

肖婷婷,刘广林,张鑫,等.不同光照度对美国红枫幼苗生长和叶色变化的影响[J].江苏农业科学,2016,44(3):220-223.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.061

不同光照度对美国红枫幼苗生长和叶色变化的影响

肖婷婷,刘广林,张鑫,张丽杰,王续蕾

(沈阳农业大学林学院,辽宁沈阳 110866)

摘要:为探究不同光照条件对美国红枫苗木生长和叶色表达的影响,采用1年生改良美国红枫 *Acer × freem anii* ‘Autumn Blaze’扦插苗为试验材料,采用盆栽试验的方法,设4个光照度处理,即100%光照度(自然光)、75%光照度、55%光照度、35%光照度。研究表明:本试验中,在幼苗生长方面,株高在光照度为75%时表现出一定促进作用,达到59.73 cm,比100%光照度下的植株高5 cm,但75%光照度与100%光照度其他指标并无显著差异,与55%与35%光照度下有极显著的差异。地径和生物量各组表现规律基本一致,随着光照度的减弱而降低。75%光照度对地径和生物量有一定的抑制作用但并不显著,而55%、35%光照度下与100%、75%光照度下有明显差异。在幼苗叶色变化方面,100%自然光下叶片呈现鲜红色,观赏性最强,变色最早。75%光照度下虽有利于幼苗生长,但是其在叶色变色期,叶片变色较为缓慢,观赏性欠佳。因此,综合美国红枫幼苗生长和叶片呈色的协同促进作用,认为美国红枫适宜栽植在100%光照度的环境。

关键词:美国红枫;光照度;幼苗生长;叶色变化

中图分类号: S687.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0220-04

美国红枫(*Acer rubrum*),又名红花槭,是槭树科槭属落叶大乔木,原产于美国东北部。美国红枫由于树干通直,树冠优美、叶色多彩、生长快速等优点,得到国内园林应用部门的青睐,尤其是在秋季少花的北方地区。近几年,沈阳开始引种美

国红枫作为景观树种,但笔者发现美国红枫在实际园林应用中主要凭借经验进行栽培,缺乏科学依据和指导。主要表现在彩叶植物应用时往往连片种植,未考虑不同位置光照特点,导致部分植株生长缓慢、叶色偏黄等问题出现,影响其景观效果。大量研究表明:光照因子不仅影响彩叶植物的生长发育,还影响其叶色表现。不同的植物叶片对光照度的反应表现不同,如血红鸡爪槭(*Acer palmatum* ‘Bloodgood’)、元宝枫(*Acer truncatum* Bunge)等必须在全光照下才能发挥其彩叶的最佳色彩^[1-3];而一些彩叶植物叶片只有在较弱的散射光下才会呈现出斑斓的色彩,强光会使彩斑严重褪色,如一叶兰(*Aspidistra elatior* Blume)在63%的遮阴度下才能够较好地呈

收稿日期:2015-12-21

基金项目:辽宁省农业科技攻关项目(编号:2014207005、2011207003)。

作者简介:肖婷婷(1990—),女,辽宁沈阳人,硕士研究生,主要从事园林植物方向研究。E-mail: 694211280@qq.com。

通信作者:刘广林,教授,主要从事园林植物栽培与应用方向研究。E-mail: lgl3263@126.com。

- [11]杨碧仙.贵州省五加科药用植物的生境和地理分布研究[J].时珍国医国药,2010,21(6):1505-1506.
- [12]梁婕.莽草的化学成分和生物活性研究[D].福州:福建中医药大学,2011.
- [13]刘军民,丁平,徐鸿华,等.长刺楸木的生药学研究[J].广州中医药大学学报,2000,17(2):173-175,194.
- [14]左经会,林长松,田应洲.贵州玉舍国家森林公园种子植物区系研究[J].广西植物,2006,26(4):434-440.
- [15]向红,左经会,林长松,等.贵州玉舍国家森林公园药用种子植物资源调查[J].北方园艺,2010(17):79-82.
- [16]Van Kooten O, Snel J F. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology[J]. Photosynthesis Research, 1990,25(3):147-150.
- [17]吴沿友,施王,坤,李萍萍,等.一种利用铈微电极测定植物碳酸酐酶活力的电化学方法:中国,CN101793860A[P]. 2010-08-15.
- [18]Wu Y Y, Shi Q Q, Wang K, et al. An electrochemical approach coupled with Sb microelectrode to determine the activities of carbonic anhydrase in the plant leaves[J]. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2011,86(1):87-94.

