

新型光源 LED 辐射的不同光质配比光对菊花组培苗生长的影响

邸秀茹¹, 焦学磊¹, 崔瑾², 刘晓英¹, 孔燕³, 徐志刚^{1,*}

南京农业大学¹农学院, ²生命科学学院, ³园艺学院, 南京 210095

摘要: 采用新型光源 LED 辐射的红光[R, (658±20) nm]、远红光[Fr, (715±20) nm]和蓝光[B, (460±20) nm], 观测不同红光/远红光(R/Fr)和红光/蓝光(R/B)配比光对菊花组培苗生长的影响。试验结果表明: 红光处理的植株最高, 根较长。远红光和蓝光处理的植株矮小, 根短细。类胡萝卜素含量与 R/Fr 比率呈负相关, 叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素(a+b)、类胡萝卜素含量与 R/B 比率也呈负相关。叶绿素 a/b 比值与 R/Fr 和 R/B 比率呈正相关。红光有利于可溶性糖和淀粉的积累, 降低色素含量。而蓝光能够逆转此效应, 可促进色素和可溶性蛋白的合成。红光和蓝光组合处理的叶中可溶性糖和淀粉含量以及根系活力均高于白光处理的, 尤以高 R/B 配比光处理的组培苗生长健壮, 移栽成活率最高。

关键词: 发光二极管; 光质; 红光/蓝光; 红光/远红光; 菊花

Effects of Different Light Quality Ratios of LED on Growth of Chrysanthemum Plantlets *in vitro*

DI Xiu-Ru¹, JIAO Xue-Lei¹, CUI Jin², LIU Xiao-Ying¹, KONG Yan³, XU Zhi-Gang^{1,*}

¹College of Agriculture, ²College of Life Sciences, ³College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: The effects of different ratios of Red [R, (658±20) nm]/Far-red [Fr, (715±20) nm] and Red/Blue [B, (460±20) nm] generated by light emitting diodes (LED) on growth of chrysanthemum (*Dendranthema morifolium*) plantlets *in vitro* were studied. As the results showed, red LED promoted the growth of chrysanthemum plantlets and increased root length, contrary to far-red LED and blue LED. Carotenoid content was negatively related to R/Fr ratios. The contents of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll (a+b) and carotenoid were also negatively related to R/B ratios. Chlorophyll a/b ratios were correlated with R/B and R/Fr ratios positively. Red LED promoted the accumulation of soluble sugar and starch, but decreased pigment contents. On the contrary, blue LED enhanced the synthesis of pigment contents and soluble proteins. Both the contents of soluble sugar, starch in leaves and the root activity were higher under the complex light of red and blue LED than those under the fluorescent light. Especially, the plantlets grew more stronger and the highest survival rate of transplanted plantlets were observed under the light of high R/B ratio.

Key words: light emitting diodes (LED); light quality; R/B; R/Fr; chrysanthemum [*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.]

光质对植物的生长、形态建成、光合作用、物质代谢以及基因表达均有调控作用(Naoya 等 2002)。植物对光的颜色, 尤其是对红、远红和蓝 3 种光极其敏感。植物生长所需的光合有效辐射(PAR)在波长 400~700 nm 之间, 其中在蓝光区(约 450 nm)和红光区(约 650 nm)的光合效率最高。红光与蓝光组合的光谱能量分布与叶绿素吸收光谱一致, 因此可以通过增加净光合速率促进植物的生长和发育(Goins 等 1997)。光谱中红光与远红光光通量的比值(R/Fr)对植物形态建成和植株高度都有影响。R/Fr 比值已成为控制植株形态的一个评价参数(刘再亮等 2004)。但目前一些探究 R/B 比率以及 R/Fr 比率的光质研究中, 大都采用肉眼区分颜色

的有色农膜、转光膜或有色荧光灯一类的方法, 由此得到的各种光质纯度并不相同, 致使相同比值得出的结果不一定可靠。而新型光源发光二极管(light emitting diodes, LED)发射的窄单色红光光谱和蓝光光谱与光合色素, 尤其是叶绿素 a、b 的吸收波长是相匹配的, 而且 LED 光源可区分出不同的光质(吴沿友等 2007)。已经有人尝试用 LED 光源对植物进行补充光照的报道(唐凤鸾等 2007), 而采

