

王 政,马 杰,何松林,等. LED 光源不同比例光质对红叶石楠组培苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(7):152-155.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.07.037

LED 光源不同比例光质对红叶石楠组培苗生长的影响

王 政¹, 马 杰¹, 何松林^{1,2}, 贺 丹¹, 尚文倩¹, 王慧霞¹

(1. 河南农业大学林学院,河南郑州 450002; 2. 河南科技学院园艺园林学院,河南新乡 453003)

摘要:以红叶石楠“红罗宾”试管组培苗为材料,以普通荧光灯光源为对照(CK),研究 100% R、80% R + 20% B、70% R + 30% B、50% R + 50% B、100% B 等 5 种红(R)、蓝(B)不同比例光质发光二极管(LED)光源对红叶石楠组培苗生长的影响。结果表明,LED 光源为全红光(100% R)时红叶石楠组培苗的株高相对较高,为 22.0 cm,整株干质量、鲜质量相对较大,分别为 201.3、46.6 mg/株;LED 光源为 80% R + 20% B 时,红叶石楠组培苗的叶长相对较长,为 24.9 mm;光源为 70% R + 30% B 时,红叶石楠组培苗的叶宽、根数、根长、地上部干物率、叶绿素(SPAD 值)、根系活力等指标值相对较大,分别为 10.7 mm、3.6 根、62.9 mm、25.53%、67.0、10.5 mg/(g·h),叶片下表皮气孔面积和开放程度优于其他处理;光源为传统的三基色荧光灯时,红叶石楠组培苗的叶片数相对较多,为 13.9 张。因此,LED 红光、蓝光以 70% R + 30% B 进行处理时有助于红叶石楠组培苗的生长。

关键词:红叶石楠;LED;荧光灯;组培苗;光质;气孔特征

中图分类号:S687.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)07-0152-04

植物生长发育主要受遗传信息和环境信息调控,遗传信息决定个体发育的潜在模式,在很大程度上受控于环境信息^[1]。光是农作物生长发育的必要条件,光环境的改变往往能够引起植物生长环境中其他影响因子的改变^[2]。光环境对植物生长的影响主要有光照度、光质、光照周期等 3 个方面,其中光质是影响植物生长发育及品质形成的重要因素^[3]。植物对可见光的吸收波长主要集中在 400~510 nm 的蓝紫光区和 610~720 nm 的红橙光区,使用红色、蓝色发光二极管(light emitting diode,简称 LED)作为光源就可以培养植物^[4-5]。

LED 是一种新型光源,具有光能利用效率高、光谱窄、耗能低、体积小、寿命长、无污染等优点^[6],可控制其辐射光谱全部为红光、蓝光波段,并根据不同植物对红蓝光质比的不同需求进行调整,使其辐射能量完全被植物吸收利用,生物能效大大提高^[1]。近年来,LED 在白掌、红掌、草莓、铁皮石斛等多种植物的组培上已广泛应用^[7-10],而目前有关红叶石楠组织培养方面的研究大多集中在外植体消毒方法、培养基选择、愈伤组织诱导等方面^[11-14],关于 LED 光源不同比例光质对其生长影响的研究还鲜见报道。本试验以红叶石楠试管组培苗为材料,研究 LED 不同红蓝光质比例对其形态和生理特性的影响,以探讨适宜红叶石楠组培苗生长的最佳光质,以期为高品质红叶石楠组培苗的商业化生产提供理论依据和技术参考。

收稿日期:2018-01-16

基金项目:国家科技成果转化资金(编号:2012D0001018);河南省产学研项目(编号:162107000068);河南省高校科技创新团队支持计划(编号:13IRTSTHN005)。

