

文章编号:1001-7380(2016)05-0008-05

40个观赏海棠品种叶色变化规律研究

张 洋¹,赵明明^{1,2,3},范俊俊^{1,2,3},张往祥^{1,2,3*},龚洪泳¹,卫紫星¹

(1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心,江苏 南京 210037;2. 南京林业大学林学院,江苏 南京 210037;
3. 扬州小苹果园艺有限公司,江苏 扬州 225200)

摘要:以40个观赏海棠品种为试材,利用色差计对其4—6月的叶色参数(色彩亮度 L^* 、色彩饱和度 C^* 、色度角 h^*)进行测定。分析观赏海棠品种叶片色彩在CIELCH色空间中的动态分布格局,探讨品种间的叶色关系及分布规律。结果表明:在4—6月,海棠各品种在色彩参数 L^* 、 C^* 、 h^* 维度方向上呈现规律性分布,整体位点表现为4月最为分散,5月最为集中,6月为局部分散。多数品种亮度 L^* 值和饱和度 C^* 值呈下降趋势,在色度角 h^* 维度方向,大多数海棠品种分布在高 h^* 值的黄色区域,且随着时间的推移,位点整体右移的趋势(h^* 值增大)。以4月各品种叶色数据进行聚类分析,结果可将40个观赏海棠品种分为3大类,A类群品种的亮度中等,饱和度中等,色度角处在红橙色区域;B类群品种的亮度较低,叶色鲜艳度低于A类,色度角处在红色区域;C类群品种的亮度显著高于B类,饱和度较大,色度角处在黄色区域。

关键词:观赏海棠;叶片;色彩;色彩亮度;色彩饱和度;色度角;动态变化

中图分类号:S685.99 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2016.05.002

Leaf color variation of 40 ornamental *Malus* cultivars

ZHANG Yang¹, ZHAO Ming-ming^{1,2,3}, FAN Jun-jun^{1,2,3}, ZHANG Wang-xiang^{1,2,3*},
GONG Hong-yong¹, WEI Zi-xing¹

(1. Southern Modern Forestry Collaborative Innovation Center, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
2. College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
3. Yangzhou Little Apple Horticulture Co., Ltd., Yangzhou 225200, China)

Abstract: With 40 ornamental crabapple cultivars as test materials, their leaf color parameters (L^* , C^* , h^*) in April, May, June was measured by a colorimeter, to analysis the dynamic distribution of ornamental crabapple cultivars blade color pattern in CIELCH color space and investigate the relationship between leaf color and distribution of cultivars. The results showed that from April to June, crabapple cultivars in color parameters (L^* , C^* , h^*) featured a regular distribution, that was overall site as the most decentralized in April, the most concentrated in May, the local dispersion in June; Brightness and saturation of most cultivars had downward trend. In the hue angle direction, most crabapple cultivars distributed in the yellow region, and with the passage of time, the site presented the overall trend right (h^* value increases); By cluster analysis of all cultivars of leaf color data in April, 40 ornamental crabapple cultivars could be divided into three categories, i. e., Group A of moderate brightness and saturation, with hue angle in the middle of red orange area; Group B of species of low brightness and color vividness, with hue angle in the red zone; Brightness of Group C significantly higher than that of Group B, with larger saturation and hue angle in the yellow zone.

Key words: Ornamental *Malus* cultivars; Leaf blade; Color; Brightness; Saturation; Hue angle; Dynamic change

收稿日期:2016-05-19;修回日期:2016-05-30

基金项目:江苏省大学生实践创新训练计划项目“彩叶观赏海棠新品种选育”(201410298067Y);江苏省农业科技自主创新资金项目“垂枝型观赏海棠新品种选育”[CX(13)2045];江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介:张 洋(1994-),女,江苏泰州人,本科生。研究方向:观赏植物栽培。

