

王莹,李敏,谈峰,等.紫叶紫薇新品系叶色变化理化因素研究[J].江苏农业科学,2018,46(24):150-153.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.040

紫叶紫薇新品系叶色变化理化因素研究

王莹,李敏,谈峰,马祥建,郭聪,李玉娟

(江苏沿江地区农业科学研究所,江苏如皋 226541)

摘要:为研究紫叶紫薇新品系紫晶 1 号的叶色变化规律,从理化角度解释影响叶片呈色的关键因素,以转色期叶色表型不同的叶片为试材,通过分光光度计测定不同叶位叶片的叶绿素、类胡萝卜素、花色素苷、类黄酮以及总酚含量,分析其与叶色表型的相关性。结果表明,随着叶位的降低,叶绿素和类胡萝卜素含量逐渐升高,花色素苷所占比例逐渐减少;叶绿素 b 含量在绿色单株呈色过程中起重要作用,叶绿素和总酚含量与比例是影响花叶呈色的主要原因,色素苷含量的提高和叶绿素 b 含量的降低是紫叶单株叶色变紫的主要原因。

关键词:紫叶紫薇;紫晶 1 号;转色期;叶色变化;理化因素

中图分类号: S685.990.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0150-04

紫薇(*Lagerstroemia indica* L.)以其丰富的花色、良好的抗逆性在世界范围内受到越来越多的重视,很多国家都已经深入开展了紫薇的育种工作,并取得了一定的成果。黄建民等利用多子代花粉自然杂交产生的遗传变异,选育出一批性状稳定、观赏价值高、抗逆性强、适生性广的新品种^[1]。湖南省林业科学研究院从美国引进和选育了一批彩叶紫薇新品种,集观花、观叶于一体,其观赏价值较高^[2]。美国和日本开展了以抗病、矮化为主要目标的紫薇种间杂交代育种^[3-4],其中美国的 Pounders 等培育出一批紫红色叶的黑钻石系列紫薇品种,这些品种除了具有多彩的花色,叶色期统一呈现出绚丽的紫色^[5]。黑钻石紫薇品种的出现,使得叶色成为紫薇继干皮、花色、株型之后的另一个重要观赏性状。

为了更好地满足彩叶苗木市场与社会发展的需求,笔者所在项目组从美国引进紫叶紫薇“Black Diamond”系列种质资源,2014 年开始通过实生选种,筛选出了一批观赏性状优良的紫叶紫薇新品系,其中紫晶 1 号紫薇与亲本相比,全株叶片在春季呈现更加明艳的紫红色,色叶期比亲本长 15~20 d,初夏开始返青,上位叶呈紫红色,中位叶呈紫色与绿色相杂的花叶色,下位叶呈绿色(图 1),具有非常好的叶色观赏性。关于彩叶植物叶片的生理生化呈色机制,目前已经有很多相关研究报道。张敏等指出,秋季榉树叶色变化最直接的原因是色素的成分和比例发生改变,而温度、糖分、矿质元素等是叶片呈色的重要内外因子^[6]。王亚芸等通过测定金叶榆不同叶位叶片的色素含量和光合生理参数来研究叶片的呈色生理机制^[7]。姜雪茹等研究指出,丽城小叶黄杨冬季叶片类胡萝

卜素含量显著增加,另外 H₂O₂ 的增加可能使红色叶片免受氧化伤害^[8]。但是由于彩叶紫薇属新的色叶树种,对其叶色变异机制的研究非常匮乏。因此,若能进一步解析紫叶紫薇叶色成因及其调控机制,可以有针对性地培育出一批色叶型紫薇新品种,以满足巨大的市场需求与城市园林绿化的需要。

本研究以紫叶紫薇新品系紫晶 1 号转色期叶色表型为紫叶(上位叶)、花叶(中位叶)、绿叶(下位叶)的紫薇叶片为试材,从生理生化角度探寻影响该品系紫薇叶片呈色的关键因素,旨在探明叶片的呈色机制,为进一步提高新品系观赏特性、延长色叶观赏期提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以江苏沿江地区农业科学研究所紫薇种质圃内新选育的紫叶紫薇紫晶 1 号为试材。选取叶色性状稳定、生长健壮、长势一致的植株,采集上位叶(紫叶、嫩叶)、中位叶(花叶)和下位叶(绿色)3 个叶位的功能叶片(图 1),带回实验室立即测定叶绿素、花青素等相关理化指标。

