

彩叶植物叶片色素含量影响因素研究进展

吴 慧, 王爱波, 潘一展

(商丘学院 风景园林学院, 河南 商丘 476000)

摘 要:彩叶植物叶片色素含量变化除受遗传因素影响之外,还受外界各种因素的影响。现从光照、温度、pH 值、水分、有机物、施肥等方面综述了有关彩叶植物叶片色素含量变化的影响因素,以期对彩叶植物引种栽培提供理论参考。

关键词:彩叶植物;色素含量;影响因素

中图分类号:Q 945.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)08-0197-04

彩叶植物是一类在生长季节或生长季节的某些阶段全部或部分叶片呈现非绿(排除生理、病虫害、栽培和环境条件等外界因素的影响)的植物^[1]。因其色彩艳丽、丰富,观赏期较长,容易形成大片色块、色带等园林景观,在园林绿化、造景中广泛应用,是一类重要的彩叶园林树木。植物体内的色素主要有叶绿素 a、叶绿素 b、胡萝卜素、花色素苷等,其存在的位置和相对含量决定了叶片的颜色。其中花色素苷和类胡萝卜素含量变化是植物呈现彩色的根本因素,其含量变化受遗传因素和外界各种因素的影响。现从光照、温度、pH 值、水分、有机物、施肥等方面综述了有关彩叶植物色素含量变化的影响因素,以期对彩叶植物引种栽培提供理论参考。

1 光照对彩叶植物叶片色素含量变化的影响

光照是影响彩叶植物叶片色素变化的直接因素。史宝胜等^[2]研究了光照对紫叶李叶色发育的影响,表明光照后可以显著增加紫叶李体内 PAL、POD 活性,从而使叶片中类黄酮、多酚等物质含量增加,促进花色素苷的合成,叶片迅速着色,呈现出红色。梁峰等^[3]发现在全光照条件下,元宝枫叶片细胞内花色素苷含量、可溶性糖含量最高,叶绿素含量最低,叶片呈色最好,最具观赏性。杜南等^[4]对金叶接骨木和紫叶风箱果进行遮光处理,发现遮光处理后,叶片中的色素含量均明显增高,叶绿素 a/b 达到甚至超过绿叶植物,在短时期内转绿,失去彩叶植物的观赏价值。戴晓会等^[5]以红花檵木为

研究对象,考察了不同遮阴条件下其叶色变化与色素的关系,结果表明,遮阴使叶色以不同程度由紫红色向绿色变化,叶色参数 a 值明显减小。花色素质量摩尔浓度显著下降,叶绿素、类胡萝卜素质量分数以不同速率增加。叶色参数 a 值与各色素质量分数间均呈极显著相关关系。综上所述,光照的强弱会直接影响各种色素在彩叶植物体内的含量比例,从而影响的叶片呈色。但是并不是光照越强,彩叶植物的叶片越艳丽。不同的植物对光照强度的反应是不同的。如花叶一叶兰在 63% 光照下才能够较好地呈现花叶性状,强光反而使其褪色^[6]。

此外光照时间的长短和光质对彩叶植物叶片呈色也有一定的影响。李红秋等^[7]认为光照时间达 12 h 以上,叶色变化更明显。史宝胜^[8]认为紫叶李经红光、蓝光和黄光处理后花色素显著增加,其含量分别比白光处理的高 43.81% 和 43.95%。而绿光处理的花色素苷含量较低,只是白光处理的 59.15%。此外红光和蓝光处理可显著提高前期花色素苷/叶绿素的比值,但后期白光对比值提高的效果远远高于任何一种单色光。

2 温度对彩叶植物叶片色素含量变化的影响

温度是影响彩叶植物叶色变化的又一重要因素。DEAL^[9]发现随温度升高,红叶鸡爪槭的叶色逐渐转淡并且生长减缓。费芳等^[10]发现加温处理后的红花檵木叶片花色素苷含量明显下降。张冬梅等^[11]发现 4℃ 时挪威槭叶片花色素苷含量显著高于其它温度处理的花色素苷含量,随着温度增加,花色素苷含量降低。但鲁仪增等^[12]发现槭树引进品种“秋天火焰”自由人枫最佳呈色期间对温度的要求较高,日平均气温为 13℃,变化幅度为 9~13℃。孙宜等^[13]研究发现大花卫矛叶绿素含量与平均最高和最低气温呈极显著正相关,类胡萝卜素含量与日平均最高和最低气温呈显著正相关,花色素