收稿 2008-03-31 修定 2008-06-10

资助 国家“863”计划(2006AA03A165)和江苏省自然科学基金(BK2004107)。

* 通讯作者(E-mail: xuzhigang@njau.edu.cn; Tel: 025-81581355)。

用LED辐射产生的不同光质光进行不同配比组合成光影响组培苗生长发育和生理指标的报道尚未见。本文采用红光、远红光和蓝光不同配比组合光照射菊花组培苗,探究不同比例的红光/蓝光和红光/远红光对其生长的影响,同时为光生物学研究中采用LED作为光照提供参考。

材料与方法

菊花[*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.]为南京农业大学花卉研究所提供的切花组培苗;LED光源由本校农学院采用厦门华联电子有限公司生产的红光[(658±20) nm]、远红光[(715±20) nm]和蓝光[(460±20) nm]半导体灯自主制成,以华电公司制造的电工牌管状荧光灯作为白光对照(表1)。

试验于2008年1~3月在本校组培室进行。三叶一心,株高1.5 cm左右的菊花组培苗接种在1/2MS+25 g·L⁻¹蔗糖+6 g·L⁻¹琼脂的生根培养基上,玻璃培养瓶容积为350 mL,每瓶6株。高压灭菌前调节pH至5.8。培养室中相对湿度为(75±5)%,温度为(25±2)℃。预培养3 d后,随机将组培苗放置在不同光质配比光的光照系统中,荧光灯作为白光对照,共计9个处理,每处理12瓶。调节电流、占空比以及光源与植株的距离,光照强度均调为40 μmol·m⁻²·s⁻¹左右,而远红光灯发光效率低,光照强度仅为4 μmol·m⁻²·s⁻¹。光照时间为16 h·d⁻¹,培养30 d结束后,取出菊花组培苗测定株高、叶片数、节间数和根长等形态指标,并称鲜重后,放入105℃烘箱中杀青15 min,烘干至恒重,称干重。取干样品,用蒽酮法测定可溶性糖和淀粉含量;以无水乙醇丙酮提取法测定叶中叶绿素和类胡萝卜素含

量;冰浴研磨新鲜叶片,离心后取上清液,以考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量。随机取出各光质处理下20株菊花组培苗驯化炼苗移栽,20 d后统计移栽成活率。以上方法均引自李合生(2003)一书。实验均重复3次。用SAS进行方差分析,LSD进行多重比较 $P<0.05$ 。

结果与讨论

1 不同光质配比光对菊花组培苗生长的影响

如表2所示,R/B组合光质光处理的菊花组培苗单株叶片数(11片·株⁻¹)和节间数(11个·株⁻¹)均高于白光处理的,且显著大于其他光质光处理的组培苗。红光及R/Fr组合处理的菊花组培苗株高显著高于其他光质光处理的组培苗。低R/B和中R/Fr配比光处理的组培苗根数(5根·株⁻¹)显著多于红光、远红光及白光处理的组培苗根数(3根·株⁻¹)。蓝光和远红光处理的菊花根较短,显著低于其他光质光处理的菊花根。菊花的鲜重和干重与R/B和R/Fr比率均呈正相关,即随着R/B和R/Fr比率的降低而减少。总之,红光有利于植物茎和根的伸长生长,促进植株形态建成,远红光和蓝光处理的植株矮小,根短细。

2 不同光质配比光对菊花组培苗叶中色素含量的影响

从表3可见,菊花叶中的叶绿素a、叶绿素b、叶绿素(a+b)、类胡萝卜素含量以蓝光处理为最高,红光处理的较低,远红光处理的叶中色素含量最低。菊花叶中的类胡萝卜素含量与R/Fr比率呈负相关,这与徐凯等(2005)在草莓中的结果相同,但叶绿素a、叶绿素b、叶绿素(a+b)和类胡萝卜素含量与R/B比率呈负相关的结果不同,这可能与其