1.2 方法

1.2.1 叶绿素含量的测定 取紫叶紫薇紫晶 1 号鲜叶,擦干,去中脉,剪碎并称取 0.2 g 放入钵体,加入少许石英砂和 CaCO₃,再加入少许 95% 乙醇研磨成匀浆,静置 10 min;用漏斗滤去残渣,再用 95% 乙醇反复冲洗研钵、残渣至无色,用有刻度的带塞试管定容至 20 mL。以 95% 乙醇为空白对照,在波长 665、649、470 nm 下测定溶液的吸光度。试验设 3 个重复。

1.2.2 花色素苷含量的测定 取材与处理方法同“1.2.1”节,加入少许 2% 盐酸-甲醇溶液,经反复研磨、清洗残渣,以定性滤纸过滤,用有刻度的带塞试管定容至 20 mL,摇匀,立即取滤液,用 2% 盐酸-甲醇溶液作空白,于紫外-可见分光光度计在波长 530 nm 处进行分析。试验设 3 个重复。

1.2.3 类黄酮含量的测定 取材与处理方法同“1.2.1”节,取滤液,用 2% 盐酸-甲醇溶液作空白,于紫外-可见分光光度计在波长 320 nm 处进行分析。试验设 3 个重复。

收稿日期:2017-08-08

基金项目:江苏省南通市应用基础研究计划(编号:MS12015075);江苏省南通市前沿与关键技术创新项目(编号:MS22015039)。

作者简介:王莹(1986—),女,江苏南通人,硕士,助理研究员,主要从事彩叶苗木品种引选、栽培研究。E-mail:466625450@qq.com。

通信作者:李玉娟,副研究员,主要从事园林植物的育种、繁殖与栽培工作。E-mail:lyglyj90@sohu.com。

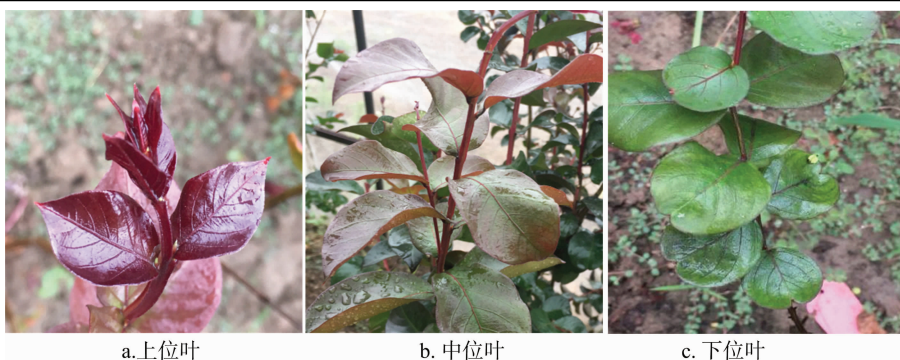


图1 转色期同一植株不同叶位的叶片

1.2.4 总酚含量的测定 取材与处理方法同“1.2.1”节,取滤液,用2%盐酸-甲醇溶液作空白,于紫外-可见分光光度计在波长280 nm处进行分析。试验设3个重复。

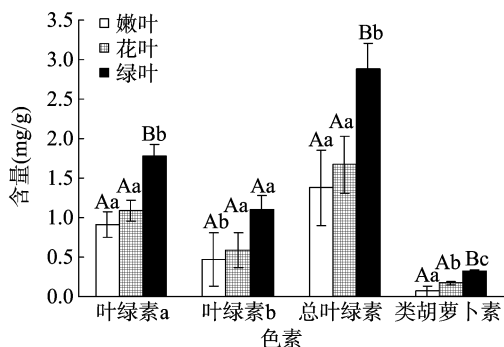
1.3 数据处理

采用 SPSS 12.0 统计软件进行相关分析,用 Excel 2003 作图。

2 结果与分析

2.1 不同叶位叶片叶绿素、类胡萝卜素含量分析

在初夏叶片转色期,紫晶1号叶片中叶绿素、类胡萝卜素含量变化见图2。随着叶位的降低,叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素和类胡萝卜素含量均表现出逐渐升高的趋势,其中绿叶中总叶绿素含量最高,达到2.89 mg/g。3种叶位的叶片进行叶绿素与类胡萝卜素含量对比,叶绿素a含量最高,类胡萝卜素含量最低,嫩叶中叶绿素、类胡萝卜素含量明显低于绿叶。方差分析表明,下位叶中叶绿素a含量与上位叶、中位叶差异达到极显著水平;上位叶叶绿素b含量与中位叶、下位叶差异达到显著水平;中位叶类胡萝卜素含量与上位叶差异达到显著水平,与下位叶差异达到极显著水平。