- [19]李合生,孙群,赵世杰,等.植物生理生化实验技术原理[M].北京:高等教育出版社,2000:248-250.
- [20]Sun C X, Qi H, Hao J J, et al. Single leaves photosynthetic characteristics of two insect-resistant transgenic cotton (*Gossypium hirsutum* L.) varieties in response to light[J]. Photosynthetica, 2009,47(3):399-408.
- [21]Li X G, Meng Q W, Zhao S J. Photoinhibition and photoprotection mechanisms in *Ginkgo biloba* leaves under strong light stress[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004,40(3):56-59.
- [22]Gorbe E, Calatayud A. Applications of chlorophyll fluorescence imaging technique in horticultural research: a review[J]. Scientia Horticulturae, 2012,138(1):24-35.
- [23]李强,何媛媛,曹建华,等.植物碳酸酐酶对岩溶作用的影响及其生态效应[J].生态环境学报,2011,20(12):1867-1871.
- [24]Scartazza A, Lauteri M, Guido M C, et al. Carbon isotope discrimination in leaf and stem sugars, water-use efficiency and mesophyll conductance during different developmental stages in rice subjected to drought[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1998,25(4):489-498.

现花叶性状^[4]。目前,有关光照度对美国红枫苗木生长和叶色变化的影响研究较少。本研究试图从光照度的角度,探究不同光照水平对美国红枫苗木生长发育和叶片色素表达的影响,为美国红枫栽培应用、合理配置提供科学的依据和实际指导。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验选用株高、地径相近的 1 年生美国红枫改良品种扦插苗 120 株作为试验用苗,野外盆栽,每盆 1 棵幼苗,盆的规格为高 250 mm、直径 330 mm 并带有底部托盘,每盆盛土量为 7 kg。试验用土为农田表土,自然晒干过 2 mm 筛,与蚯蚓粪以 36 : 1 配比。

1.2 试验设计

试验设 4 个不同光照处理,即:100% 光照度(全光照露地自然光,CK);约 75% 光照度(1 层遮阳网);约 55% 光照度(2 层遮阳网)约 35% 光照度(3 层遮阳网)。将 120 盆幼苗进行随机分配,按上述光照度分成 4 组,每个处理 3 次重复。试验前肥水管理一致,试验进行时不再施肥。试验在沈阳农业大学科研基地进行,于 2014 年 5 月 10 日将盆栽苗木移入普通塑料大棚。进行适应性生长,8 月初进行光照胁迫处理。试验过程严格控制各处理的光照度,每隔 15 d 对每个处理中的盆栽位置进行随机调换,以防止光照不均匀。每个盆栽间保持一定距离,防止相互影响。

1.3 测定指标及方法

植株生长状况:缓苗期后,每 15 d 对植株的株高和地径进行测量,进入快速生长期,每 7 d 测量 1 次,直至苗高和地径生长不再增加为止。苗高的测定用钢尺量取盆中土壤表面到最高叶片叶面的距离(精确到 0.1 cm);地径测量用游标卡尺选取植株距离土壤表面 1 cm 处进行测量(精确到 0.2 mm)。

当植株停止生长时,将植株从盆栽容器中取出带回实验室进行生物量的测定。将取回的植株样本用自来水清洗干净,并吸干水分,然后将根、茎分开,分析天平称取鲜质量。把称过鲜质量的植物材料装入牛皮纸袋中,使用 DHG - 9240 型烘箱 105 ℃ 杀青 20 min,然后在 70℃ 状态下烘 4 ~ 6 h 至恒质量,取出材料,在干燥器中冷却到室温,称干质量。

叶片采集:秋季叶色变化期,从有变色叶片开始,每隔 5 ~ 7 d 在植株上、中、下 3 个部位各摘取 1 枚健康的叶片,直至叶片凋落。每次取样时把相同处理的样本放在透气性好的取样袋中,带回实验室进行色素含量的测定。

叶片色素含量测定:叶绿素含量的测定参照张宪政的方法^[5]稍加改进。

花青素含量测定:参照何奕昆等的方法^[6],稍加改进。花青素相对含量表示方法:以 1 g 鲜质量样本叶片在 10 mL 提取液中的 0.1 个吸光度变化值 $D(D = D_{530\text{ nm}} - 0.25D_{657\text{ nm}})$ 为 1 个色素单位(U)。