表1 LED辐射不同R/B和R/Fr配比光的主要技术参数

Table 1 Major technique parameters of different R/B and R/Fr ratios generated by LED

处理	光质配比组合	峰值波长/nm	光照强度/μmol·m ⁻² ·s ⁻¹
R	红光	658	40
R/B H	高红光/蓝光(R/B 9:1)	658/460	40
R/B L	低红光/蓝光(R/B 3:1)	658/460	40
B	蓝光	460	40
R/Fr H	高红光/远红光(R/Fr 2:1)	658/715	40
R/Fr M	中红光/远红光(R/Fr 1:1)	658/715	40
R/Fr L	低红光/远红光(R/Fr 1:2)	658/715	40
Fr	远红光	715	4
W	白光	380~750	40

表2 不同 R/B 和 R/Fr 配比光对菊花组培苗生长的影响

Table 2 Effects of different R/B and R/Fr ratios on growth of chrysanthemum plantlets

处理	单株叶片数/片	节间数/个	株高/cm	根数/根	根长/cm	鲜重/g	干重/g
R	10 ^b	9 ^b	8.083 ^a	3 ^b	4.600 ^a	2.476 ^a	0.189 ^a
R/B H	11 ^a	10 ^a	4.500 ^b	4 ^{ab}	4.267 ^a	2.453 ^a	0.180 ^{ab}
R/B L	11 ^a	10 ^a	4.167 ^b	5 ^a	4.533 ^a	2.241 ^a	0.171 ^{ab}
B	10 ^b	9 ^b	3.367 ^c	4 ^{ab}	3.433 ^b	1.931 ^a	0.147 ^b
R/Fr H	9 ^b	8 ^a	8.100 ^a	3 ^b	4.633 ^a	1.810 ^{bc}	0.179 ^a
R/Fr M	9 ^b	8 ^a	7.833 ^a	5 ^a	5.167 ^a	1.773 ^{bc}	0.134 ^d
R/Fr L	9 ^b	8 ^a	7.333 ^a	4 ^{ab}	4.433 ^a	1.564 ^c	0.121 ^c
Fr	5 ^c	4 ^c	3.033 ^b	3 ^b	3.067 ^b	0.877 ^d	0.066 ^f
W	10 ^b	9 ^b	3.367 ^b	3 ^b	4.567 ^a	2.012 ^{ab}	0.149 ^c

同列中相同小写字母表示在 5% 水平上差异不显著, 下表同此。

表3 不同 R/B 和 R/Fr 配比光对菊花组培苗叶中色素含量的影响

Table 3 Effects of different R/B and R/Fr ratios on pigment contents of chrysanthemum plantlets

处理	叶绿素 a 含量/mg·g ⁻¹ (FW)	叶绿素 b 含量/mg·g ⁻¹ (FW)	叶绿素(a+b)含量/mg·g ⁻¹ (FW)	类胡萝卜素含量/mg·g ⁻¹ (FW)	叶绿素 a/b
R	0.971 ^b	0.808 ^b	2.779 ^{bc}	0.543 ^{bc}	2.439 ^a
R/B H	2.383 ^{ab}	1.182 ^{ab}	3.565 ^{ab}	0.621 ^{ab}	2.023 ^{abc}
R/B L	2.563 ^a	1.371 ^{ab}	3.935 ^a	0.633 ^{ab}	1.923 ^{abc}
B	2.638 ^a	1.598 ^a	4.236 ^a	0.646 ^a	1.728 ^{bc}
R/Fr H	2.217 ^{ab}	0.998 ^{ab}	3.216 ^{abc}	0.584 ^{ab}	2.255 ^{ab}
R/Fr M	2.170 ^{ab}	0.993 ^{ab}	3.163 ^{abc}	0.585 ^{ab}	2.209 ^{ab}
R/Fr L	2.246 ^{ab}	1.051 ^{ab}	3.298 ^{abc}	0.588 ^{ab}	2.191 ^{ab}
Fr	1.307 ^c	0.871 ^b	2.178 ^c	0.488 ^c	1.497 ^c
W	2.215 ^{ab}	1.015 ^{ab}	3.230 ^{abc}	0.601 ^{ab}	2.182 ^{ab}