第一作者简介:吴慧(1984-),女,硕士,讲师,现主要从事农学类专业化学教学及应用化学等研究工作。E-mail:wuhui19841217@163.com

责任作者:潘一展(1956-),女,本科,教授,现主要从事作物高产栽培生理等研究工作。E-mail:yizhanpan@126.com

基金项目:河南省重点科技攻关资助项目(132102110139)。

收稿日期:2015-12-15

苷含量与日平均最高和最低气温呈极显著负相关。黄印冉等^[14]研究发现昼夜温差为 10℃ 时,叶绿素与类胡萝卜素,叶绿素 a/b 最小,中华金叶榆叶片呈色最佳。许晓波^[15]采用 Logistic 曲线类型建立了平均温度和花色素苷含量之间的一元非线性回归模型,相关系数达 0.952 3 ($P < 0.001$),通过平均温度的变化可以初步推断纳塔栎植株秋季叶色变化情况。

综上所述,高温可以使彩叶植物叶片花色素苷分解,从而使叶色转绿。低温可以促进植物体内花色素苷的合成,但过低的温度也会破坏花色素苷的合成。昼夜温差较大有利于花色素苷的合成。这主要是因为花色素苷对温度有很强的敏感性,其合成与碳水化合物的代谢有关,春秋季节昼夜温差较大,夜间温度低抑制了叶片的呼吸作用,使叶片中糖分积累,从而促进花色素苷的合成。

3 pH 值对彩叶植物叶片色素含量变化的影响

酸性环境有利于花色素苷的合成,使彩叶植物具有更高的观赏性。韩辉等^[16]研究发现酸性土壤(pH 6.65~6.92)可以促进紫花槭秋季叶色发生阶段提前,相对延长紫花槭秋季全变色期的长度,并改善其叶色质量,使叶色更加绚烂多彩。在 pH 为 3.0 时,彩叶扶桑细胞内花色素苷的降解速率最小,而且半衰期最长,花色素苷可以长期呈现鲜艳的红色。随着酸性的减弱,其颜色由红色逐渐减淡^[17]。但是对不同的树种,所适宜生长的 pH 值范围是不同的。谢智华等^[18]研究发现用 pH ≤ 5.5 的营养液处理红花檵木,其叶片叶绿素含量下降,且降幅随处理时间的延长和营养液 pH 值的降低而增大。苏妮妮^[19]也发现酸性环境有利于红叶石楠“红罗宾”花色素苷的合成,进而促进叶色的表达。但是当 pH 为 4.5 时,该酸碱水平在促进花色素苷含量积累的同时,也会在短期内对植物造成伤害。当 pH 为 5.5 时,叶色的表达效果最好,植物没有受到明显损伤。

综上所述,土塘或营养液的 pH 值处于 5.5~7.0 时,更有利于彩叶植物叶色表达。但酸性环境如何影响彩叶植物叶片呈色的生理机制目前尚鲜见报道。

4 水分对彩叶植物叶片色素含量变化的影响

花色素苷在干旱、淹水等胁迫下能被诱导合成^[20]。曹晶等^[21]发现夏、秋季干旱和淹水胁迫均使红叶石楠叶片叶绿素含量降低,花色素苷含量增加。陈继卫等^[22]认为干燥的气候条件可以提高叶片中花色素苷的浓度,从而导致红枫叶色更加红艳。李云飞等^[23]认为紫叶矮樱的叶色在短期的干旱胁迫下,叶色更加深红,呈色效果更好。但是持续干旱不利于彩叶扶桑叶片内花色素苷的积累^[17]。随着水分胁迫程度的加重,紫叶李叶片叶绿素 a、b 及总叶绿素、类胡萝卜素含量下降,叶绿素 a/b 值