* **通信作者:**张往祥(1965-),男,江苏兴化人,副教授。主要从事观赏园艺研究。E-mail: malus2011@163.com。

观赏海棠花色艳丽、种类丰富,在园林绿化中具有较大的应用前景^[1-3]。其叶、果、花的形态和色彩是重要的观赏特征^[4]。目前,国内外对李属^[5-7]、槭树属^[7-10]等属部分彩叶植物的叶色变化进行了研究,包括遗传、生理、生化等方面。而针对海棠叶色研究较少,袁靓^[12]以 77 个观赏海棠品种为实验材料系统建立了海棠的色彩评价体系,但主要集中在幼叶和功能叶的色彩评价上。本研究以 40 个观赏海棠品种为材料,测定其叶色参数(L^* , C^* , h^*),研究品种间的叶色差异及时间上的分布规律,为观赏海棠叶色特异种质的挖掘提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于扬州市江都区仙女镇南京林业大学海棠种质资源圃内,该地为亚热带湿润气候,年平均气温为 14.9℃,年平均降雨量约1 000 mm。试验地为沙壤土,土层深厚,地势平坦,灌排条件良好。

1.2 试验材料

供试材料为 5 年生观赏海棠品种 40 个(见表 1),为引自欧美的优良品种,在长三角地区适应能力强,生长健壮,表现良好,可以用于叶色测定。

表 1 试验材料列表

序号	品种名称	序号	品种名称	序号	品种名称
1	黄油果(<i>Malus</i> ‘Butterball’)	15	棒棒糖(<i>M.</i> ‘Lolipop’)	29	森林苹果(<i>M. sylvestris</i> Mill)
2	薄荷糖(<i>M.</i> ‘Candymint’)	16	莱姆(<i>M.</i> ‘Lyme’)	30	钻石(<i>M.</i> ‘Sparkler’)
3	红衣主教(<i>M.</i> ‘Cardinal’)	17	蜡瓣垂丝(<i>M. halliana</i> ‘Waxy’)	31	迎春雪(<i>M.</i> ‘Spring Snow’)
4	百夫长(<i>M.</i> ‘Centurion’)	18	玛丽波特(<i>M.</i> ‘Marry Potter’)	32	草莓果冻(<i>M.</i> ‘Strawberry Jelly’)
5	灰姑娘(<i>M.</i> ‘Cinderella’)	19	五月欢歌(<i>M.</i> ‘May’s Delight’)	33	甜蜜时光(<i>M.</i> ‘Sugar Time’)
6	爱丽(<i>M.</i> ‘Eleyi’)	20	西府海棠(<i>M. Micromalus</i>)	34	超级明星(<i>M.</i> ‘Superstar’)
7	火鸟(<i>M.</i> ‘Firebird’)	21	丰盛(<i>M.</i> ‘Profussion’)	35	蒂娜(<i>M.</i> ‘Tina’)
8	火焰(<i>M.</i> ‘Flame’)	22	苹果(<i>M. pumila</i>)	36	凡赛尔廷(<i>M.</i> ‘Vans Eseltine’)
9	金丰收(<i>M.</i> ‘Harvest Gold’)	23	紫宝石(<i>M.</i> ‘Purple Gem’)	37	冬金(<i>M.</i> ‘Winter Gold’)
10	豪帕(<i>M.</i> ‘Hopa’)	24	紫花垂枝(<i>M.</i> ‘Purple Perdula’)	38	冬红(<i>M.</i> ‘Winter Red’)
11	绣球(<i>M.</i> ‘Hydrargea’)	25	紫王子(<i>M.</i> ‘Purple Prince’)	39	黄玉(<i>M.</i> ‘Yellow Jade’)
12	印第安之夏(<i>M.</i> ‘Indian Summer’)	26	红丽(<i>M.</i> ‘Red Splendor’)	40	美果海棠(<i>M.</i> ‘Zumi’)
13	兰斯洛特(<i>M.</i> ‘Lancelot’)	27	皇家美人(<i>M.</i> ‘Royal Beauty’)		
14	丽莎(<i>M.</i> ‘Lisa’)	28	皇家宝石(<i>M.</i> ‘Royal Gem’)		

1.3 采样方法与色彩测定

试验于 2015 年 4—6 月进行,每月测试 1 次。每个海棠品种选择具代表性、长势相同且性状稳定的 5 个健康植株,选择苗木向阳处同一方位的健康叶片,采集位于中部颜色均匀的功能叶(第 5,6 个)5 片/株,采摘的时间应选在天气晴朗,于 6:00—8:00 为宜。采摘后应即刻分别放入样品保鲜袋,封口后置于装有冰块的保鲜箱中带回室内,在 6 h 内完成测量。