采用光质膜导致光质不纯有关。叶绿素 a/b 比值与 R/B 和 R/Fr 比率均呈正相关。

3 不同光质配比光对菊花组培苗可溶性糖、淀粉和可溶性蛋白含量及根系活力和移栽成活率的影响

由表 4 可见, 红光照射的叶片中淀粉和可溶性

糖含量较高, 高 R/B 配比光照射的叶中可溶性糖含量最高, 由此表明, 红光有利于叶中可溶性糖和淀粉的积累, 如果红光补充一定量的蓝光则更有利。红光、蓝光和远红光照射的叶中可溶性糖和淀粉含量均高于白光的。蓝光有利于蛋白质合成。低

表4 不同 R/B 和 R/Fr 配比光对菊花组培苗可溶性糖、淀粉和可溶性蛋白的含量以及根系活力和移栽成活率的影响

Table 4 Effects of different R/B and R/Fr ratios on the contents of soluble sugar, starch and soluble proteins, root activity and survival rate of transplanted chrysanthemum plantlets

处理	可溶性糖含量/mg·g ⁻¹ (DW)	淀粉含量/mg·g ⁻¹ (DW)	可溶性蛋白含量/mg·g ⁻¹ (FW)	根系活力/μg·g ⁻¹ ·h ⁻¹	移栽成活率/%
R	8.973 ^a	4.362 ^a	3.857 ^b	70.789 ^f	55
R/B H	9.580 ^a	1.650 ^b	4.502 ^{cde}	85.028 ^c	90
R/B L	5.003 ^{bc}	0.994 ^{de}	4.442 ^{cde}	79.484 ^d	85
B	5.693 ^{bc}	1.519 ^{bc}	6.292 ^a	59.484 ^g	70
R/Fr H	5.207 ^{bc}	1.257 ^{cd}	3.492 ^e	71.495 ^f	50
R/Fr M	7.090 ^{ab}	1.213 ^d	4.949 ^{bcd}	87.039 ^b	55
R/Fr L	3.446 ^c	0.994 ^{de}	5.039 ^{abc}	91.278 ^a	60
Fr	6.605 ^{ab}	0.907 ^c	3.696 ^{de}	43.235 ^h	30
W	4.964 ^{bc}	0.732 ^e	6.072 ^{ab}	77.147 ^e	80

R/Fr、中 R/Fr 和高 R/B 配比光处理的菊花组培苗根系活力较大, 而远红光和蓝光处理的根系活力显著低于其他光质光处理的。高 R/B 配比光处理的菊花组培苗移栽成活率最高。总之, 一定配比的红光、蓝光与远红光组合可促进植株正常发育, 提高根系活力和移栽成活率。

参考文献

- 李合生(2003). 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社
- 刘再亮, 马承伟, 杨其长(2004). 设施环境中红光与远红光比值调控的研究进展. 农业工程学报, 20 (1): 270~273
- 唐凤鸾, 黄宁珍, 黄志民, 付传明(2007). 自然光照下补照不同光质光对马蹄莲光合速率及生长的影响. 植物生理学通讯, 43 (5): 879~881
- 吴沿友, 刘健, 胡永光, 赵玉国, 李国祥(2007). 发光二极管作为组培光源的特性分析与应用. 江苏大学学报(自然科学版), 28 (2): 93~96
- 徐凯, 郭延平, 张上隆(2005). 不同光质对草莓叶片光合作用和叶绿素荧光的影响. 中国农业科学, 38 (2): 369~375
- Goins GD, Yorio NC, Sanwo MM, Brown CS (1997). Photomorphogenesis, photosynthesis, and seed yield of wheat plants grown under red light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental blue lighting. J Exp Bot, 48: 1407~1413
- Naoya F, Mitsuko KY, Masami U, Kenji T, Sadanori S (2002). Effects of light quality, intensity and duration from different artificial light sources on the growth of petunia (*Petunia x hybrida* Vilm.). J Jpn Soc Hortic Sci, 71: 509~516