1.4 数据分析

应用 Excel 2003 和 SPSS 19.0 统计分析软件进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同光照度对美国红枫幼苗各生长指标的影响

由表 1 可知,不同光照度对美国红枫株高、地径及生物量等指标有一定的影响。在 4 种不同光照度的条件下,各处理的株高分别为 54.72、59.73、52.62、48.14 cm,各处理之间差异显著。随着光照度的减弱,株高生长受到抑制,但 75% 光照度比 100% 光照度下高 5 cm。而 55%、35% 光照度下与 100%、75% 光照度下有明显差异,说明适当遮阴可促进美国红枫幼苗的高生长。地径和生物量各组表现规律基本一致,随着光照度的减弱而降低。其中 75% 光照度对地径和生物量有抑制作用但并不显著,而 55%、35% 光照度下与 100%、75% 光照度下有明显差异。地径方面,各组表现规律基本一致,随着光照度的减弱而降低,地径生长受到抑制。其中,100% 光照度下的植株最粗壮,地径为 8.15 mm,显著超过 35% 光照度和 55% 光照度的处理,而 75% 光照度虽受到抑制影响但差异并不显著。生物量与地径表现规律基本一致。各光照度处理植株干质量生物量均小于 100% 光照度对照组。其中,100% 光照度下显著超过 35% 和 55% 光照度的处理,总干质量生物量比 35% 光照度增加了 2.11 倍,但与 75% 光照度下差异并不显著。说明强光对植株干物质积累存在一定促进作用。

表 1 不同光照度处理下美国红枫幼苗各生长指标的影响

光照度(%)	株高(cm)	地径(mm)	干质量(g)	地上干质量(g)	地下干质量(g)
100	54.72 ± 1.0c	8.15 ± 0.10b	21.77 ± 4.75c	13.79 ± 3.26c	7.98 ± 1.58b
75	59.73 ± 0.73d	7.85 ± 0.12b	18.34 ± 2.37c	10.41 ± 1.77c	7.92 ± 0.95b
55	52.62 ± 0.91b	7.17 ± 0.13a	12.58 ± 2.24b	7.44 ± 1.71b	5.15 ± 0.54a
35	48.14 ± 1.04a	6.91 ± 0.17a	7.00 ± 2.67a	3.74 ± 1.39a	3.26 ± 1.31a

注:表中小写字母为 Duncan's 多重比较结果,处理间不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

2.2 不同光照度对美国红枫幼苗叶色的影响

2.2.1 不同光照度下苗木叶片叶绿素含量的变化

叶片中叶绿素的含量是维持苗木正常光合作用以及叶片色泽、彩化度的主要指标^[7]。其中叶绿素类包括叶绿素 a、叶绿素 b。从图 1、图 2、图 3 可以看出,红枫幼苗变色期内,随着光照度的降低,植株叶中总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量降低,其中 35% 光照度下总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量明显高于其他 3 组处理,100% 光照度处理含量最低。不同光照度

总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量从高到低的排序为 35% 光照度 > 55% 光照度 > 75% 光照度 > 100% 光照度。同一光照度,随着处理天数的增加,总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量呈下降趋势,4 个处理的变化趋势基本一致。

在沈阳地区,美国红枫大约在 9 月 28 日叶片开始着色,即叶片色泽由绿色逐渐转变为红色。此时,100% 光照度、75% 光照度和 55% 光照度的总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量都急剧下降;而 35% 光照度 9 月 28 日之后总叶绿素、叶