叶色测定参考 Wang 等^[13]的方法。用美国爱色丽 SP64 色差计进行测定,光源设置为 D65,测色光斑直径设置为 8 mm,观测角度为 10°。对每个叶片上表皮叶脉 2 侧对称的 6 个点进行测定,记录叶色参数,包括色彩亮度 L^* 值、色相 a 值和 b 值,计算出彩度色彩饱和度 C^* 值和色度角 h^* 值^[14],公式为 $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$ 和 $h^* = \tan^{-1}(b/a)$ 。

1.4 数据处理

利用 Excel 对数据进行统计及频率图制作,Origin7.0 进行 L^* , C^* , h^* 三维图绘制,SAS6.12 进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 观赏海棠色彩动态变化规律

40 个观赏海棠品种 4—6 月叶色参数的动态变化及其频率分布参见图 1,2。由图 1,2 可知,供试海棠品种在 4—6 月叶片色彩各参数呈现出规律性的位点变化。

就亮度 L^* 值而言,随着时间的推移,位点呈现出“分散—局部集中—局部分散”的变化趋势,且逐步降低。低亮度值(在 L^* 值为 30—34 之间)品种比例呈现上升趋势,由 42.5%(4 月)→72.5%(5 月)→80%(6 月),而高亮度(在 L^* 值为 38—44 之间)品种比例显著降低,由 47.5%(4 月)→5%(5 月)→2.5%(6 月)。

在 C^* 维度方向上,随着时间的推移,位点呈现“分散—集中”的变化趋势,且大部分海棠品种 C^* 值降低。低饱和度(在 C^* 值 4—12 区间内)品种权重显著增加,由 40% (4 月)→32.5% (5 月)→72.5% (6 月),而高饱和度(在 C^* 值 20—28 区间内)品种权重呈现明显下降趋势,由 52.5% (4 月)→7.5% (5 月)→2.5% (6 月)。

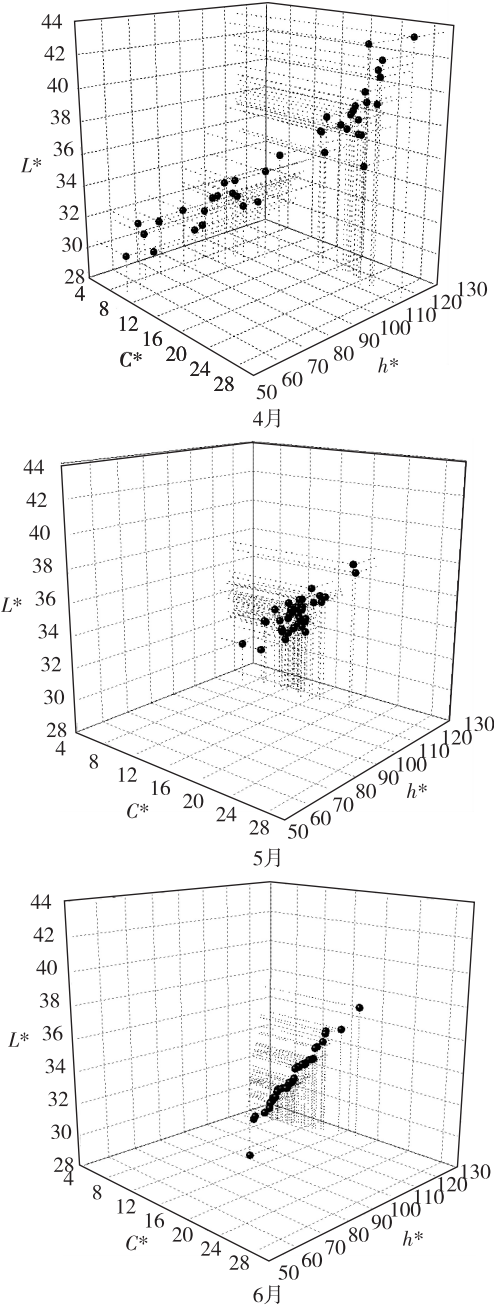


图 1 不同月份观赏海棠种群叶色在 CIELCH 色空间中的动态分布格局

在 h^* 维度方向,大多数海棠品种分布在高 h^* 值的黄色区域,且随着时间的推移,位点整体右移的趋势(h^* 值增大)。4 月 h^* 值分布范围为 50—120°,而 5、6 月 h^* 值较为集中,范围仅为 100—120°;就 4 月而言,在红色区域(0—50°)的品种权重最低,红偏黄色区域(50—90°)品种权重居中,黄色区域(90—120°)品种权重最高。