作者简介:王 政(1980—),男,河南南阳人,博士,副教授,硕士生导师,从事园林植物生物技术研究。E-mail:wzhengt@163.com。

通信作者:何松林,博士,教授,博士生导师,从事园林植物生物技术研究。E-mail:hsl213@yeah.net。

1 材料与方法

1.1 试验材料的准备

红叶石楠“红罗宾”(Photinia × fraseri ‘Red Robin’)组培苗,高约 1.5 cm,于 2017 年 4 月 17 日购自河南省鄱陵北方花卉集团。将购买的组培苗接种于 MS + 6-苄氨基腺嘌呤(6-BA) 1.0 mg/L + α-萘乙酸(NAA) 0.2 mg/L + 蔗糖 30.0 g/L + 琼脂 8.0 g/L、pH 值为 5.8 的固体培养基上,接种容器为 250 mL 三角瓶,在温度为(25 ± 1)℃、光照度为 25 μmol/(m²·s)、光照时间为 16 h/d 的常规培养条件下增殖培养 20 d;按组培苗大小进行分级,转入新的培养基上进行继代培养 30 d;选取生长状况及规格基本一致、株高约 2.5 cm 的组培苗作为供试材料。LED 光照培养箱^[15],由河南农业大学林学院园林植物实验室自主研发;以普通荧光灯为光源的培养箱,购自宁波莱福科技有限公司。

1.2 试验处理

根据不同红(R)、蓝(L)光质比例,试验共设置 5 种 LED 光源处理,分别为 100% R、80% R + 20% B、70% R + 30% B、50% R + 50% B、100% B,以普通荧光灯作对照(CK)。将选取出的组培苗接种到 1/2MS + NAA 0.5 mg/L + 吲哚乙酸(IAA) 0.5 mg/L + 蔗糖 30.0 g/L + 琼脂 8.0 g/L + 活性炭 0.8 g/L、pH 值为 5.8 的生根培养基上,每个 250 mL 三角瓶中接种 5 株,每个处理接种 10 瓶;置于不同光源的光照培养箱内进行培养 60 d,培养温度为(25 ± 1)℃,光照度为 25 μmol/(m²·s),光照时数为 14 h/d,光照时段为 06:00—20:00。

1.3 测定内容及方法

1.3.1 形态及生物指标 随机选取 15 株组培苗,采用直尺分别测量株高、自下而上第 3 张叶片的叶长、叶宽及最长根长,统计根数、叶片数;采用天平分别称量整株、地上部、根部的鲜、干物质质量,统计整株、地上部、根部干物率。测定干物

质质量时,用剪刀将组培苗的根全部剪下,分地上部、根部分别进行烘干、称量。烘干时,先将植物材料在 105 ℃ 杀青 30 min,再在恒温干燥箱中 60 ℃ 加热干燥 48 h。

1.3.2 叶绿素含量(SPAD 值) 使用美国产 Minoita SPAD 502 叶绿素仪测定组培苗自下而上第 3 张叶片的 SPAD 值,每张叶片重复 3 次,取平均值。

1.3.3 叶片下表皮气孔 采用 Dami 等的指甲油印模法^[16]观察叶片下表皮气孔,在 10×4 倍光学显微镜下,每个处理随机选取 10 个视野观察统计叶片下表皮的的气孔密度,在 10×10 倍光学显微镜下,随机选取 10 个气孔,测定气孔的长度和宽度。

1.3.4 根系活力 采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法^[17]测定根系活力。

1.4 数据统计分析

采用 DPS 3.01、Excel 2003 软件对试验数据进行处理统计;采用邓肯氏新复极差测验法(SSR 法)进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗形态及生物指标的影响

2.1.1 形态及质量 由表 1 可知,100% R 光源下红叶石楠组培苗植株株高相对较高,为 22.0 cm,其后依次为 CK、80% R+20% B、50% R+50% B、70% R+30% B,100% B 光源下组培苗株高相对较矮,为 16.0 cm;以 PGF 为光源的红叶石楠组培苗的叶片相对较多,为 13.9 张;5 个 LED 光源处理的组培苗的叶长、叶宽、根长基本上均高于对照,根数也相对较多,其中,70% R+30% B 光源处理的组培苗叶宽、根数、根长等指标值相对较大,分别为 10.7 mm、3.6 根、62.9 mm,80% R+20% B 光源处理的组培苗叶长相对较长,为 24.9 mm;100% R 光源处理的红叶石楠组培苗整株干质量、鲜质量相对较高,分别为 201.3、46.6 mg/株,其次为 70% R+30% B 光源处理,与 100% R 光源处理的相互间差异不显著,显著高于其他 4 个处理($P<0.05$)。