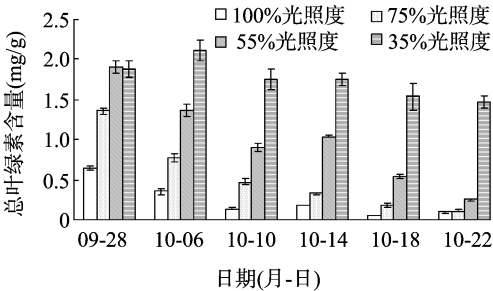


图1 不同光照度对总叶绿素含量的影响

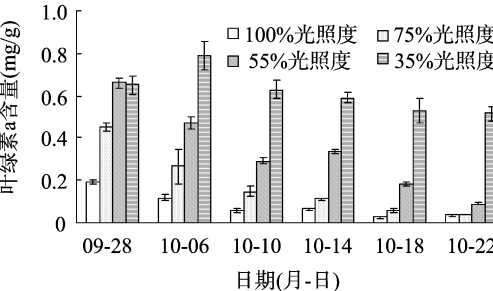


图2 不同光照度对叶绿素a含量的影响

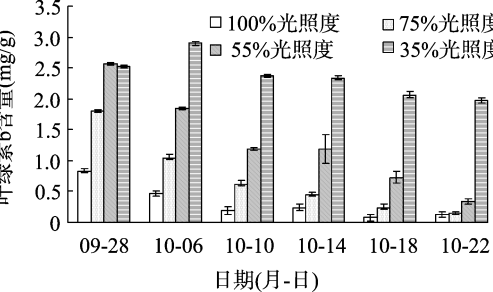


图3 不同光照度对叶绿素b含量的影响

叶绿素 a 和叶绿素 b 含量开始逐渐增加,10 月 6 日含量最高,而之后开始逐渐降低。35% 光照度处理下叶片基本不显红色,而在 10 月 6 日之后总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量逐渐下降,这可能是由于重度遮阴下其叶片光合能力下降导致光合色素减少^[8-9]。

大约在 10 月 22 日叶片完全变为红色,尤以自然光下叶色更红艳,此时叶绿素 a 和叶绿素 b 含量降至最低。

2.2.2 不同光照条件对苗木叶片花青素相对含量的影响
花青素是一种水溶性的植物色素,与花的颜色、叶变红等有关,是一种天然的抗氧化剂^[10-12]。变色期内,随着光照度的降低,植株叶中花青素的含量相对减少。不同光照度花青素含量从低到高的排序为 35% 光照度 < 55% 光照度 < 75% 光照度 < 100% 光照度 (图 4)。光照度对花青素含量的影响与叶绿素含量刚好相反,叶片变色过程中,叶绿素含量随光照度的增加和叶色变红而减少,全部变为红色时,叶绿素含量降至最低,而花青素含量在叶片完全变红却达到最高。

对叶片色泽最红时(约 10 月 21 日)对叶片花青素含量进行方差分析和多重比较,结果(表 2)表明,100% 光照度处理下,叶片花青素含量极显著,高于其他各种光照度处理;75% 光照度处理极显著高于 55% 和 35% 光照度处理;55% 光照度处理极显著高于 35% 光照度处理。其中,全光照处理花

青素含量最高,35% 光照度处理条件下花青素含量无明显变化,与前 3 种光照度处理形成了鲜明的对比。可见,过度遮光不利于美国红枫幼苗叶片着色。

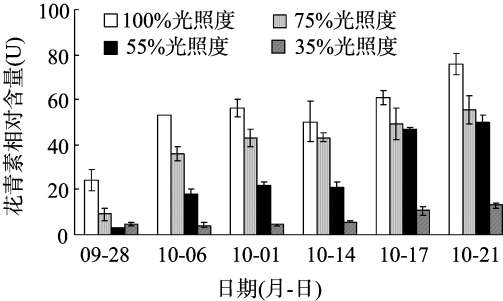


图4 不同光照度对花青素含量的影响

表 2 光照度对花青素含量的影响方差分析

光照度 (%)	花青素相对含量 (U)	差异显著性	
		0.05	0.01
100	75.81 ± 4.69	d	D
75	55.43 ± 6.15	c	C
55	50.17 ± 3.10	b	B
35	12.89 ± 1.23	a	A

注:表中字母为 Duncan's 多重比较结果,处理间不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$);不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

2.2.3 花青素含量与总叶绿素含量的比值 花青素含量与总叶绿素含量的比值大小与植株叶片呈色关系密切^[13]。结果(图 5)表明,75%、55% 和 35% 光照度下的花青素含量与叶绿素含量比值均呈现上升趋势,表现为开始时上升较为缓慢,10 月 14 日后迅速上升达到最大值。而在 100% 光照度表现出了与其他组不同的情况,10 月 10 日之前上升较为缓慢,其后开始下降,10 月 14 日之后,又开始迅速上升达到最大值。