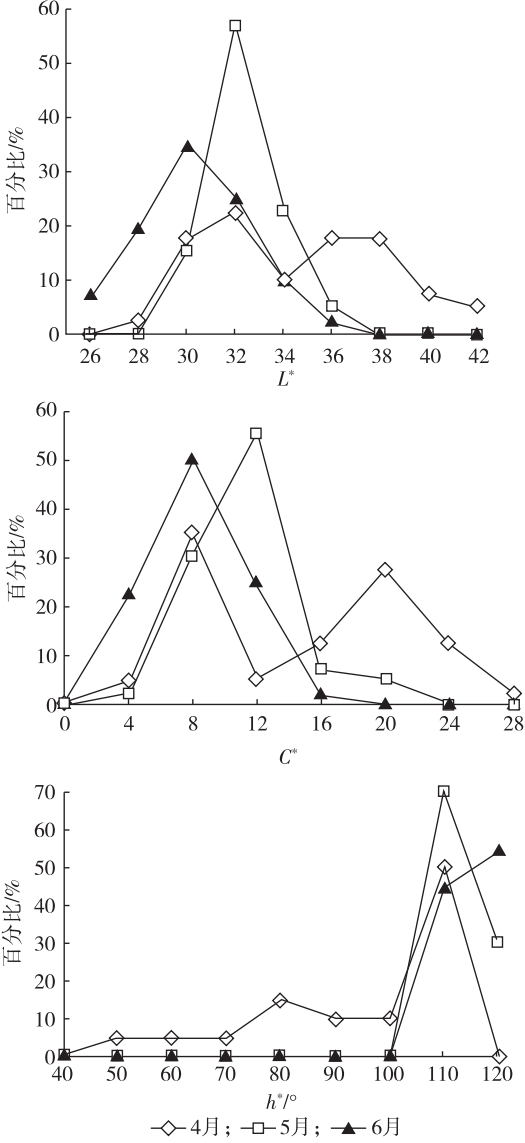


图 2 4、5、6 月观赏海棠种群叶色在 CIELCH 色空间 3 个维度方向的频率分布

2.2 聚类分析

通过观赏海棠色彩动态分析可知,4 月各品种叶色在 CIELCH 色空间中的分布较分散,因此选用此数据进行聚类分析,结果显示,在欧氏距离 1.73 处可将 40 个观赏海棠品种分为 3 大类,各大类叶色

情况如下:

A类:包括13个品种,占总数的32.5%。该类群品种的亮度(L^* 值范围为30.21—35.6)、饱和度(C^* 值范围为7.82—16.2)均居中,色度角处在红橙色区域(h^* 值范围为80.97—103.86)。

B类:包括6个品种,占总试验数的15%。该类群品种的亮度(L^* 值范围为28.53—32.26)、饱和度(C^* 值范围为4.72—10.16)最低,色度角处在红色区域(h^* 值范围为53.99—75.32)。

C类:包括21个品种,占总试验数的52.5%。

该类群品种的亮度(L^* 值范围为35.31—43.49)、饱和度(C^* 值范围为16.88—29.55)最大,色度角处在黄色区域(h^* 值范围为109.57—117.78)。该大类可细分为 C_1 和 C_2 2个子类, C_2 子类亮度低于 C_1 子类。

