

不同品种矾根叶色素含量与叶色参数的关系

孙桂芳¹, 赵艺璇¹, 杨建伟^{2,3}, 刘秋萍¹, 刘冬云¹

(1. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071000; 2. 兴隆县城市管理行政执法局, 河北 兴隆 067300; 3. 兴隆县林业局, 河北 兴隆 067300)

摘要:以7个矾根品种为试材, 对其叶绿素、类胡萝卜素、花色素苷及叶色参数(a^* 、 b^* 、 L^* 、 C^*)进行分析测定。通过多元逐步回归分析不同品种矾根叶色素含量与叶色相关性, 结果表明: 不同品种矾根叶绿素含量与色相 a^* 成负相关, 花色素苷与色相 a^* 成正相关; b^* 、 L^* 和 C^* 均与叶绿素和花色素苷含量成负相关; 各叶色参数与类胡萝卜素含量无显著相关性, 未被引入各回归方程。进一步分析表明叶绿素 a 、花色素苷与叶色参数显著相关 ($P < 0.05$), 叶绿素 b 与 b^* 显著相关 ($P < 0.05$), 与其他叶色参数无显著相关性, 类胡萝卜素与各叶色参数无显著相关性。综合研究表明叶绿素 a 和花色素苷对矾根叶色的形成具有显著影响, 叶绿素 b 与类胡萝卜素对各叶色参数无显著影响。

关键词: 矾根; 叶色参数; 叶色素

DOI: 10.3969/j.issn.1673-2065.2019.01.004

作者简介: 孙桂芳 (1992—), 女, 河北张家口人, 硕士研究生;

赵艺璇 (1994—), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生。

基金项目: 河北省重点研发计划——农业关键共性技术攻关专项项目 (17226320D)

中图分类号: Q945.79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-2065(2019)01-0013-04 **收稿日期:** 2018-07-19

植物叶色是各种色素综合作用的结果, 不同色素的种类及其含量大小决定最终叶色的形成^[1-2]。胡永红^[3]等人的研究表明彩叶植物叶色变化的主要原因是由于叶片中色素含量的比例与种类变化引起的。目前, 国内学者在菊花 (*Dendranthema morifolium*)^[4]、红继木 (*Loropetalum chinense var. rubrum*)^[5]、金叶银杏“万年金” (*Cinkgo biloba 'Wannianjin'*)^[6]等植物的叶色遗传、生理等方面已有一些研究。矾根 (*Heuchera micrantha*) 为虎耳草科矾根属植物, 常用于花坛、花带或花境中, 是北方优良的宿根花卉。目前对于矾根的研究主要集中在抗性^[7-8]及繁殖^[9]等方面, 对其成色及叶色与色素关系等研究较少。通过对7个矾根品种的叶色参数 (a^* 、 b^* 、 L^* 、 C^*)、叶绿素、类胡萝卜素和花色素苷含量进行分析, 探讨不同品种矾根叶色与叶色素的关系, 旨在为提高彩叶植物的观赏价值及优良品种的选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2018年5月在河北农业大学智能温室进行。选用7个矾根品种, 分别以酒红、香芋、草莓漩涡、提拉米苏、怡糖、甘茶和蜜桃冰沙为材料。各选取5株生长良好、长势一致植物材料进行正常养护管理, 栽培2个月后选取各品种自上而下第5对功能叶进行各项指标的测定。

1.2 试验方法

1.2.1 色素含量测定

叶绿素、类胡萝卜素含量测定参照杨建伟^[10]的方法, 花色素苷测定参照马志本^[11]的方法, 每品种3次重复。

1.2.2 色差的测定

叶片色度的测定参照 Wang^[12]方法。采用日本产 Minolta CR-400 型全自动色差计测定叶片颜色, C 光源, 测色光斑直径为 8 mm, 随机选取叶色长势相近的自上而下第 5 对功能叶进行测定, 记录亮度值 (L^*), 色相值 (a^*), 色相值 (b^*) 值。其中, L^* 表示颜色亮度, 值越大亮度越高, 0 表示黑色, 100 表示白色; a^* 值表示所测样品颜色的红绿浓度, 值越大红色越深, 值越小绿色越深; b^* 值表示所测样品颜色的黄蓝浓度, 值越大黄色越深, 值越小蓝色越深。参考 McGuire 方法计算饱和度 (C^*), 公式如下: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, 值越大, 彩度越大, 所有指标测定重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同品种砷根叶色素含量 (测定一次没有显示变化)

