita ozáření ( $W \cdot m^{-3}$ ),  
 $E_{FAR}$  intenzita ozáření ve spektrálním pásmu 400 až 700 nm ( $W \cdot m^{-2}$ ),  
 $E_{mol}$  intenzita fotonového toku ve spektrálním pásmu 400 až 700 nm ( $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ ).

Obě hodnoty nemají k sobě konstantní poměr, protože jsou závislé na spektrálním složení záření světelných zdrojů. Právě tak nejsou v konstantním poměru s fotometrickými jednotkami (lumen, lux), jejichž prostřednictvím se provádějí světelnotechnické výpočty. Pro uvažované světelné zdroje pro osvětlování interiérových rostlin je poměr energetických a fotonových jednotek v rozmezí 0,220 až 0,231, takže v podstatě příliš nezáleží na tom, které jednotky jsou pro hodnocení fotosyntetických dějů použity. Jiná situace je ve vztahu energetických nebo fotonových jednotek k fotometrickým jednotkám. Tento vztah již značně závisí na emisním spektru světelných zdrojů.

Přepočítávací činitele energetických a fotonových jednotek na fotometrické jsou pro doporučené zdroje v tab. 1. Fotometrické hodnoty intenzity osvětlení ( $lx$ ) se vypočítají:

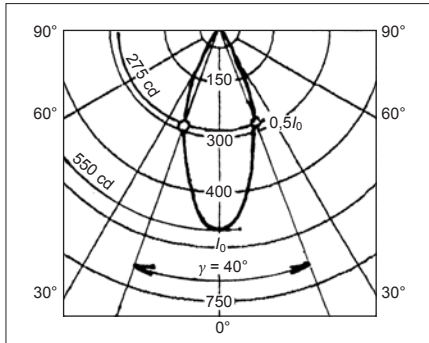
$$E_{lx} = \frac{1000 E_{FAR}}{k_{FAR}}$$

$$E_{lx} = \frac{1000 E_{mol}}{k_{mol}} \quad (2)$$

kde

$E_{lx}$  jsou výpočtové hodnoty intenzity osvětlení ( $lx$ ),  
 $E_{FAR}$  požadovaná hodnota intenzity ozáření  $W \cdot m^{-2}$  FAR,  
 $E_{mol}$  požadovaná hodnota fotonové ozářenosti  $\mu mol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ .

Pro výpočet umístění světelných zdrojů nad skupinami rostlin je důležitý také způsob hodnocení ozářenosti (osvětlenosti). Při výpočtu pracovního osvětlení se hodnotí intenzita osvětlení na pracovní ploše, zpravidla vodorovné, ale i jinak



Obr. 4. Rozložení svítivosti zdroje Master LED-spot D7 - 50 W, 4 000 K, PAR 20 40D

orientované, je-li to důležité z hlediska vytváření zrakového vjemu. Důležité je vždy to světlo, které se odráží od pozorovaného předmětu. Při osvětlování rostlin je důležité záření, které je rostlinou pohlceno. Charakteru působení světla na rostliny nejlépe odpovídá hodnotit světlo tak, jak dopadá na povrch polokoule, jejíž osa je vždy natočena ke světelnému zdroji. Protože ale vlivem indexu lomu rostlinné tkáně se při větších úhlech dopadu světla značně zvětšuje jeho odraz, bere se v úvahu, že světlo využitelné pro fotobiologické procesy dopadá na povrch kulového vrchliku o výšce  $3/5$  poloměru polokoule. Při respektování této úvahy je intenzita využitelného světla rovna  $7/10$  světla dopadajícího na plochu kolmou k dopadajícím paprskům.

Intenzita osvětlení  $E_a$  v rovině vrcholů rostlin a ve vzdálenosti  $a$  od zdroje (výpočetní bod A) se pak počítá:

$$E_a = 0,7 k_{opr}(I_\gamma/a^2) \quad (3)$$

kde

$I_\gamma$  je svítivost ve směru odkloněném o úhel  $\gamma$  od optické osy svítidla k výpočetnímu bodu,

$a$  vzdálenost výpočetního bodu A od svítidla.

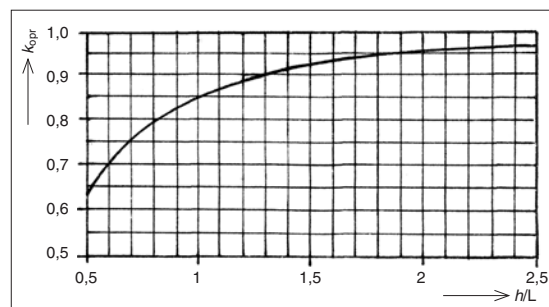
Návrh osvětlení pokojových rostlin vychází z požadavků na potřebné intenzity ozáření uvažovaných rostlin. Ty bývají udány v energetických nebo fotonových jednotkách. Jsou to vždy hodnoty pro fotosyntetické ozařování skleníkových rostlin pro zvýšení rostlinné produkce. Jsou dostupné např. na [www.dhlicht.de](http://www.dhlicht.de). Při osvětlování interiérových rostlin ale nejde o nárůst rostlinné hmoty, ale jen o udržení základních biologických potřeb pro zachování dobré kondice rostlin. Je pro ně tedy volena jen mezní hodnota ozáření, což je hodnota, která jen málo převyšuje

světelný kompenzační bod u dané rostliny (rovnovážný bod mezi fotosyntézou a dýcháním rostliny). Tato hodnota bývá asi 70 až 50 % z hodnot uváděných pro skleníkové pěstování.