柱上不同小写字母、大写字母分别表示在0.05、0.01水平差异显著、极显著。下同

图2 不同叶片叶绿素、类胡萝卜素含量

2.2 不同叶位叶片花色素苷、类黄酮、总酚含量分析

由图3可知,随着叶位的降低,花色素苷含量也会逐渐减少,其含量在嫩叶中相对最高,为绿叶中的4.37倍,这与叶绿素与类胡萝卜素在不同叶位叶片中的变化趋势相反。与花色素苷、总酚含量相比,类黄酮含量在叶片中最高,仅在绿叶中平均值就已达13.68 mg/g。总酚含量嫩叶中最高,为5.11 mg/g,花叶中最低,为3.24 mg/g。方差分析得出,3个叶位叶片中花色素苷含量差异达到极显著水平;上位叶中类黄酮、总酚含量与中位叶、下位叶的差异达极显著水平。

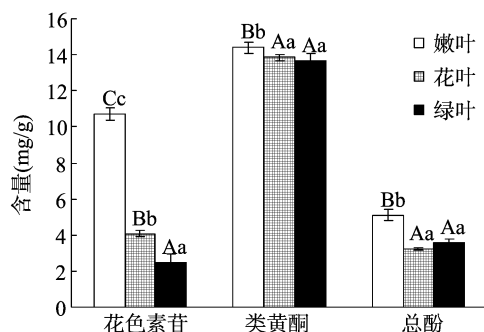


图3 不同叶片花色素苷、类黄酮、总酚含量

2.3 色素比值分析

2.3.1 不同叶位叶片中色素、总酚含量比例分析 色素含量的比例直接影响着植物叶片呈现的颜色,图4为紫晶1号在转色期时不同叶位叶片中色素及总酚含量比例。从结果可以看出,转色期嫩叶中花色素苷所占比例最大,随着叶位降低,其比例逐渐减小,与中、下位叶差异明显。总叶绿素含量比例在不同叶位叶片中的变化规律与花色素苷相反,在绿叶中的相对含量最高。类胡萝卜素含量比例变化虽与总叶绿素含量的变化趋势一致,但因其分布量最少,尤其在嫩叶中仅为0.56%,推测其对叶片的呈色影响不明显。总酚含量在不同叶位叶片中的含量分布仅次于花色素苷含量,与花色素苷含量在不同叶位叶片中的变化基本规律相反。由此推测,紫晶1号叶片呈色主要受花色素苷、总叶绿素及总酚含量的比例所影响。

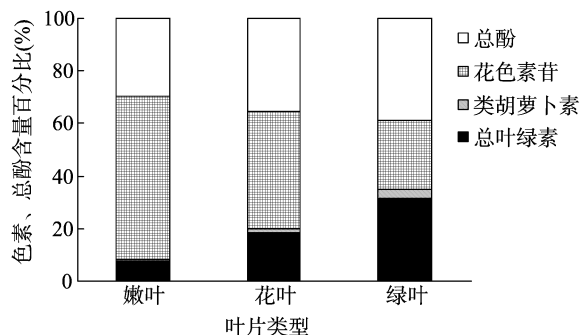


图4 不同叶位叶片中色素、总酚含量百分比

2.3.2 不同叶位叶片中相关色素及总酚含量与叶绿素含量的比值分析 从图5可以看出,花色素苷在嫩叶中的积累量最多,花色素苷/叶绿素 (ant/chl) 值为在花叶和绿叶中的3.18、9.17倍,差异达极显著水平 ($P < 0.01$),叶片呈现紫红

色;随着叶位的降低,叶绿素含量呈升高趋势,叶片变红的程度也相对较低,在绿叶中 ant/chl 值很低,仅为 0.85。类胡萝卜素/叶绿素(car/chl)在紫晶 1 号不同叶位叶片中的变化趋势与 ant/chl 相反,但变化幅度较不明显。与 car/chl、ant/chl

