

九种不同类型彩叶植物色素含量的季节性变化研究

许丽颖¹, 王庆芬², 张俊晟¹, 王立凤¹, 肖杰¹

(1. 牡丹江师范学院 生命科学与技术学院, 黑龙江 牡丹江 157012; 2. 长春建筑学院 建筑与规划学院, 吉林 长春 130607)

摘 要:以 9 种不同类型彩叶植物为试材, 分析比较了不同植物叶片叶绿素、类胡萝卜素和花青素含量及其比值的季节性变化规律, 研究了彩叶植物叶片呈色的原因。结果表明: 不同类型彩叶植物色素含量中叶绿素类含量以李树(对照)最高; 类胡萝卜素的含量为金山绣线菊最高; 花青素的含量为紫叶李最高。季节方面, 叶绿素含量随着季节的变化为夏季最高, 秋季最低; 类胡萝卜素和花青素含量随季节变化趋势不稳定。色素比中, 叶绿素/类胡萝卜素、叶绿素/花青素的比值为夏季最高, 秋季最低; 类胡萝卜素/花青素的比值为绿色植物秋季最高, 春季最低; 双色叶植物春季最高, 夏季最低, 其它彩色植物春季最高, 秋季最低。

关键词:彩叶植物; 叶绿素; 花青素; 类胡萝卜素

中图分类号:S 687 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)06-0059-04

彩叶植物是叶片颜色不同于绿色叶片的一类植物的总称。它依据色彩在叶面上的分布和色彩呈现的时期分为秋色叶、春色叶、常色叶、双色叶、斑色叶五大类。彩叶植物呈现彩色的直接原因就是叶片中的色素种类和比例发生了变化^[1]。高等植物叶片颜色因为 3 类, 并因主要色素含量和分布的不同而表现的不同, 即包括叶绿素类、胡萝卜素类和类黄酮类色素(又称花青素)^[1]。大量研究表明, 彩叶植物的叶色表现是由遗传因素和外部环境共同作用的结果, 通过改变植物叶片中各种色素的种类、含量以及分布形成了多彩的叶色。胡永红等^[2]研究认为, 秋色叶的叶色变化主要是由于光合产物的变化, 引起植物叶片内各种色素的比例发生变化, 致使叶片呈现不同色彩。虽有对彩叶植物色素与叶色的相关报道, 但对多种彩叶植物各种色素的含量与季节性变化

的系统比较尚鲜见研究。现通过对 9 种彩叶植物的色素含量及其季节性变化规律的研究, 探讨不同彩叶类型植物色素的含量和色素比及其季节性变化规律, 以为彩叶植物呈色机理和园林应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2011 年 6~9 月在牡丹江师范学院校园内进行, 试材见表 1, 以李树为对照。各植物生长良好, 管理正常。取样时期分别在 5 月下旬(春季)、7 月中旬(夏季)和 9 月中旬(秋季), 选择天气晴朗 8:00~9:00 时进行取样。取样植株选择可接受全光照, 树龄为已经开花结果、多年的成龄树树冠外围南侧枝条中上部叶片, 取回后用蒸馏水洗净, 并擦干备用。

表 1 供试植物材料及特点

植物名称	拉丁文	科属	呈色时期及叶色
李树(CK)	<i>Prunus</i>	蔷薇科、李属	常色叶, 绿色
金山绣线菊	<i>Spiraea × bumalda</i> 'Goulden Mound'	蔷薇科、绣线菊属	常色叶, 金黄色
金叶连翘	<i>Forsythia koreana</i> 'Sun Gold'	木犀科、连翘属	常色叶, 黄色
金焰绣线菊	<i>Spiraea × bumalda</i> cv. Coldfiame	蔷薇科、绣线菊属	常色叶, 黄色
紫叶李	<i>Prunus cerasifera</i> cv. Pissardii	蔷薇科、李属	常色叶, 紫红色
王族海棠	<i>Malus rostrata</i>	蔷薇科、苹果属	常色叶, 紫红色
小叶红(红花檵木)	<i>Lorpetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i>	金缕梅科、檵木属	常色叶, 红色
红叶海棠(红宝石海棠)	<i>Malus yunnanensis</i> var. <i>veitchii</i>	蔷薇科、苹果属	常色叶, 深红色
鸭跖草(吊竹梅)	<i>Zebrina pendula</i> Schnizl	鸭跖草科、吊竹梅属	常色叶, 绿色与白色相间