Někdy je uváděno jen dělení na rostliny s vysokými, středními a nízkými světelnými nároky. V takovém případě je považováno:

- za vysokou intenzitu ozáření 6 až  $8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  FAR ( $30$  až  $40 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ),
- za střední intenzitu ozáření 3 až  $6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  FAR ( $15$  až  $30 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ),
- za nízkou intenzitu ozáření 2 až  $3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  FAR ( $10$  až  $15 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

V prostorách s omezeným pobytem lidí je možné pro udržení rostlin s malými světelnými nároky volit i nižší hodnoty (uvádí se až jen  $6 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ), ale v pracovních i v bytech by nejmenší hodnoty po přepočtu na fotometrické jednotky neměly klesnout pod  $800 \text{ lx}$ .



Obr. 5. Opravný činitel pro výpočet intenzity osvětlení přímkovými světelnými zdroji ( $h$  - výška přímkového zdroje nad osvětlovanou plochou,  $L$  - délka zdroje)

### Postup výpočtu osvětlení

Pro vybrané rostliny se stanovují potřebné intenzity ozáření ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  FAR nebo  $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ) a rovnoměrnost osvětlení  $n$ . (Ve zde popisovaném případě se rovnoměrnost osvětlení rovná poměru minimální a maximální osvětlenosti výpočetové plochy.) Rovnoměrnost by v prostorách s dlouhodobým pobytem lidí, kde mají mít rostliny i psychologický účel, měla dosahovat alespoň  $0,7$ . V prostorách s občasným pobytem lidí může být rovnoměrnost nižší, např.  $0,5$ .

Jsou-li známy požadované hodnoty, výpočet začíná převedením hodnot fotosynteticky aktivní radiace na fotometrické jednotky  $E_{lx}$  (podle tab. 1 a uvedených vzorců). Pak se stanovuje hodnota maximálního osvětlení:

$$E_{\max} = \frac{2E_{lx}}{1+n} \quad (4)$$

Z diagramu svítivosti pro zvolené svítidlo nebo reflektorový světelný zdroj se odečte svítivost pro úhel  $0^\circ$ ,  $I_0$  (cd). U svítidel jsou obvykle uváděny diagramy svítivosti s poměrnými jednotkami  $\text{cd}/1 \text{ klm}$ , takže odečtené hodnoty je nutné vynásobit

ještě celkovým světelným tokem svítidla (klm) uvedeným v katalogu. V katalogových listech není u reflektorových zdrojů vždy uveden diagram svítivosti, ale jen hodnota maximální svítivosti  $I_0$  v optické ose světelného zdroje a úhel poloviční svítivosti. To je v diagramu svítivosti vrcholový úhel kužele s osou v optické ose zdroje, jehož povrchové přímky protínají body křivky svítivosti s hodnotou  $I_0/2$ . Protože křivky diagramů svítivosti reflektorových zdrojů mají podobný průběh jako na obr. 4, je možné podle katalogových parametrů nakreslit pravděpodobný průběh diagramu svítivosti, který je potřebný pro výpočty světelného pole.

K získání hodnoty svítivosti ve směru optické osy zdroje se určí výška umístění světelného zdroje nad rostlinami  $h$ :

$$h = \sqrt{0,7 k_{opr}(I_0 / E_{\max})} \quad (5)$$

Jestliže je k osvětlování volena lineární zářivka nebo lišta LED, odečte se hodnota opravného koeficientu  $k_{opr}$  z grafu na obr. 5.

Po výpočtu výšky umístění světelného zdroje se počítají intenzity osvětlení v několika výpočetních bodech (A) výpočetové plochy. Protože květinové záhonky zpravidla bývají jen úzké, počítají se intenzity osvětlení jen v podélné ose záhonku; u širších záhonků též po jejich podélném okraji. Je-li vypočtena hodnota, která je menší než přípustné minimum

$$E_A < 2E_{lx} - E_{\max}$$

je nutné volit dva nebo více zdrojů světla. Vypočtené hodnoty od každého z nich v každém výpočetovém bodě se pak sčítají.

Po zpracování technických výpočtů je možné sestavit květinový záhonek, jeho umístění a též umístění svítidla, které splní vypočítané parametry. Pro doporučované světelné zdroje bývá zdroj zpravidla ve výšce  $40$  až  $140 \text{ cm}$  nad vrcholy rostlin.

K osvětlování rostlin zdroji o příkonu do  $25 \text{ W}$  lze volit jakékoliv stojanové svítidlo, pokud vyhovuje vypočítaným polohovým parametrům. Výhodnější by bylo ovšem volit speciální osvětlovací stojany, u nichž lze volit výšku umístění světelného zdroje a které by byly opatřeny též zařízením pro spínání a vypínání osvětlení v závislosti na denní době a intenzitě přírodního světla v místě vrcholů rostlin.

Pro osvětlování stropními nebo nástěnnými svítidly vyrábějí některé firmy (DHLicht, Paulmann, Osram) speciální svítidla. V podstatě ale lze pro stropní osvětlení použít každé svítidlo určené pro vybraný světelný zdroj (halogenidové

výbojky musí mít ve svítidle předradník), 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