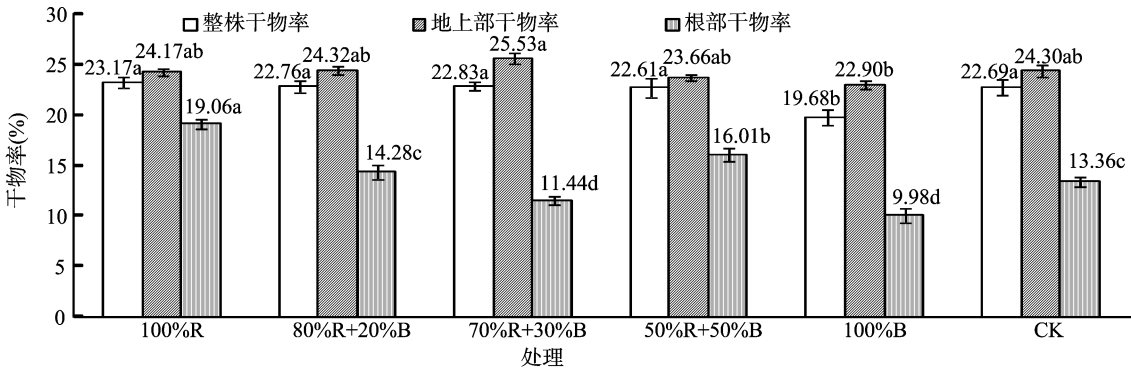
表 1 LED 光源不同比例光质下红叶石楠组培苗形态及生物指标

处理	株高 (cm)	叶片数 (张)	叶长 (mm)	叶宽 (mm)	根数 (根)	根长 (mm)	鲜质量(mg/株)			干质量(mg/株)		
							整株	地上部	根部	整株	地上部	根部
100% R	22.0a	10.5b	22.2abc	8.6ab	3.2a	60.0a	201.3a	160.4a	40.9a	46.6a	38.8b	7.8a
80% R+20% B	20.3ab	10.9ab	24.9a	9.7ab	3.4a	50.1b	151.2c	126.6b	24.6b	34.3c	30.8c	3.5b
70% R+30% B	18.3bc	11.9ab	23.8ab	10.7a	3.6a	62.9a	197.4a	159.0a	38.4a	45.0a	40.6a	4.4b
50% R+50% B	20.3ab	10.9ab	20.3c	9.8ab	2.8a	46.0b	179.8b	153.0a	26.8b	40.6b	36.2b	4.3b
100% B	16.0c	12.1ab	20.6bc	8.6ab	3.6a	50.0b	173.1b	130.0b	43.1a	34.1c	29.8c	4.3b
CK	20.8ab	13.9a	19.8c	8.4b	3.1a	47.0b	140.1c	111.0c	29.1b	31.8c	27.9c	3.9b

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。表 2 同。

2.1.2 干物率 由图 1 可知,100% R 光源处理的红叶石楠组培苗根部干物率相对较大,为 19.06%,显著高于其他处理($P<0.05$);70% R+30% B 光源处理的组培苗地上部干物率相对较大,为 25.53%,100% B 光源处理的地上部干物率最低,为 22.90%,两者之间差异显著($P<0.05$);80% R+

20% B 光源处理的组培苗整株干物率相对较大,为 22.76%,除与 100% B 处理差异显著外,与其他处理相互间差异不显著。综合而言,在 100% R、80% R+20% B、70% R+30% B 光源处理即红光比例大时,更有利于红叶石楠组培苗的生长及干物质的积累。



柱形图上数据后不同小写字母表示不同光源处理间差异显著 ($P<0.05$)。图 2、图 3 同
图1 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗干物率的影响

2.2 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗叶绿素含量的影响

由图 2 可知,与 CK 相比,5 种不同光质比例 LED 光源处理的红叶石楠组培苗的叶绿素含量相对较高,其中,70% R+30% B 光源处理的红叶石楠组培苗叶绿素含量最高,其 SPAD 值为 67.0,显著高于其他处理($P<0.05$)。因此,LED

光源 70% R+30% B 处理更有利于组培苗叶绿素的合成,效果相对最佳。

2.3 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗根系活力的影响

植物根系虽然不直接受光的照射,但会受到植物光环境及光受体调节的影响,由植物地上部作用到地下根系,进而实现对植株生长发育的调控。由图 3 可知,在 LED 光源下,随