第一作者简介:许丽颖(1982-), 女, 吉林辽源人, 硕士, 讲师, 现主要从事园林教学与设计等方面的工作。E-mail:swxxly@126.com.

基金项目:牡丹江师范学院青年学术骨干资助项目(G201004)。

收稿日期:2012-12-17

1.2 试验方法

1.2.1 叶绿素含量测定 取叶片 0.5 g, 剪碎放入试管中, 加入 V 乙醇: V 丙酮=1:1 的混合液于暗处浸提 12 h 后, 分别于 662、644、440 nm 下测定光合色素(叶绿素和类胡萝卜素)含量, 以干重计^[3-4]。

1.2.2 花青素含量测定 称取叶片 0.5 g,剪成 2~3 mm 碎片,置具塞三角瓶中,加 0.1 mol/L HCl 溶液 10 mL,置 32℃ 温箱中浸提 8 h,期间摇动 3 次,4 000 r/min 离心 15 min,取上清液于 530 nm 下比色,记录 OD 值。以 OD 值为 0.100 时的花青素浓度为 1 个单位,按公式 $OD_{530}/0.1W$ 计算花青素含量,以干重计^[3-4]。3 次重复,取平均值。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 和 DPS 软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同彩叶植物色素含量的季节性变化

2.1.1 不同彩叶植物叶绿素含量的季节性变化 由表 2 可以看出,试材中叶绿素 a 含量最高的是李树(对照),其次是紫叶李、小叶红、鸭趾草、金焰绣线菊、王族海棠、金山绣线菊、红叶海棠,每个季节的含量高低均与前一致,含量最低的是金叶连翘,与对照相比呈极显著差异 ($P<0.01$),其它品种间除紫叶李外均与对照差异显著 ($P<0.05$)。对照与金叶连翘二者在不同季节的比例分别为 6.97、6.10 和 5.36,随着季节的变化,二者的比例在缩小,说明金叶连翘在秋季的叶绿素 a 含量有上升的趋势。而且所有试材的叶绿素 a 含量都随着季节变化呈现先升高后降低的趋势,除金叶连翘和鸭趾草外,其它

植物的叶绿素 a 含量秋季都低于春季。由表 2 可以看出,试材中叶绿素 b 含量最高的是对照,其次是紫叶李、小叶红、鸭趾草、金焰绣线菊、王族海棠、金山绣线菊、红叶海棠,每个季节的含量高低均与前一致,含量最低的是金叶连翘,二者之间变化差异极显著 ($P<0.01$),其它品种间除紫叶李外均与对照差异显著 ($P<0.05$)。对照与金叶连翘二者在不同季节的比例分别为 49.5、43.3 和 58.3。二者的比例随季节变化在扩大,这与对照的叶绿素 b 含量在秋季高于春季有关。所有试材的叶绿素 b 含量都随着季节变化呈现先升高后降低的趋势,除对照和金山绣线菊外,其它植物的叶绿素 b 含量秋季都低于春季。由表 2 可以看出,试材中总叶绿素含量最高的是对照,变化规律同叶绿素 a,品种间除紫叶李外,均与对照差异显著 ($P<0.05$),含量最低的是金叶连翘,二者之间变化差异极显著 ($P<0.01$)。二者在不同季节的比例分别为 10.62、9.27 和 8.91。随着季节的变化,二者的比例在缩小,说明金叶连翘在秋季的叶绿素含量有上升的趋势,这与其叶绿素 a 的含量上升有关。而且所有试材的叶绿素含量都随着季节变化呈现先升高后降低的趋势,除金叶连翘和鸭趾草外,其它植物的叶绿素含量秋季都低于春季。