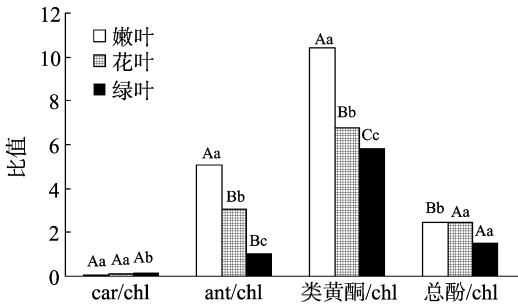


图5 相关色素及总酚与叶绿素的含量比值

表 1 色素比值与测定指标的相关性分析

类型	色素比值	相关系数						
		叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	总叶绿素含量	类胡萝卜素含量	花色素苷含量	类黄酮含量	总酚含量
嫩叶	类胡萝卜素/叶绿素	-0.563	-0.944	-0.858	0.998	0.532	0.895	0.321
	花色素苷/叶绿素	-0.877	-0.998 *	-0.991	0.857	0.958 **	0.795	0.715
	类黄酮/叶绿素	-0.826	-0.992	-0.986	0.903	0.904	0.770	0.644
花叶	类胡萝卜素/叶绿素	-0.948	-0.955	-0.952	0.891	0.128	0.100	0.923
	花色素苷/叶绿素	-0.921	-0.929	-0.926	0.923	0.204	0.177	0.950
	类黄酮/叶绿素	-0.998 *	-0.999 *	-0.999 *	0.744	-0.132	-0.159	0.793
绿叶	类胡萝卜素/叶绿素	-0.954	-0.997	-0.984	0.974	0.537	-0.182	0.820
	花色素苷/叶绿素	-0.907	-0.979 *	-0.947	0.742	0.879	0.319	0.439
	类黄酮/叶绿素	-0.987	-0.997 *	-0.999 *	0.932	0.653	-0.038	0.729

注: *、** 分别表示相关性达 0.05 显著水平、0.01 极显著水平。

3 讨论与结论

3.1 色素含量及比例对紫薇叶片呈色的影响

色素种类、比例、含量是导致彩叶植物叶色变化的直接原因。相关研究表明,红(紫)叶植物的叶色取决于叶片花色素苷和叶绿素含量的比例(ant/chl),ant/chl 的值越大,叶色越红^[9]。从结果可以看出,不同表型紫薇叶片中 ant/chl 值存在明显差异。转色期嫩叶中花色素苷所占比例最大,与花叶和绿叶中的差异达显著水平,叶片呈现紫红色,随着叶位的降低,叶绿素含量呈升高趋势,叶片变红的程度也相对较低。

另外,Saure 指出,类黄酮中的花色素苷在彩叶树种生长发育过程中与叶绿素等其他色素物质同时存在^[10]。只有伴随叶绿素的降解,花色素苷才有可能形成。本试验发现,随着叶位的降低,叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素和类胡萝卜素含量均逐步升高,而花色素苷含量逐渐减少(嫩叶为绿叶中的 4.37 倍),3 个表型叶片中花色素苷含量差异达到极显著水平。色素比值与测定指标的相关性分析显示,嫩叶中花色素苷/叶绿素与叶绿素 b 含量呈显著负相关,与花色素苷含量呈极显著正相关,说明花色素苷含量的提高和叶绿素 b 含量的降低是紫叶单株叶色变紫的主要原因。由此可以推测,叶绿素在花色素苷形成前的降解与花色素苷的迅速合成有关,叶绿素降解物可能对于花色素苷的形成起到活化作用。

3.2 光照对紫薇叶片呈色的影响

叶片的着色是一个非常复杂的过程,花色素苷合成不仅

相比,总酚/叶绿素在不同叶片中的变化略有不同,随叶位降低,总酚/叶绿素呈先升后降的趋势。

2.3.3 色素比值与测定指标的相关性分析 由表 1 可知,3 种表型紫叶紫薇叶片中,色素比值与叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量均呈负相关,与类胡萝卜素、总酚含量均呈正相关,其中绿叶中花色素苷/叶绿素、类黄酮/叶绿素与叶绿素 b 含量呈显著负相关,说明叶绿素 b 含量的相对稳定在绿色单株呈色过程中起重要作用;花叶中类黄酮/叶绿素与叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量呈显著负相关,花色素苷/叶绿素与总酚含量相关度最高(0.950),表明叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素以及总酚的含量和比例是影响花叶呈色的主要原因;嫩叶中花色素苷/叶绿素与叶绿素 b 含量呈显著负相关,与花色素苷含量呈极显著正相关,表明花色素苷含量的提高和叶绿素 b 含量的降低是紫叶单株叶色变紫的主要原因。