明显上升,叶绿素与类胡萝卜素比值下降,花色素苷与叶绿素比值增加,PAL 活性和花色素苷含量上升,导致叶片显色更加明显^[24]。

5 有机物对彩叶植物叶片色素含量变化的影响

有机物中影响彩叶植物色素变化较大的是糖类物质和有机酸。一般情况下,花色素苷的含量随着糖含量增加而增加,但是不同种类糖对花色素苷合成的影响也不同。李玉娟等^[25]发现 8% 蔗糖对提高美国红枫叶叶率效果最好,提高率高达 122.9%。李小康等^[26]发现 3% 柠檬酸及 3% 蔗糖营养液均可显著提高中红杨叶片中花色素苷含量,使叶色加深,观赏价值提高。而有机酸类可以影响植物光敏素合成,间接影响植物体内花色素苷的含量。韩键等^[27]研究发现叶面喷施 L-谷氨酸溶液和鼠李糖溶液后,显著促进了红叶桃花色素苷积累,提高了花色素苷与叶绿素比值,增加了观赏效果。其中 1 000 mg/L L-谷氨酸处理 30 d 对于促进红叶桃叶片着色效果最佳。郑绪辰等^[28]用浓度为 0.5 mmol/L 的水杨酸处理灰毛黄栌,使其叶片观赏期平均推迟 7 d,而浓度为 1.0 mmol/L 的水杨酸处理,使灰毛黄栌叶片的观赏期平均提前了 3 d;喷施 4.8 mmol/L 的柠檬酸和 200.0 mmol/L 的蔗糖溶液,都能显著提高灰毛黄栌叶片中花色素苷的相对含量,使叶片更红,并且使叶片的观赏期分别提前了 6 d 和 9 d。

6 施肥对彩叶植物叶片色素含量变化的影响

N、P、K 在植物生长过程中起着非常重要的作用。配比施肥中适量增加氮肥比例,可使植株茎秆粗壮、长势旺。但是高的氮肥比例会提高植物体内叶绿素的比例,不利于彩叶植物叶色表达。低磷条件会影响植物叶绿素的合成,且有利于叶片中花色素苷的形成^[29]。陆秀君等^[30]认为 N、P、K 比例为 3:1:2 施肥处理的植株,其叶片变色最早,在延长美国红枫幼苗变色期方面为最优施肥配比。在各种光照条件下,叶面喷施 3% 的 KH_2PO_4 可显著提高中红杨叶片中花色素苷含量,使叶色加深,观赏价值提高^[26]。刘振平等^[31]发现喷施 1% 尿素的紫叶矮樱叶绿素含量高,其光合特性也比较强。而喷施 0.8% 硫酸钾的紫叶矮樱花色素苷含量比较高,但是其光合特性指标却比对照低。苏妮妮^[19]认为增加营养液中 K^+ 的水平能够促进红叶石楠叶色变红,延长红叶时间,但同时 K^+ 超过一定浓度也会导致叶片受伤害。陈芳等^[32]认为叶面分别喷施 1.2% 钾肥和 1% 磷肥有助于解决金叶白蜡叶片夏季明显返绿的问题,提高其夏季的园林观赏价值。

7 其它外界因素对彩叶植物叶片色素含量变化的影响

除受以上因素影响外,盐分、其它元素、植物生长调

剂剂等也影响彩叶植物叶片色素含量。杜南等^[33]研究发现金叶接骨木叶绿素 a 含量随着盐分的升高而逐渐增加,叶色呈金黄色,紫叶风箱果在高盐处理后,叶绿素 a 明显增加,但部分叶片枯萎呈黑色。另外,一些特殊的元素也会影响彩叶植物的叶色表达。吴丽丽等^[34]研究了稀土元素 Eu^{3+} 处理下红叶石楠色素含量及 PAL 活性的影响,发现稀土元素 Eu^{3+} 处理一定程度提高了花青苷含量和 PAL 活性。其作用机制可能是 Eu^{3+} 通过细胞膜上的钙离子转运系统进入细胞内部,取代 Ca^{2+} -CaM 信号系统中的 Ca^{2+} 形成 Eu^{3+} -CaM 和(或) Eu^{3+} - Ca^{2+} -CaM 复合物,替代 Ca^{2+} 启动钙信号系统激活靶酶,调节酶功能效应,进而调控植物的一系列生理生化过程。植物生长调节剂作为一类激素在彩叶植物叶色表达上也有一定的应用研究。郑绪辰等^[28]发现使用浓度为 0.01 mmol/L 的赤霉素处理可以推迟灰毛黄栌的落叶期,从而使叶片观赏期平均延后 5 d。周肖红等^[35]认为施用适当浓度的乙烯利有利于延长黄栌红叶的观赏期。

8 结语

彩叶植物在生长季节呈现艳丽的色彩,在丰富园林景观方面起着非常重要的作用。其色素含量变化是内外多种因素共同作用的结果。遗传因素是内因,决定了彩叶植物的色泽。外界环境因素是诱因,在一定程度上决定彩叶植物叶片开始变色的时间、变色期的长短、变色的品质等。因此,在彩叶树种选择,栽培及养护过程中,要充分考虑当地的环境因素,合理的进行规划配置彩叶树种。既便于管理,又能形成优美的园林景观。