表 2 不同彩叶植物叶绿素含量的季节变化

植物	叶绿素 a 含量			叶绿素 b 含量			总叶绿素含量		
	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季
李树(CK)	0.5132aA	0.6231aA	0.4621aA	0.3418aA	0.4117aA	0.3612aA	0.8550aA	1.0348aA	0.8233aA
金山绣线菊	0.1618bA	0.1967bA	0.1542bA	0.0282bA	0.0412bA	0.0291bA	0.1900bA	0.2379bA	0.1833bA
金叶连翘	0.0736bB	0.1021bB	0.0862bB	0.0069bB	0.0095bB	0.0062bB	0.0805bB	0.1116bB	0.0924bB
金焰绣线菊	0.2165bA	0.2713bA	0.1989bA	0.0498bA	0.0612bA	0.0432bA	0.2663bA	0.3325bA	0.2421bA
紫叶李	0.3359aA	0.4821aA	0.3021aA	0.2533aA	0.3328aA	0.2321aA	0.5892aA	0.8149aA	0.32531aA
王族海棠	0.1899bA	0.2319bA	0.1546bA	0.0441bA	0.0660bA	0.0452bA	0.2340bA	0.2979bA	0.1998bA
小叶红	0.2461bA	0.2981bA	0.2413bA	0.1116bA	0.1512bA	0.1080bA	0.3577bA	0.4493bA	0.2521bA
红叶海棠	0.1186bA	0.1615bA	0.1097bA	0.0265bA	0.0402bA	0.0223bA	0.1451bA	0.2017bA	0.1320bA
鸭趾草	0.2011bA	0.2514bA	0.2231bA	0.0993bA	0.1321bA	0.0901bA	0.3004bA	0.3835bA	0.3132bA

注: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 ($P<0.01$)。下同。

2.1.2 不同彩叶植物类胡萝卜素含量的季节性变化

由图 1 可知,类胡萝卜素含量最高的是金山绣线菊,其次是金叶连翘、金焰绣线菊、王族海棠、红叶海棠、小叶红、鸭趾草、对照,除金叶连翘在秋季低于金焰绣线菊和王族海棠,其它植物季节中变化与前一致,含量最低的是紫叶李,除对照和紫叶李与金山绣线菊之间变化差异极显著 ($P<0.01$) 外,其它品种间差异不显著。金山绣线菊和金叶连翘的类胡萝卜素含量随季节变化的比例分别为 6.66、8.03 和 6.93。而且不同彩叶植物季节变化规律不明显,随着季节变化呈现先升高后降低的为金山绣线菊、金叶连翘、金焰绣线菊、小叶红、鸭趾草,且金山绣线菊和鸭趾草类胡萝卜素含量秋季高于春季;随着季节变化呈现先降低后升高的为对照、紫叶李、王族海棠,且对照胡萝卜素含量秋季高于春季,随着季节变化呈现逐