不同品种砷根叶色素含量如表 1 所示, 酒红叶绿素 a 含量最高, 草莓漩涡次之, 香芋、提拉米苏、怡糖、甘茶、蜜桃冰沙叶绿素 a 含量最低。草莓漩涡和酒红的叶绿素 b 含量最高, 怡糖、香芋含量次之, 再次为甘茶和蜜桃冰沙, 提拉米苏最低。草莓漩涡和酒红的叶绿素总量最高, 怡糖、香芋、甘茶、提拉米苏叶绿素总量依次降低, 蜜桃冰沙含量最低。草莓漩涡和酒红的类胡萝卜素含量最高, 怡糖和香芋次之, 再次为甘茶和蜜桃冰沙, 提拉米苏含量最低。酒红的花色素苷含量最高, 甘茶含量次之, 再次为香芋和蜜桃冰沙, 怡糖、提拉米苏依次降低, 草莓漩涡含量最低。

品种	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量	类胡萝卜素	花色素苷
酒红	0.771±0.008Bc	0.335±0.001Ab	1.106±0.009Bb	0.393±0.003Aa	2.234±0.014Aa
香芋	0.255±0.035DEf	0.073±0.023Bab	0.328±0.057DEde	0.106±0.007Cc	0.507±0.014Cc
草莓漩涡	1.044±0.026Ab	0.376±0.041Ab	1.424±0.067Aa	0.368±0.013Ab	0.065±0.013Gg
提拉米苏	0.151±0.009Ff	0.023±0.014Bb	0.171±0.022Ff	0.104±0.006Cc	0.108±0.005Ff
怡糖	0.306±0.007Cc	0.081±0.012Bc	0.387±0.006Cc	0.149±0.002Bb	0.293±0.003Ee
甘茶	0.219±0.006Cb	0.037±0.001Bbc	0.256±0.005EFe	0.115±0.004Cc	0.893±0.006Bb
蜜桃冰沙	0.167±0.008EFf	0.037±0.021Bab	0.204±0.027EFef	0.077±0.006Dd	0.426±0.008Dd

注: 大写字母表示不同处理之间差异达到极显著水平 ($P < 0.01$); 小写字母表示不同处理之间差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 下同。

2.2 不同品种砷根叶色参数

不同品种砷根叶色参数如表 2 所示, 蜜桃冰沙和甘茶的色相值 (a^*) 最高, 分别为 11.966、11.703, 酒红次之; 香芋、怡糖依次降低, 且差异不显著, 再次之为提拉米苏; 草莓漩涡 a^* 最低为 -17.233。提拉米苏色相值 (b^*) 最高为 54.013, 怡糖次之为 43.742; 再次之为香芋、草莓漩涡和甘茶且 3 者无显著差异; 蜜桃冰沙和酒红依次降低, 其中酒红最低为 8.157。提拉米苏亮度值 (L^*) 最高为 73.577, 怡糖、蜜桃冰沙、草莓漩涡、香芋次之; 再次之为甘茶, 酒红最低为 31.123。提拉米苏饱和度 (C^*) 最高为 54.998, 怡糖次之; 再次之为草莓漩涡、甘茶、香芋、蜜桃冰沙; 酒红 C^* 最低为 8.401。

表 2 不同品种砷根叶色参数的比较

品种	a^*	b^*	L^*	C^*
酒红	2.000±0.228Bb	8.157±0.214Ee	31.123±0.528Ee	8.401±0.177Ee
香芋	-7.757±0.243Cc	25.024±1.185Cc	46.687±1.312Cc	26.198±1.101Cc
草莓漩涡	-17.233±0.217Ee	24.017±0.072Cc	51.163±1.571Bb	29.559±0.083Bb
提拉米苏	-10.377±0.366Dd	54.013±0.892Aa	73.577±0.915Aa	54.998±0.911Aa
怡糖	-8.267±0.344Cc	43.742±1.007Bb	57.307±0.987Ab	44.515±1.023Ab
甘茶	11.703±0.962Aa	24.057±1.219Cc	40.747±0.327Dd	26.776±0.685Cc
蜜桃冰沙	11.966±0.355Aa	18.407±0.337Dd	52.337±1.665Bb	21.955±0.451Dd