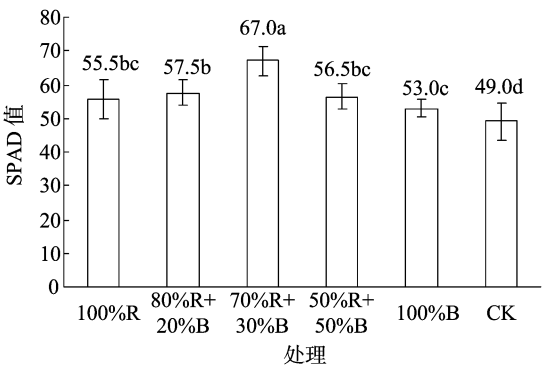


图2 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗叶绿素含量的影响

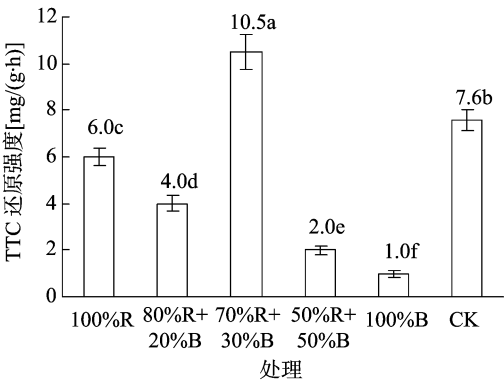
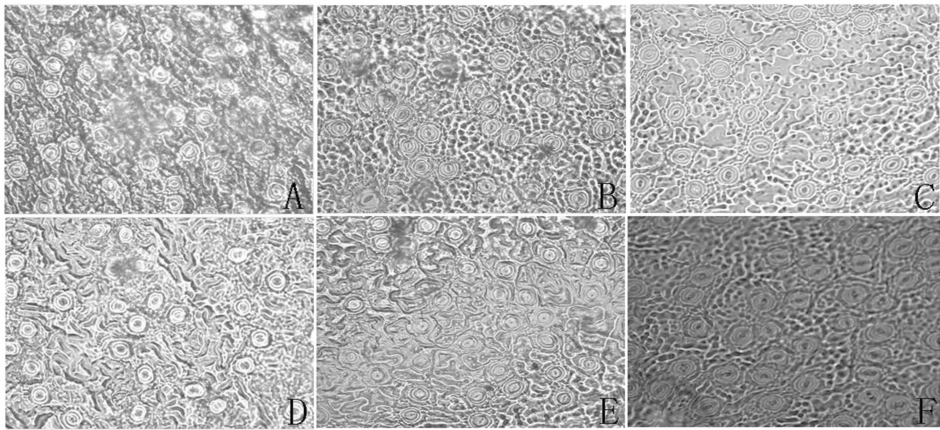


图3 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗根系活力的影响



A—100%R; B—80%R + 20%B; C—70%R + 30%B; D—50%R + 50%B; E—100%B; F—CK

图4 不同光质比例光源下红叶石楠组培苗的叶片气孔特征

3 结论与讨论

光作为植物生长发育的一个环境因子,除光照度、光照时间会对植物生长发育产生影响外,光质也是影响植物生长发育的一个重要因子。本试验将红叶石楠组培苗置于不同光质比例的 LED 光源下进行培养,研究其对红叶石楠组培苗生长发育的影响,结果表明,全红光处理(100% R)的红叶石楠组培苗,其植株株高相对较高,而全蓝光处理(100% B)的组培苗植株株高相对较矮,说明红光对红叶石楠植株的生长有促进作用,而蓝光有一定的抑制作用,这与尚文倩等的研究结论^[10,18-21]吻合;除叶片数外,70% R + 30% B 光源处理的石楠组培苗叶宽、根数、根长等形态指标相对较大,这与张婕等

红光比例的降低,红叶石楠组培苗根系活力大致呈先增加后降低的趋势,70% R + 30% B 光源处理时根系活力最高,其相应指标值为 10.5 mg/(g · h),显著高于其他处理($P < 0.05$);在单一光色光源作用下,红光处理显著优于蓝光,说明红光能明显促进红叶石楠组培苗根系活力的提高。