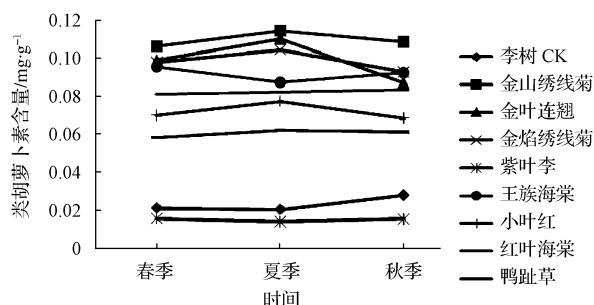


图 1 类胡萝卜素含量的季节变化

渐上升趋势的是红叶海棠。

2.1.3 不同彩叶植物花青素含量的季节性变化 由图 2 可知,花青素含量最高的是紫叶李,其次是王族海棠、红叶海棠、小叶红、金焰绣线菊、鸭趾草、对照、金山绣线

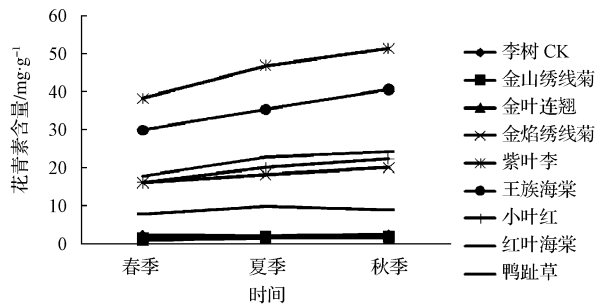


图2 花青素含量的季节变化

菊,每个季节的含量高低均与前一致,含量最低的是金叶连翘,除王族海棠外均与紫叶李差异显著($P<0.05$)或差异极显著($P<0.01$)。紫叶李和金叶连翘的花青素含量随季节变化比分别为32.94、28.89和29.82。不同彩叶植物季节变化规律不明显,随着季节变化逐渐上升的为紫叶李、王族海棠、红叶海棠、小叶红、金焰绣线菊、金山绣线菊、金叶连翘;随着季节变化呈现先降低后升高的为对照,且秋季高于春季;鸭趾草花青素含量随着季节变化呈现先上升后下降的趋势,且秋季高于春季。

2.2 不同彩叶植物色素比的季节性变化

由图3可以看出,叶绿素与类胡萝卜素含量的比值最大的为紫叶李和对照,紫叶李夏季高于对照,其次为鸭趾草、小叶红、金焰绣线菊、王族海棠、红叶海棠、金山绣线菊,但是王族海棠夏季高于金焰绣线菊,金山绣线菊秋季高于红叶海棠;最低的为金叶连翘,在任何季节都低于其它植物。季节变化中,除了金叶连翘的秋季比值高于夏季和春季外,其它都呈现先升高后降低的趋势,且秋季低于春季。

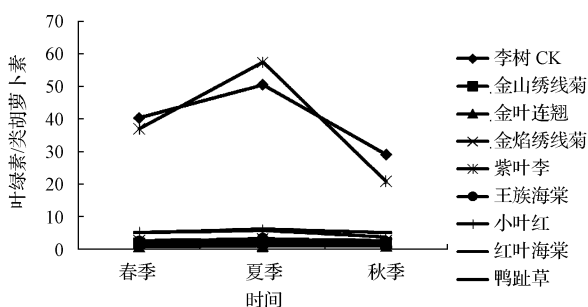


图3 叶绿素/类胡萝卜素的季节变化

由图4可知,叶绿素与花青素含量的比值中,对照为最大,其次是金山绣线菊、金叶连翘、鸭趾草、小叶红、金焰绣线菊、紫叶李,最小的是王族海棠和红叶海棠。叶绿素与花青素含量之比为夏季最高,春季其次,秋季最低的植物有为对照、金山绣线菊、金焰绣线菊、紫叶李、红叶海棠和鸭趾草;春季和夏季比值相同,都高于秋季的是金叶连翘、小叶红和王族海棠。