受到遗传特异性调控,还受到许多环境因子的调节,其中光照对花色素苷合成与积累的影响不尽相同^[11-12]。花色素苷可以由光诱导产生,具有光保护作用^[13]。本试验中,上位叶花色素苷含量较高,可能与上位叶叶片接受光照较中位叶、下位叶多有关。有不少研究表明,光可能通过光合作用影响叶片的生长和着色,花色素苷的产生需要由光合作用提供足够的可溶性糖,不同波长的光可诱导各种生长激素在植物体内含量的变化,进而影响类黄酮色素的积累^[14-15]。于伟等的试验结果指出,随着遮阴度增加,红叶南天竹叶绿素、类胡萝卜素含量增加,花色素苷相对含量减少^[16],本试验结果与之相似。因此光照是影响花色素苷合成的重要因素。

3.3 叶片发育阶段对紫薇叶片呈色的影响

发育阶段对叶色形成也有一定的影响,幼龄植物由于组织结构尚不成熟,其叶片中叶绿素含量较低,对光能利用能力较弱,更容易遭受光抑制胁迫。Zhou 等研究不同时期红叶桃叶片花色素苷含量以及相关合成基因表达量时发现,夏季幼叶的基因表达水平总是高于成熟叶,猜测新叶与老叶颜色差异可能与不同时期花色素苷合成能力有关^[17]。紫叶紫薇新品系紫晶 1 号叶片由紫转绿的过程中,叶片细胞逐渐发育成熟,干物质累积增多,叶片革质化,纤维增加,这通过在试验中研磨静置时试管底部沉积物逐渐增多可证明。上位叶为始发的嫩叶,叶片处于快速生长期,色素的合成最为旺盛,大量的花色素苷被积累到液泡中,叶片呈现紫红色;随着叶位的降低,叶片成熟度逐渐升高,细胞生长速度逐渐减慢,细胞数量

和叶片内部结构可能发生相应的变化,花色素苷合成或累积速度减缓,与此同时,叶绿素合成酶的活性升高,叶色向绿色过程转变,孔祥海等也得到了相似的研究成果^[18-19]。

3.4 总酚含量及比例对紫薇叶片呈色的影响

叶绿素、类胡萝卜素和花色素苷等色素都属于次生代谢物质,使植物具有一定的色彩^[20-21],总酚等其他色素类产物也会影响其呈色的最终表现。本研究与陈芳等的研究结果^[22-23]相似。在本试验中,总酚在不同叶位中的含量分布仅次于花色素苷含量,并且随着叶位降低,总酚含量百分比呈上升趋势,初步推测总酚含量的比例对紫晶 1 号叶片呈色产生了一定影响;从色素比值与测定指标的相关性分析结果看出,嫩叶中色素比值与总酚含量相关性未达到显著水平,花叶中类胡萝卜素/叶绿素、花色素苷/叶绿素与总酚含量呈正相关,绿叶中类胡萝卜素/叶绿素与总酚含量呈正相关,由此推测上位叶叶片处于生长旺盛期,各色素合成速度加快,总酚的合成也同时加快,但花色素苷占主要优势,故叶片呈现紫红色;在中位叶中,因接受的光照减少,类胡萝卜素、花色素苷合成开始减弱,总酚含量比例相对提高,叶片呈现花紫色;绿叶中,由于叶片成熟度升高,叶绿素、类胡萝卜素含量显著提高,总酚的合成速度也同时加快,因而叶片呈现绿色。

综上所述,紫叶紫薇叶色变化是在多种因素的综合作用下完成的,最直接的原因是色素的成分和比例发生改变。而光照、温度、糖分、矿质元素等是叶片呈色重要的内外因子。Shaked-Sachray 等研究发现,温度在影响紫薇花瓣中花色素苷合成的同时也影响花色素苷的稳定性^[24];楚爱香等研究表明,花色素苷的合成与碳水化合物的代谢有关^[25];李梦灵等研究发现,光质对菊花花色素苷合成与呈色的影响显著,蓝光使舌状花颜色加深,而红光使花色变浅^[26]。如何通过改变外界环境因子达到调节相关色素的含量和比例的目的,进而控制紫叶紫薇叶片的呈色,还需要做进一步研究。

参考文献:

- [1] 黄建民,侯伯鑫,索志立. 邵阳市紫薇品种调查研究 I [J]. 农学报,2013,3(3):47-53.
- [2] 王晓明,李永欣,余格非,等. 紫薇新品种及繁殖技术[J]. 中国城市林业,2008,6(1):79-80.
- [3] Knox G W. A University of Florida researcher examine several *Lagerstroemia* cultivars and hybrids[J]. America Nurseryman,1995,181(11):70-76.
- [4] 王金凤,柳新红,陈卓梅. 紫薇属植物育种研究进展[J]. 园艺学报,2013,40(9):1795-1804.
- [5] Pounders C, Rinehart T, Sakhanokho H. Evaluation of interspecific hybrids between *Lagerstroemia indica* and *L. speciosa* [J]. HortScience,2007,42(6):1317-1322.
- [6] 张敏,黄利斌,周鹏,等. 榉树秋季转色期叶色变化的生理生化[J]. 林业科学,2015,51(8):44-51.
- [7] 王亚芸,王立英,任建武,等. 金叶榆不同叶位叶片呈色生理机制研究[J]. 中国农学通报,2014,30(16):22-29.
- [8] 姜雪茹,彭金根,郭翎,等. 小叶黄杨冬季叶片呈色与其类胡萝卜素及活性氧关系研究[J]. 北京林业大学学报,2015,37(6):

- 93-99.
- [9] Liakopoulos G, Nikolopoulos D, Klouvatou A, et al. The photoprotective role of epidermal anthocyanins and surface pubescence in young leaves of grapevine (*Vitis vinifera*) [J]. Annals of Botany, 2006,98(1):257-265.
- [10] Saure M C. External control of anthocyanin formation in apple[J]. Scientia Horticulturae,1990,42(3):181-218.
- [11] 刘炜. 遮阴处理对美国红栎叶片色素含量的影响[J]. 山西林业科技,2017,46(2):37-39.
- [12] 邱尚志. 光调控紫叶白桦叶片花青素合成和代谢机理[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2016.
- [13] Hou F Y, Wang Q M, Dong S X, et al. Accumulation and gene expression of anthocyanin in storage roots of purple-fleshed sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] under weak light conditions[J]. Agricultural Sciences in China,2010,9(11):1588-1593.
- [14] 骆菁菁,李虹,柏斌斌,等. 光照对月季“光谱”花青素合成及其 *CHS* 和 *DFR* 基因表达的影响[J]. 分子植物育种,2013,11(1):126-131.
- [15] Zoratti L, Sarala M, Carvalho E, et al. Monochromatic light increases anthocyanin content during fruit development in bilberry[J]. BMC Plant Biology,2014,14(1):1-10.
- [16] 于伟,潘远智,任文,等. 不同遮阴度对“红叶”南天竹叶色变化及矿质营养积累的影响[J]. 热带亚热带植物学报,2017,25(4):339-347.
- [17] Zhou Y, Guo D, Li J, et al. Coordinatet regulation of anthocyanin biosynthesis through photorespiration and temperature in peach (*Prunus persica* f. *atropurpurea*) [J]. Tree Genetics & Genomes, 2013,9(1):265-278.
- [18] 孔祥海,李思,丁力,等. 红叶石楠叶片发育的形态特征及色素含量变化[J]. 北方园艺,2015(24):51-55.
- [19] Karageorgou P, Manetas Y. The importance of being red when young:anthocyanins and the protection of young leaves of *Quercus coccifera* from insect herbivory and excess light [J]. Tree Physiology,2006,26(5):613-621.
- [20] 孟力力,张俊,闻婧. 不同品种彩叶草叶片色素含量与叶色参数的关系[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):296-298.
- [21] 许殊. 重庆市常见园林植物光合和生理生态特性[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):281-285.
- [22] 陈芳. 金叶白蜡叶片呈色机理的研究[D]. 保定:河北农业大学,2013.
- [23] 朱书香,王中华,李彦慧,等. 紫叶矮樱叶片色素理化性质的研究[J]. 河北农业大学学报,2010,33(3):33-36.
- [24] Shaked-Sachray L, Weiss D, Reuveni M, et al. Increased anthocyanin accumulation in aster flowers at elevated temperatures due to magnesium treatment[J]. Physiologia Plantarum,2002,114(4):559-565.
- [25] 楚爱香,张要战,王萌萌. 四种槭树属 (*Acer*) 植物秋色叶变化与色素含量和可溶性糖的关系[J]. 江西农业大学学报,2013,35(1):108-111,137.
- [26] 李梦灵,洪艳,戴思兰,等. 光质对菊花花青素苷合成与呈色的影响[C]//张启翔. 中国观赏园艺研究进展. 北京:中国林业出版社,2016.