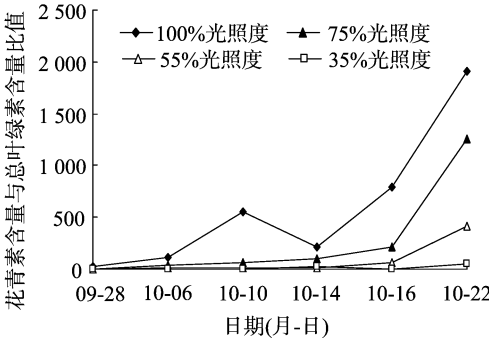


图5 不同光照度处理下美国红枫叶片变色期内花青素与总叶绿素比值变化趋势

3 结论与讨论

光照度对植物生长及形态结构的建成有重要作用。从本试验的结果来看,光照度明显促进红枫幼苗的生长,幼苗株高、地径、生物量参数均在较强的光照条件下最大,而且都随光照度的减弱而减小。其中,株高在 75% 光照度下达到最高,显著优于其他处理,说明强光照对美国红枫幼苗的茎生长有抑制作用,适当的遮阴有利于株高的生长,这一结果与相关学者以红娑罗双 (*Shorea* spp.) 幼苗为材料得到的结论^[14-15]

一致;各组处理的地径、生物量表现规律基本一致,随着光照度的减弱而降低,75% 光照度对植株有一定抑制作用但差异并不显著,100% 光照度、75% 光照度与 55% 光照度、35% 光照度的处理有明显差异,说明强光照有利于植株基茎的横向生长和支持结构等部位同化物的积累,使植物粗壮。由此说明极度弱光环境限制了幼苗的株高、地径和生物量生长指标的增长,植株没有足够的能量供给生长发育,导致美国红枫幼苗无法正常生长并完成叶色变化,与全光环境相比,适度遮阴有利于幼苗的形态生长。因此,在美国红枫的栽培过程中,可采取适当遮阴的方法,这对植株其他生长指标并无显著影响。

光照度对彩叶植物叶片呈色非常重要,提供科学合理的光照度是提升彩叶植物叶色观赏效果的关键因素。彩叶植物叶片呈色并不是由 1 种色素含量决定的,而是多种色素含量此消彼长共同作用的结果^[16]。在不同光照度对美国红枫幼苗叶色影响的研究中发现,随着光照度的降低和处理时间的增加,叶片由绿色逐渐变红,反映在叶片质体色素含量的变化上,美国红枫幼苗总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 含量的变化趋势一致,均随光照度的降低而呈上升趋势,而花青素含量变化趋势与其恰恰相反。这与崔晓静等对红叶石楠(*Photinia × fraseri*)^[17]、张琰等对血红鸡爪槭(*Acer palmatum*)^[2]、梁峰等对元宝枫^[3]、王永格对丽红元宝枫(*Acer truncatum* ‘Lihong’) ^[18]的研究结果相一致。

试验中在 100% 光照度条件下,美国红枫幼苗叶片呈现红色,是由于强光降解了叶绿素,而花青素稳定性较叶绿素高,有利于叶片花青素含量增加;而 35% 光照度条件下的美国红枫呈现黄、绿色,是由于获得的光照较少,植株通过增加叶绿素 a、叶绿素 b 的含量来促进光合作用的能力。说明了充足的光照有利于红枫幼苗叶绿素的分解、花青素的合成。资料表明,在较高的光照度下有利于红枫叶片中花青素、类胡萝卜素和叶黄素等色素的合成;叶绿素 a 和叶绿素 b 合成相对减少,并且叶绿素 a 的减少量相对较多^[19-22],本试验结果支持上述研究结论。进一步印证遮光不利于彩叶植物的叶色形成。有研究表明,叶片的呈色是由花青素与叶绿素比值的大小决定的,比值越大,叶片颜色越红^[23]。本试验中,花青素与叶绿素含量比值的最大值均在 100% 自然光的处理下,显著大于其他处理。而且观察结果也显示 100% 光照度的叶片最早变红,且颜色比其他组鲜艳。