2.3 不同品种矾根叶色素含量与叶色的相关性分析

以叶色参数 a^* 、 b^* 、 L^* 和 C^* 为因变量,叶绿素 a (T_{CHa})、叶绿素 b (T_{CHb})、类胡萝卜素 (T_{AC}) 和花色素苷 (T_A) 为自变量,进行多元逐步线性回归分析,变量引入的显著水平为 0.05,探讨不同矾根品种叶色素与叶色之间的关系。结果如下:

$$a^* = -5.305 - 3.558 T_{CHa} - 2.093 T_{CHb} + 1.521 T_A \quad (R = 0.856);$$

$$b^* = 20.807 - 2.43 T_{CHa} - 2.177 T_{CHb} - 1.523 T_A \quad (R = 0.979);$$

$$L^* = 63.694 - 4.611 T_{CHa} - 1.469 T_{CHb} - 1.816 T_A \quad (R = 0.989);$$

$$C^* = 22.121 - 1.85 T_{CHa} - 2.456 T_{CHb} - 1.477 T_A \quad (R = 0.988)。$$

回归分析表明:不同品种矾根的叶绿素 a、叶绿素 b 与 a^* 呈负相关关系,花色素苷与 a^* 呈正相关关系,即叶绿素含量的增加使叶片红色减弱,花色素苷含量的增加使红色增强。不同品种矾根叶绿素 a、叶绿素 b 及花色素苷与 b^* 、 L^* 和 C^* 呈负相关关系,及叶绿素含量的增加使得叶片的红、黄色调和明度降低,花色素苷的增加,将使叶片色泽变深,明亮度减弱。类胡萝卜素含量未被引入各回归方程,表明类胡萝卜素对叶色的变化没有贡献,叶绿素含量的绝对系数绝对值最大,表明叶绿素含量对不同品种矾根叶色的影响最大。

不同矾根叶色与叶色素含量相关系数如表 3 所示。矾根叶绿素 a 与 b^* 、 L^* 和 C^* 相关系数分别为 -0.842、-0.747、-0.803、-0.805,呈显著负相关 ($P < 0.05$);叶绿素 b 与 b^* 相关系数为 -0.715,呈显著负相关 ($P < 0.05$);类胡萝卜素与各叶色参数无显著相关性;花色素苷与 a^* 相关系数为 0.945,呈极显著正相关 ($P < 0.01$),与 b^* 、 L^* 呈负相关 ($P < 0.05$)。说明叶绿素 a 与花色素苷是影响矾根叶色的主要色素。

表 3 不同品种矾根叶色与叶色素含量的相关系数

叶色参数	叶绿素 a	叶绿素 b	类胡萝卜素	花色素苷
a^*	-0.842 *	-0.381	-0.125	0.945 * *
b^*	-0.747 *	-0.715 *	-0.168	-0.672 *
L^*	-0.803 *	-0.473	-0.125	-0.801 *
C^*	-0.805 *	-0.488	-0.232	-0.743 *

注: *表示两指标之间显著相关 ($P < 0.05$); * *表示两指标间极显著相关 ($P < 0.01$)。

3 结论与讨论

叶绿素、类胡萝卜素和花色素苷都属于次生代谢物,它们共同决定着植物叶片器官的着色^[13]。将植物叶色用 a^* 、 b^* 、 L^* 和 C^* 数字化后,通过多元逐步回归建立起叶色与叶色素组成的关系,研究色素含量对植物叶色的影响。通过多元线性逐步回归分析可知,不同品种矾根叶绿素含量与反映绿、红属性的色相 a^* 呈负相关关系,花色素苷与 a^* 呈正相关关系,表明叶绿素含量的下降,花色素苷含量的增加造成了矾根叶色绿色减退红色凸显。在叶色变化过程中,不同品种矾根叶绿素与花色素苷均与 b^* 、 L^* 和 C^* 呈负相关,即叶绿素与花色素苷含量的降低使叶片色泽变浅,明亮度增加。类胡萝卜素未被引入各回归方程,与各叶色参数无显著相关性,对矾根叶色的形成无显著影响。通过对不同品种矾根叶色与色素含量进行相关性分析,发现矾根叶绿素 a、花色素苷与叶色参数显著相关,叶绿素 b 与 b^* 显著相关 ($P < 0.05$),与其它叶色参数无显著相关性,类胡萝卜素与各叶色参数无显著相关性。试验研究发现,提拉米苏和甘茶的叶绿素 a/b 的值显著大于其它品种,导致两种矾根叶色红色色泽较强,此结论与孟力力^[14]等的研究一致。综合分析表明叶绿素 a 和花色素苷对矾根叶色的形成具有显著影响,叶绿素 b 与类胡萝卜素对各叶色参数无显著影响。