由图5可知,类胡萝卜素与花青素的比值最大的是金叶连翘,但是秋季金山绣线菊含量高于金叶连翘,这是由于金叶连翘在秋季时类胡萝卜素含量急剧下降而

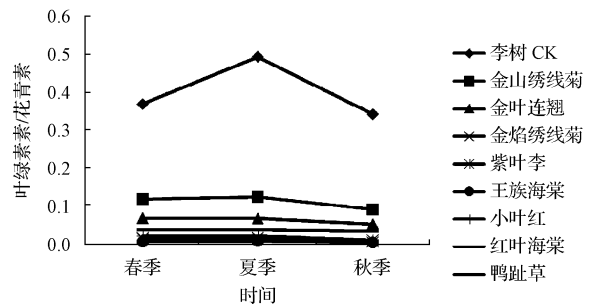


图4 叶绿素/花青素的季节变化

导致的。其次是对照、鸭趾草、金焰绣线菊、王族海棠、小叶红、红叶海棠,比值最小的为紫叶李。这与紫叶李中花青素含量较高,而类胡萝卜素含量低有密切关系。类胡萝卜素与花青素的比值随季节变化无明显规律,对照随着季节变化逐渐升高;鸭趾草随季节变化先降低后升高;其它彩叶植物随季节变化呈现逐渐降低的趋势,这与秋季彩叶植物的花青素含量逐渐升高呈现反比关系。

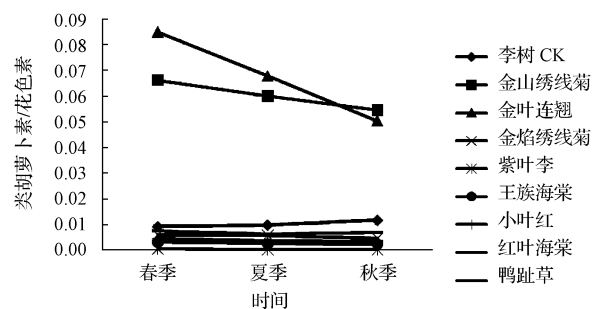


图5 类胡萝卜素/花青素的季节变化

3 讨论与结论

3.1 几种彩叶植物各种色素含量分析

植物叶片细胞内的色素包括叶绿素、类胡萝卜素和花青素,这几种色素在叶片中的含量、分布决定着叶片颜色。该试验结果表明,叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素含量最高的是对照,这对其叶片呈现绿色起决定作用,这与张平^[5]的研究结果一致。类胡萝卜素含量最高的为金山绣线菊,这与姜卫兵等^[1]总结的黄叶植物的色彩主要由类胡萝卜素与其它色素的比值决定的结果一致。花青素含量最高的为紫叶李,这说明花青素含量比例大小影响着叶色的变化,花青素含量的比值越大,叶色越趋向紫红。

3.2 几种彩叶植物各种色素含量的季节性变化

几种色素含量中,叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素随着季节的变化呈现先升高后降低的趋势,都是夏季含量最高,这与李海龙等^[6]对黄栌生长长期的研究结果不同,其研究指出植物的色素含量在生长初期最高,但与郝峰鸽等^[7]的测定结果一致,这可能与测定的时期和品种的不同有关。不同彩叶植物类胡萝卜素含量季节变化规

律不稳定,这与郝峰鸽等^[7]的测定结果一致,黄色叶、红色叶、双色叶为夏季最高,紫色叶、绿色叶为夏季最低。说明夏季的强光照可以促进黄色、红色和双色叶植物类胡萝卜素含量的增加,而对绿色和紫色叶却呈现反比关系。季节变化差异均不显著,说明季节因素对类胡萝卜素含量的影响不大。不同彩叶植物花青素含量随季节变化无明显规律,绿色植物为夏季最低,双色叶植物为夏季最高,紫色、红色、黄色植物为春季最低,秋季最高。说明秋季是花青素含量大量增加的时期,这也是导致秋季很多植物的叶片变色的主要原因。

3.3 几种彩叶植物各种色素比及季节性分析

各色素含量百分比变化直接影响着植物叶片呈现的颜色^[8]。对于叶绿素与类胡萝卜素比值大小为绿色植物>紫叶植物>双色叶植物>红叶植物>黄色叶植物,但是品种不同,色彩表现的比值大小会有变化,如其比值中小叶红>金焰绣线菊>王族海棠,又表现为红叶植物>黄色叶植物>紫叶植物,这与类胡萝卜素含量的变化不规律有一定的关系。季节变化中,夏季表现为最高,秋季最低,这与夏季合成叶绿素较多有直接关系,而秋季色素的合成转向花青素或类胡萝卜素,所以比值逐渐降低。