C_1 子类包括棒棒糖、兰斯洛特、黄玉、皇家宝石和灰姑娘5个品种。

C_2 子类包括玛丽波特、蜡瓣垂丝、火鸟、金丰收、凡赛尔廷、超级明星、绣球、蒂娜、冬红、迎春雪、冬金、美果海棠、甜蜜时光、黄油果、西府、森林苹果16个品种。

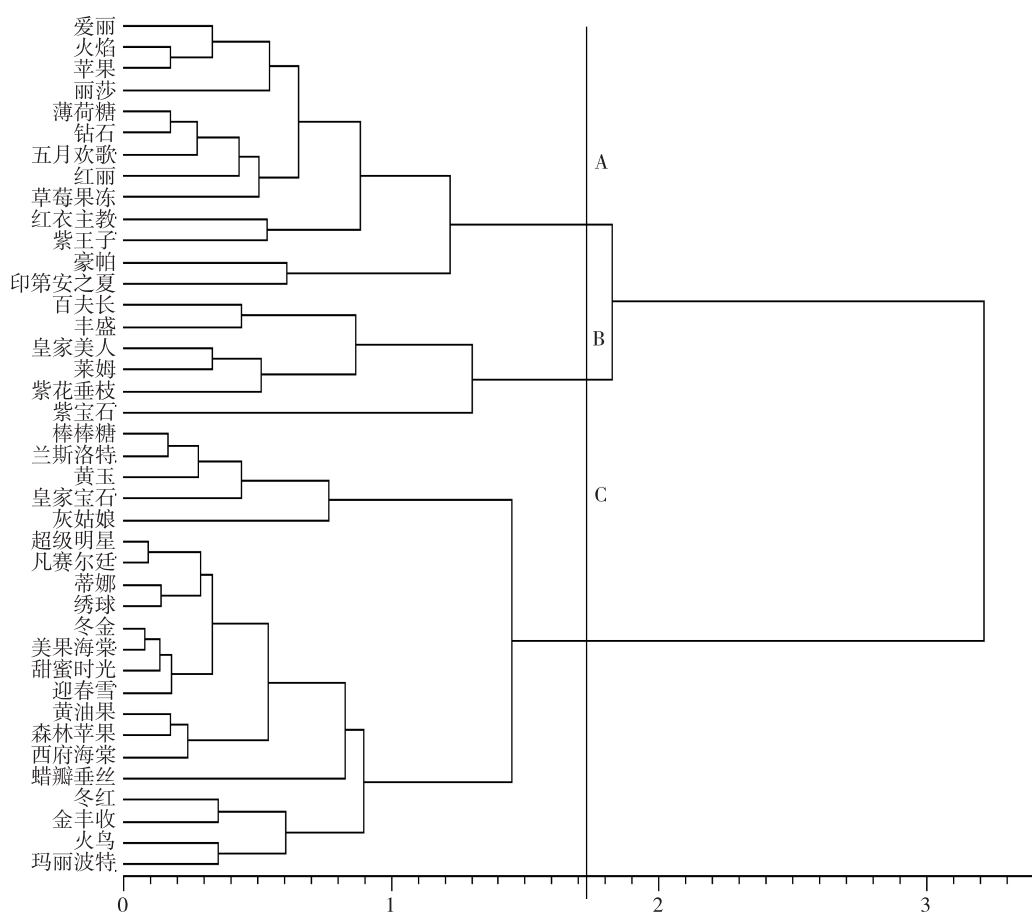


图3 观赏海棠4月叶色参数聚类分析

3 讨论与结论

3.1 色差计在植物叶色测定中的应用评价

过去描述某种观赏植物的色彩,往往是依靠RHSCC植物比色卡与相应植物进行对比^[15],但是这种方式的色彩描述缺乏准确性和科学性,无法实现数据化分析^[16]。随着现代科技发展,色彩描述开始依靠数字化技术,此种方法大大扩大了新品种选

育和植物置景应用的前景^[17]。色差计目前已广泛应用于各个领域,如食品品质评价^[18]、中药注射剂安全性控制^[19]、家具漆膜检验^[20]等,在植物色彩方面的应用也有诸多报道^[21-23]。本研究利用色差计对40个观赏海棠叶色进行测定,能够迅速、准确获取供试样本的色彩参数值,能够实现叶片色彩的数量化分析,同时得到的色彩参数还能通过制图软件进行色彩还原,得到相应的色彩数据块。

3.2 观赏海棠叶色变化规律评价

植物叶片呈色的机理较为复杂,研究显示,叶色与色素、温度、光照等因素有关^[24-26]。因此,在不同的生长时期内叶色会呈现出规律性的变化,这在红花檵木^[27]、红叶石楠^[28]、枫香树^[29]中已有报道。本研究对观赏海棠叶色的动态变化进行研究后发现,在4—6月的生长进程中,就整体位点而言,4月最为分散,5月最为集中,可能是由于4月为幼叶期,品种间差异较大,5月幼叶已成熟,且色彩处于比较稳定的时期,因此种间差异较小。试验期内,色彩参数 L^* 值范围在26—42之间, C^* 值在0—28之间, h^* 值在40—120之间,裘靓^[12]的研究显示,海棠的色彩参数 L^* 值范围在26—53之间, C^* 值在3—46之间, h^* 值在14—120之间,在今后的研究中可适当扩大样本比例,并辅以叶物候的研究,以期更为精确地评价观赏海棠叶片色彩的动态变化规律,为观赏海棠种质多样化培育、新品种选择提供参考依据。