参考文献

- [1] HONG L, ZHUO L H. The classification of colorful-leaf tree species and the application in landscape architecture[J]. Journal of Northeast of Agricultural University, English Edition, 2008, 15(1): 67-69.
- [2] 史宝胜,卓丽环,杨建民. 光照对紫叶李叶色发育的影响[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(4): 16-18.
- [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]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2009, 29(1): 41-45.
- [4] 杜南,张亚非,黄俊华,等. 光强及土壤盐分对两种彩叶植物叶片色素的影响[J]. 广东农业科学, 2014(11): 48-52.
- [5] 戴晓会,周兰英,侯利钦,等. 不同遮荫条件下红花檵木叶色变化与色素的关系[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(3): 62-65.
- [6] STAMPS R H. 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.
- [7] 李红秋,刘石军. 光强度和光照时间对色叶树叶色变化的影响[J]. 植物研究, 1998, 18(2): 194-208.
- [8] 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.
- [9] DEAL D L. Leaf color retention dark respiration and growth of red-leafed Japanese maples under high night temperature[J]. Journal of the America Society for Horticultural Science, 1990, 115(1): 135-140.
- [10] 费芳,王慧颖,唐前瑞. 温度对红花檵木叶色的影响研究[J]. 湖南理工学院学报, 2008, 21(2): 88-90.
- [11] 张冬梅,马晓,苏金乐,等. 挪威槭叶片花色素苷的提取及稳定性研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(13): 3055-3056.
- [12] 鲁仪增,赵立军,高广臣,等. 槭属引进品种秋叶色表达及其与温湿度之间的关系[J]. 山东林业科技, 2014(6): 46-48.
- [13] 孙宜,李鹏. 大花卫矛秋季叶色素变化及与温度的关系[J]. 北方园艺, 2015(10): 75-78.
- [14] 黄印冉,刘易超,张均营. 昼夜温差对中华金叶榆叶色的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(7): 31-34.
- [15] 许晓波. 新优树种纳塔栎秋叶色变化及其对环境的适应性[J]. 中国农学通报, 2015, 31(16): 14-18.
- [16] 韩辉,宫伟. 不同土壤酸碱度对紫花槭秋季叶色变化的影响[J]. 吉林农业, 2010(6): 76-80.
- [17] 姚小红. 环境因子对彩叶扶桑叶色生理变化影响的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [18] 谢智华,姜卫兵,张斌斌,等. 不同酸度营养液对红花檵木叶片色素及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(6): 239-243.
- [19] 苏妮妮. 不同水平对红叶石楠叶色和生理的影响[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.
- [20] SHERWIN H W, FARRANT J M. Protection mechanisms against excess light in the resurrection plants *Craterostigma willmssii* and *Xerophyta viscose*[J]. Plant Growth Reg, 1998(24): 203-210.
- [21] 曹晶,姜卫兵,翁忙玲,等. 夏秋季旱涝胁迫对红叶石楠光合特性的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 163-172.
- [22] 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, 2010, 36(2): 181-186.
- [23] 李云飞,李彦慧,王中华,等. 土壤干旱胁迫对紫叶矮樱叶片呈色的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3678-3683.
- [24] 许颖颖,郝玉苹,王刚,等. 水分胁迫对紫叶李叶片色素含量与活性的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(2): 168-172.
- [25] 李玉娟,张健,李敏,等. 蔗糖和不同外源激素处理对美国红枫叶色的影响[J]. 广西农学报, 2009, 24(6): 27-28.
- [26] 李小康,朱延林,宁豫婷,等. 不同光照条件下外施营养液对红杨叶色变化的影响[J]. 上海农业学报, 2008, 24(2): 20-24.
- [27] 韩键,尚高攀,张斌斌,等. 夏季叶面喷施 L-谷氨酸和鼠李糖对红叶桃叶片色素变化及相关生理特性的影响[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(3): 19-24.
- [28] 郑绪辰,葛雨萱,王丽金,等. 赤霉素、水杨酸、柠檬酸和蔗糖对灰毛黄栌叶色变化的影响[J]. 园艺学报, 2013, 40(11): 2199-2206.
- [29] SUL J H. Effects of different leaves of nitrogen application on change in leaf-variegation of *Lonicera japonica* var. *Aureo-reticulata* under varied light intensity[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1990, 31(4): 444-448.
- [30] 陆秀君,葛根塔娜,梅梅,等. N、P、K 配比施肥对美国红枫幼苗生长及叶色变化的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(5): 9-15.
- [31] 刘振平,张吉立,张金安,等. 营养元素对紫叶矮樱叶片色素性质及光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2010(2): 104-106.
- [32] 陈芳,缴莉莉,郭智涛,等. 叶面喷施磷酸钾肥对金叶白蜡叶色及相关生理特性的影响[J]. 河北农业大学学报, 2013, 36(5): 48-53.
- [33] 杜南,张亚非,黄俊华,等. 光强及土壤盐分对两种彩叶植物叶片色素的影响[J]. 广东农业科学, 2014(11): 48-52.
- [34] 吴丽丽,高永生,黄伟峰,等. 稀土 Eu^{3+} 对不同光强下红叶石楠色素含量及 PAL 活性的影响[J]. 中国稀土学报, 2011, 29(2): 217-223.
- [35] 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): 59-62.