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] 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.

- [3] 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.
- [4] 常青山,陈发棣,滕年军,等.菊花黄绿叶突变体不同类型叶片的叶绿素含量和结构特征比较[J].西北植物学报,2008,28(9):1772-1777.
- [5] 唐前瑞,陈德富,陈友云,等.红檵木叶色变化的生理生化研究[J].林业科学,2006,42(2):111-115.
- [6] 郁万文,祝遵凌,曹福亮,等.金叶银杏半同胞子代无性系的叶色和色素含量变化及呈色机制分析[J].植物资源与环境学报,2016,25(1):43-53.
- [7] 王建强,邓永成.低温胁迫对银叶菊和矾根抗寒生理指标的比较研究[J].中国农学通报,2014,30(7):224-227.
- [8] 秦登,唐吕君,陈尧,等.夏季高温环境下3个矾根品种的光合特性比较[J].西北林学院学报,2014,29(3):32-36.
- [9] 王晶,刘立功,左丽娟,等.柔毛矾根组培快繁技术研究[J].北方园艺,2012(23):116-118.
- [10] 杨建伟,孙桂芳,赵丹,等.干旱胁迫对麻叶绣线菊光合及荧光参数的影响[J].河北农业大学学报,2018,41(3):49-54.
- [11] 马志本,程玉娥.关于苹果果实表而花青素含量的化学测定方法[J].中国果树,1984(4):49-51.
- [12] WANG L S, HASHIMOTO F, SHIRAIISHI A, et al. Coloration and pigmentation of tree peony cultivars of the Northwest of China[J].J.Jpn.Soc. Hort.Sci,2000, 69(2):233.
- [13] 李雪飞,韩甜甜,董彦,等.紫叶稠李叶片色素与氮含量与其光谱反射特性的相关性[J].林业科学,2011,47(8):75-81.
- [14] 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.

The Relationship Between Pigment Content and Leaf Color Parameters of Different *Heuchera Micrantha*

SUN Guifang¹, ZHAO Yixuan¹, YANG Jianwei^{2,3}, LIU Qiuping¹, LIU Dongyun¹

(1. College of Landscape Architecture and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071000, China; 2. Xinglong City Mangement and Administration Execution Bureau, Xinglong, Hebei 067300, China; 3. Forestry Bureau of Xinglong County, Xinglong, Hebei 067300, China)

Abstract: The parameters of chlorophyll, carotenoid, anthocyanin and leaf color (a^* , b^* , L^* , C^*) are analyzed with seven kinds of *Heuchera micrantha*. Multipal stepwise regression analysis is carried out on the correlation of the content of chlorophyll and leaf color. The results show that the chlorophyll content of different varieties is negatively correlated with Hue a, and anthocyanin is positively correlated with Hue a. Chlorophyll and flower pigment glycosides and b^* , L^* and C^* have a negative correlation respectively. All leaf color parameters and carotenoids have no significant correlation and are not introduced into the regression equation. A further study shows that Chlorophyll a, flower pigment glycosides have a significant correlation with the leaf color parameters ($P < 0.05$), that Chlorophyll b has a significant correlation with b^* ($P < 0.05$) and no significant correlation with the rest of leaf color parameters, that carotenoid has no significant correlation with every leaf color parameter. Comprehensive studies show that Chlorophyll a and anthocyanin have a significant influence on the formation of *Heuchera micrantha* leaf color, and Chlorophyll b and carotenoid have no significant effect on leaf color parameters.

Key words: *Heuchera micrantha*; leaf color parameter; chlorophyll

(责任编辑: 李建明 英文校对: 李玉玲)