参考文献:

- [1] 俞德浚, 阎振龙. 中国之苹果属植物[J]. 植物分类学报, 1958, 5(2): 77-110.
- [2] 李育农. 苹果属植物种植资源研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 201-266.
- [3] 楚爱香, 汤庚国. 观赏海棠品种分类研究进展[J]. 生物学通报, 2008, 43(7): 15-17.
- [4] DIRR M, HENSER C W. The reference manual of woody plant propagation: From seed to tissue culture [M]. Cary, North Carolina (USA): Varsity Press, 2009: 61-63.
- [5] 史宝胜. 紫叶李叶色生理变化及影响因素研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2006: 12-15.
- [6] 周肖红, 葛雨萱, 王亮生, 等. 黄栌叶片变色期生理变化及植物生长调节剂对叶色的影响[J]. 林业科学, 2009, 45(7): 60-62.
- [7] 朱书香, 杨建民, 王中华, 等. 4种李属彩叶植物色素含量与叶色参数的关系[J]. 西北植物学报, 2009, 29(8): 1663-1669.
- [8] KRAMERAND K W. Autumn and winter garden[M]. London: London Press, 1992: 96.
- [9] MESSENGER A S, HRUBY B A. Response of interveinally chlorotic red maple trees treated with medicaps or by soil acidification [J]. Journal of Environmental Horticulture, 1990, 8(1): 5-9.
- [10] 黄可. 鸡爪槭叶色时序性变化与园林应用研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012: 9-20.
- [11] 庞秋颖. 哈尔滨槭树属植物秋季叶色变化的生理学研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007: 7-9.
- [12] 裘靓. 观赏海棠品种群色彩评价技术研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2011: 13-26.
- [13] WANG L S, SHIRAIISHI A, HASHIMOTO F, et al. Analysis of petal anthocyanins to investigate flower coloration of Zhongyuan (Chinese) and Daikon Island (Japanese) tree peony cultivars[J]. Journal of Plant Research, 2001, 114(1): 33-43.
- [14] DONALD H S. A comparison of the three editions of Royal Horticultural Society colour chart [J]. HortScience, 1998, 33(1): 13-17.
- [15] 向其柏, 刘玉莲. 中国桂花品种图志[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2008: 96.
- [16] 王昆, 刘凤之, 曹玉芬. 苹果种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 30-46.
- [17] 李欣, 沈向, 张鲜鲜, 等. 观赏海棠叶、果、花色彩的数字化描述[J]. 园艺学报, 2010, 37(11): 1811-1817.
- [18] 师萱, 陈娅, 符宜谊, 等. 色差计在食品品质检测中的应用[J]. 食品工业科技, 2009(5): 373-375.
- [19] 刘炜, 潘卫松, 张嘉莹, 等. 色差计法在注射剂溶液颜色检查法中的应用[J]. 药物分析杂志, 2015(12): 2131-2137.
- [20] 李敏, 张宏伟, 于娜. 色差计在检验家具漆膜方面的应用[J]. 林业机械与木工设备, 2014(4): 47-50.
- [21] 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(16): 22-29.
- [22] 马春晖, 李鼎立, 王然. 梨属植物叶片色泽多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(6): 1232-1238.
- [23] 张瑞粉, 朱延林, 杨淑红, 等. 不同时期中红杨叶片色差值与花色苷含量的关系分析[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(2): 151-154.
- [24] 胡永红, 秦俊, 蒋昌华, 等. 上海地区秋色叶成因的调查与分析[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(5): 84-86.
- [25] 赵昶灵, 郭华春. 植物花色苷生物合成酶类的亚细胞组织研究进展[J]. 西北植物学报, 2007, 27(8): 1695-1701.
- [26] 晁月文, 李竞芸, 张广辉. 彩叶植物呈色机理及其育种研究进展[J]. 江苏林业科技, 2008, 35(4): 46-49.
- [27] 唐前瑞. 红檵木遗传多样性及其叶色变化的生理生化研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2001: 11-16.
- [28] 崔晓静. 红叶石楠夜色变化的生理生化研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2008: 13-33.
- [29] 胡敬志, 田旗, 鲁心安. 枫香叶片色素含量变化及其与叶色变化的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(10): 219-223.