DOI:10.11937/bfyy.201608054

国内花卉三维可视化研究进展

李 辉¹, 罗 敏², 何 兴 无³

(1. 成都农业科技职业学院 信息技术分院, 四川 成都 611130; 2. 四川水利职业技术学院 信息工程系, 四川 崇州 611200;
3. 成都师范学院 网络与信息管理中心, 四川 成都 611130)

摘 要:花卉作为自然景观中的重要组成元素,其品种繁多、形态各异、结构复杂、纹理丰富,并且具有很强的特征性,再加上光照、风力等细节的影响,其三维可视化存在较大难度。花卉植物形态及其生长发育可视化已成为计算机图形图像学领域的研究热点和难点之一。现分别从花卉形态三维可视化研究内容、建模方法、动态模拟以及业界现状等方面进行综述,分析并比较了一些典型方法的基本原理、关键技术、制作方法和优缺点;最后对该领域未来的发展趋势进行了展望。

关键词:花卉;三维;可视化;建模;图形;图像

中图分类号:TP 391 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)08-0200-04

随着计算机三维技术的发展,花卉植物形态及生长发育可视化研究越来越广泛地运用于教育科研、园林园艺等领域,具有广泛的应用价值。与草体、树木等其它植物相比,花卉的几何结构更为复杂,纹理表现也更细微和丰富,再加上光照、风力等细节的影响,使得花卉的三维可视化研究成为计算机图形图像领域的热点与难点之一。

1 花卉三维可视化研究内容

花卉三维可视化的研究内容主要包括 2 个方面:一是基于计算机图形学实现花卉形态结构的三维重现与仿真;二是基于花卉生理学实现花卉动态生长过程的模

拟。前者更注重三维仿真效果的视觉体验,后者更遵从花卉植物的生长规律。有的研究也将二者相结合,通过逼真的外观形态展现具有一定理论真实性的花卉生长过程。

2 花卉三维可视化建模方法

花卉形态的三维可视化建模方法主要有 2 种:一是图形方法,通过虚拟出结构的拓扑表达式来描述花卉植物的形态特征。二是图像方法,通过分析和处理自然花卉植物图像,获取其二维几何信息和拓扑信息,提炼出三维几何特征值,再根据相关三维重建算法将这些特征值重构成花卉的三维模型(图 1)。

2.1 图形方法

构造花卉植物形态三维可视化的图形方法主要有分形方法、L-系统、交互方法和随机过程法。

2.1.1 分形方法 分形几何的核心思想是非规则几何形态其局部形状和整体形态的自相似性。分形以非常简单的方法确定,花卉建模主要采用迭代函数系统

第一作者简介:李辉(1981-),女,四川资中人,硕士,讲师,现主要从事数字农业与虚拟现实技术等研究工作。E-mail:lhdxl2005@163.com.

基金资助:四川省教育厅自然科学一般资助项目(16ZB0417);四川省教育厅教改资助项目(14-21-202);成都农业科技职业学院教改资助项目(JG2015-01)。

收稿日期:2015-12-16

Research Advance on Effect Factor of Leaf Pigment Content in Colored-leaf Plants

WU Hui, WANG Aibo, PAN Yizhan

(The Academy of Landscape, Shangqiu University, Shangqiu, Henan 476000)

Abstract: In addition to genetic factors, content change of the leaf pigment in colored-leaf plants are influenced by outside factors. These have been reviewed from several aspects, including light, temperature, pH value, water, organics, fertilization and others. It was expected to provide reference for introduction and cultivation of colored-leaf plants.

Keywords: colored-leaf plants; pigment content; effect factors