综上,针对一年生的美国红枫幼苗,过度的遮阴不利于其生长,75% 光照度下对苗木的生长并没有显著影响。因此栽培中特别是幼苗期应适度遮光以利于其生长。在变色期,75% 光照度下叶片变色较为缓慢,观赏性欠佳;100% 自然光下叶片呈现鲜红色,观赏性最强,变色最早。虽然 75% 光照度利于幼苗生长,但 100% 光照度处理下除了在株高指标上与 75% 光照度有显著差异外,其余指标并无显著差异。因此,综合美国红枫幼苗生长和叶片呈色的协同促进作用,最适光照度为 100% 自然光。本试验主要是针对一年生的美国红枫幼苗生长对光照度的要求进行研究,但植物在每个时期对环境条件的要求并不一样,因此,在未来的研究中,我们可以通过对美国红枫幼苗之后的生长对光照度以及其他环境因子的要求进行探索,掌握美国红枫各个时期对环境因子的需求,制定更完善的栽培养护措施。

参考文献:

- [1]姜卫兵,庄 猛,韩浩章,等. 彩叶植物呈色机理及光合特性研究进展[J]. 园艺学报,2005,32(2):352-358.
- [2]张 琰,卓丽环,赵亚洲. 遮阴处理对“血红鸡爪槭”叶片色素及碳水化合物含量的影响[J]. 上海农业学报,2006,22(3):21-24.
- [3]梁 峰,蔺银鼎. 光照强度对彩叶植物元宝枫叶色表达的影响[J]. 山西农业大学学报:自然科学版,2009,29(1):41-45.
- [4]Stamps RH. Effects of shade level and fertilizer rate on yield and vase life of *Aspidistra elatior* ‘Variegata’ leaves [J]. Journal of Environmental Horticulture,1995,13(3):137-139.
- [5]张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992:148-149.
- [6]何奕昆,代庆阳,苏学辉. 雁来红叶色转变与超微结构及色素含量的关系[J]. 四川师范学院学报:自然科学版,1995,16(3):195-198.
- [7]李得孝,郭月霞,员海燕,等. 玉米叶绿素含量测定方法研究[J]. 中国农学通报,2005,21(6):153-155.
- [8]曹洪霞. 浅谈光照对植物生态作用的影响[J]. 安徽农学通报,2010,16(3):56-57,165.
- [9]赵则海,陈雄伟. 遮阴处理对 4 种草本植物生理生化特性的影响[J]. 生态环境,2007,16(3):931-934.
- [10]刘晓东,于 晶. 紫叶风箱果叶片花色素苷的提取及其稳定性[J]. 东北林业大学学报,2011,39(2):38-39,81.
- [11]文祥凤,赖家业,和太平. 温度与光照对黄素梅、黄金榕叶色变化的影响[J]. 广西农业生物科学,2003,22(1):32-34.
- [12]李 萍,刘晓芳,黄闽敏,等. 紫叶矮樱叶片色素测定及动态变化分析[J]. 西北林学院学报,2007,22(5):23-26.
- [13]陈继卫,沈朝栋,贾玉芳,等. 红枫秋冬转色期叶色变化的生理特性[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2010,36(2):181-186.
- [14]Ashton M S. Seedling growth of co-occurring *Shorea* species in the simulated light environments of a rain forest[J]. Forest Ecology and Management,1995,72(1):1-12.
- [15]Ashton M S, Berlyn G P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade[J]. New Phytologist,1992,121:587-596.
- [16]时向东,文志强,刘艳芳,等. 不同光强对作物生长影响的研究综述[J]. 安徽农业科学,2006,34(17):4216-4218.
- [17]崔晓静,肖建忠,关 楠,等. 不同遮光处理对红叶石楠叶色表现的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(10):153-157.
- [18]王永格. 光照度对“丽红”元宝枫秋季叶色变化的影响[J]. 西北林学院学报,30(2):70-76.
- [19]庞秋颖,卓丽环. 槭树树冠秋季变色过程中叶片生理指标的空间差异[J]. 东北林业大学学报,2007,35(6):16-17,20.
- [20]于晓南,张启翔. 光强与光质对“美人”梅叶色的影响[J]. 北京林业大学学报,2001,23(5):36-38.
- [21]王 晶,穆希维,唐存莲. 北美枫香秋季叶色变化的生理学研究[J]. 北京农业职业学院学报,2011,25(6):22-24.
- [22]李小康. 中红杨叶色变化的生理生化研究[D]. 郑州:河南农业大学,2008.
- [23]史宝胜,孟建朝,刘冬云,等. 秋季不同色泽五叶地锦叶片生理生化特性的研究[J]. 华北农学报,2009,24(增刊2):172-175.