对于叶绿素与花青素的比值大小为绿色植物>黄色叶植物>双色叶植物>红叶植物>紫叶植物,紫色叶的比值最低,但是紫叶李>红叶海棠,这可能与海棠品种的色素比较小有关;绿色最高,这与绿色植物叶绿素类含量较高,而花青素含量较少有直接关系,也是导致其叶色呈现绿色的主要原因。且为夏季最高,说明夏季是促进绿色植物叶绿素类合成因子增加的主要季节,秋季最低,说明秋季是花青素合成的主要季节,这也是导

致很多植物秋季叶色呈现紫色的直接原因,紫色与红色间差异不显著。

对于类胡萝卜素与花青素的比值大小为黄色叶植物>绿色植物>双色叶植物>红叶植物>紫叶植物,说明黄色植物是类胡萝卜素的含量较高的叶片表现。而对于紫叶植物依然是最低,也是由于其花青素含量过高的主要原因。从彩色植物间比值关系变化过程来看,花青素在彩叶植物占有量中为紫色最高,其次为红色,最后为黄色。但是红叶和紫叶植物间变化不显著,说明彩叶植物叶片的颜色变化主要是由几种色素含量的比值大小决定的。季节变化中,绿色植物秋季最高,春季最低;双色叶植物春季最高,夏季最低,其它彩色植物春季最高,秋季最低。说明对于非绿色的植物来说类胡萝卜素与花青素的比值大小随季节变化呈现降低的趋势。

参考文献

- [1] 姜卫兵,庄猛.彩叶植物呈色机理及光合特性研究进展[J].园艺学报,2005(2):32-36.
- [2] 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.
- [3] 白宝璋,史国安,赵景阳,等.植物生理学试验教程[M].北京:中国农业科技出版社,2001:35-37.
- [4] 中国科学院上海植物生理研究所和上海市植物生理学会.现代植物生理学实验指南[M].北京:科学出版社,2004:46.
- [5] 张平.几种常见彩叶植物的色素组成与叶色关系的研究[J].山东林业科技,2008(3):14-16.
- [6] 李海龙,潘青华,王贤荣.四个黄栌变种及品种生长期色素含量的比较[J].林业科技开发,2010,24(3):84-86.
- [7] 郝峰鸽,杨立峰,周秀梅.4种彩叶植物生长期色素含量研究[J].西北林学院学报,2006,21(6):63-65.
- [8] 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.

Research on Seasonal Changes of Pigment Content in Nine Different Types of Colored Leaf Plants

XU Li-ying¹, WANG Qing-fen², ZHANG Jun-sheng¹, WANG Li-feng¹, XIAO Jie¹

(1. College of Life Science and Technology, Mudanjiang Normal College, Mudanjiang, Heilongjiang 157012; 2. School of Architecture and Planning, Changchun Architecture and Civil Engineering College, Changchun, Jilin 130607)

Abstract: Taking nine different types of colored leaf plants as test materials, in order to explore the cause of the color of colored plants based on the seasonal change rule, the chlorophyll, carotenoids and anthocyanins content and ratio in different plant leaf were analyzed and compared. The results showed that the CK was the highest in chlorophyll content, the *Spiraea × bumalda* 'Goalden Mound' was the highest in carotenoids content, the *Prunus cerasifera* cv. *Pissardii* was the highest in anthocyanin content, with the analyses of pigment content of different types of colored plants. In season, with the change of season, the highest in summer, the lowest in autumn of chlorophyll content, and carotenoids and anthocyanins content trend was not stable. Pigment ratio, chlorophyll/carotenoids and chlorophyll/anthocyanin ratio was highest in summer, lowest in autumn; carotenoids/anthocyanins ratio for the green plants was highest in autumn, lowest in spring; turquoise plant was highest in spring, the lowest in summer, other color plant was highest in spring, lowest in autumn.

Key words: colored leaf plants; chlorophyll; anthocyanin; carotenoid