2.4 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗叶片气孔特征的影响

由表 2、图 4 可知,各处理的组培苗叶片下表皮细胞的气孔密度和单孔大小差异相对较小;随着红光比例的降低,气孔密度大致呈先增加后降低的趋势,单一红光作用的气孔密度优于单一蓝光;50% R + 50% B 光源处理的气孔大多处于开放状态,70% R + 30% B 光源处理的气孔大多处于开放或半开放状态,而其他处理的气孔开度明显减小,多数处于半关闭或关闭状态。

表 2 不同光质比例光源对红叶石楠组培苗叶片气孔特征的影响

处理	气孔密度 (个/mm ²)	单孔大小 [长(μm) × 宽(μm)]
100% R	37.3a	37.4a × 31.2b
80% R + 20% B	29.6c	40.4a × 29.5d
70% R + 30% B	36.5a	39.0a × 34.3abc
50% R + 50% B	25.4d	37.9a × 35.8ab
100% B	33.3b	38.4a × 32.5bcd
CK	37.2a	40.6a × 38.2a

的研究结果^[22-23]一致;100% R、70% R + 30% B 光源处理的石楠组培苗整株干质量、鲜质量及干物率相对较高,说明适宜的红光有利于红叶石楠组培苗干物质的积累,这与张立伟等的研究结果^[24-25]一致。

叶绿素是植物进行光合作用的物质基础,其含量高低与组成将会影响叶片的光合速率大小。本试验结果表明,以红光为主的 70% R + 30% B 光源处理红叶石楠组培苗,其叶绿素含量相对较高,显著高于其他处理($P < 0.05$),这与王政等的研究结论^[26-29]较为吻合。在根系活力方面,70% R + 30% B 光源处理的红叶石楠组培苗根系活力相对较高,显著优于 80% R + 20% B、50% R + 50% B 处理,且单一红光处理明显优于单一蓝光,说明红光对根系活力有一定的促进作用,这与

尚文倩等的研究结论^[30-31]一致。许莉等研究表明,不同光谱能够诱导叶片中保卫细胞叶绿体产生隐花色素和光敏色素,从而感应不同光质成分以调节叶片气孔大小和数量^[32-34]。本试验结果表明,以红光为主的70% R+30% B光源处理红叶石楠组培苗,其气孔密度相对较大,且大多处于开放或半开放状态,这有利于光合作用的进行。Hogewoning等研究表明,随蓝光剂量的增加,红蓝组合光下的黄瓜叶片近轴端气孔数量增加,植物气孔对蓝光刺激反应更为灵敏^[35],本试验研究结论与之不一致,可能与选择观察的气孔位置不同有关。

因此,与单一红光、蓝光、白色荧光相比,LED以红、蓝光不同光质配比为光源培养红叶石楠组培苗相对更具优势,其中,以70% R+30% B处理最佳,可以明显改善红叶石楠组培苗的生长状况,提高组培苗品质。

参考文献:

- [1]陈 娴.不同LED光源对韭菜生理特性及品质的影响[D].泰安:山东农业大学,2012.
- [2]高 波.不同LED光质和营养液对芹菜生长、产量、品质及光合特性的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2015.
- [3]高荣孚,张鸿明.植物光调控的研究进展[J].北京林业大学学报,2002,24(5):235-243.
- [4]Schuerger A C, Brown C S, Stryjewski E C. Anatomical features of pepper plants(*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light[J]. Annals of Botany, 1997, 79(3):273-282.
- [5]曹 刚,张国斌,郁继华,等.不同光质LED光源对黄瓜苗期生长及叶绿素荧光参数的影响[J].中国农业科学,2013,46(6):1297-1304.
- [6]陈光彩.LED光源下香蕉和桉树组培苗的生根培养[D].湛江:广东海洋大学,2015.
- [7]陈星星,邵秀丽,何松林.LED光源不同光质比对白掌组培苗生长的影响[J].北方园艺,2015(6):86-89.
- [8]陈 颖,王 政,纪思羽,等.LED光源不同光质比例对红掌试管苗生长的影响[J].江西农业大学学报,2013,35(2):375-380.
- [9]Nhut D T, Takamura T, Watanabe H, et al. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs)[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 2003, 73(1):43-52.
- [10]尚文倩,王 政,侯甲男,等.不同红蓝光质比LED光源对铁皮石斛试管苗生长的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(5):155-159.
- [11]刘君宜.小叶红叶石楠组培快繁体系建立及愈伤组织诱导[D].武汉:华中农业大学,2013.
- [12]李素华.石楠和红叶石楠组织培养与扦插繁殖研究[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [13]杨 雪,吴国盛,范加勤.红叶石楠组培苗玻璃化影响因素及其克服技术研究[J].江西农业大学学报,2009,31(5):906-910.
- [14]李际红,韩小娇,卢胜西,等.红叶石楠生根培养与根系活力的研究[J].园艺学报,2006,33(5):1129-1132.
- [15]郑卫杰.高效节能组培系统的研发及在园林植物组培中的应用[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [16]Dami I, Hughes H G. Effects of PEG-induced water stress on *in vitro* hardening of 'Valiant' grape[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 1997, 47(2):97-101.
- [17]邹 琦.植物生理学试验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:51-78.
- [18]张 欢.光环境调控对植物生长发育的影响[D].南京:南京农业大学,2010.
- [19]孙庆丽,陈 志,徐 刚,等.不同光质对水稻幼苗生长的影响[J].浙江农业学报,2010,22(3):321-325.
- [20]侯甲男,王 政,尚文倩,等.CCFL光源不同光质比对铁皮石斛原球茎增殖及试管苗生长的影响[J].河南农业科学,2013,42(1):86-89,101.
- [21]闫新房.新型组培光源的开发及其在牡丹组织培养中的应用[D].郑州:河南农业大学,2009.
- [22]张 婕,高亦珂,何 琦,等.发光二极管(LED)在菊花组织培养中的应用研究[C]//中国园艺学会观赏园艺专业委员会2008年学术年会论文集,2008.
- [23]唐大为,张国斌,张 帆,等.LED光源不同光质对黄瓜幼苗生长及生理生化特性的影响[J].甘肃农业大学学报,2011,46(1):44-48.
- [24]张立伟,刘世琦,张自坤,等.不同光质下香椿苗的生长动态[J].西北农业学报,2010,19(6):115-119.
- [25]谢以萍,杨再强,苏天星,等.不同光质对瓜叶菊生长发育的影响[J].北方园艺,2010(3):53-56.
- [26]王 政,张丹丹,刘艳楠,等.不同光源处理对非洲菊组培苗生长的影响[J].河南农业科学,2016,45(7):96-100.
- [27]Miyashita Y T, Kimura Y, Kitaya C, et al. Effects of red light on the growth and morphology of potato plantlets *in vitro*: using light emitting diodes (LEDs) as a light source for micropropagation[J]. Acta Horticulturae, 1997, 418:169-173.
- [28]刘文科,杨其长,邱志平,等.LED光质对豌豆苗生长、光合色素和营养品质的影响[J].中国农业气象,2012,33(4):500-504.
- [29]王 虹,姜玉萍,师 恺,等.光质对黄瓜叶片衰老与抗氧化酶系统的影响[J].中国农业科学,2010,43(3):529-534.
- [30]尚文倩,王 政,何松林,等.不同红蓝光质比和光照度对金娃娃萱草试管苗生长的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(7):90-96.
- [31]陈文昊,徐志刚,刘晓英,等.LED光源对不同品种生菜生长和品质的影响[J].西北植物学报,2011,31(7):1434-1440.
- [32]许 莉,尉 辉,齐连东,等.不同光质对叶用莴苣生长和品质的影响[J].中国果菜,2010(4):19-22.
- [33]郑 洁,胡美君,郭延平.光质对植物光合作用的调控及其机理[J].应用生态学报,2008,19(7):1619-1624.
- [34]Singh M, Chaturvedi R, Sane P V. Diurnal and seasonal photosynthetic characteristics of *Populus deltoides* Marsh. leaves[J]. Photosynthetica, 1996, 32(1):11-21.
- [35]Hogewoning S W, Trouwborst G, Maljaars H, et al. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light[J]. Journal of Experimental Botany, 2010, 61(11):3107-3117.