

# 红叶石楠叶片发育的形态特征及色素含量变化

孔祥海, 李思, 丁力, 邱丰艳

(龙岩学院 生命科学学院, 福建 龙岩 364012)

**摘要:**以红叶石楠植株同一枝条上不同发育阶段的叶片为试材,以叶面积、鲜重、干重、质体色素和花青苷含量为指标,采用测量与测定的方法,研究了红叶石楠叶片发育的形态特征及色素含量变化,以期揭示叶片形态特征与色素含量间的关系。结果表明:叶色由红转绿过程中,叶含水量、单位面积含水量和相对含水量呈现下降趋势,叶干重、单位面积的干重和相对于干重则呈现上升趋势,叶面积呈现先上升后下降的变化。叶片各种色素含量变化,在叶色由红转绿的过程中,质体色素的含量呈现上升趋势,其中叶绿素a含量、叶绿素b含量和总叶绿素含量呈现“低-高-低”的变化;而花青苷的相对含量呈现下降趋势。红叶石楠叶片发育过程中,形态特征变化显著;叶色变化是由色素含量差异引起,其中关键因素是花青苷相对含量变化。

**关键词:**红叶石楠;叶片发育;形态特征;质体色素;花青苷

**中图分类号:**Q 945.4;S 667.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0051-05

彩叶植物是指自然界存在或经人工栽培选育,叶片在整个生长季节或生长季节的某些阶段表现出与自然绿色有明显区别的有较高观赏价值的植物。红叶石楠(*Photinia*×*fraseri*)属蔷薇科(Rosaceae)石楠属(*Photinia*),是由石楠(*Ph. serrulata*)和光叶石楠(*Ph. glabra*)杂交而成的彩叶小乔木或灌木。红叶石楠是具有较高观赏价值的园林景观绿化彩叶植物,因其新梢嫩叶四季亮丽鲜红而被誉为“红叶绿篱之王”<sup>[1]</sup>。中华民族历来喜欢红色,它象征着喜气、红火、光明和灿烂,是生命自身赞颂的一种语言。随着国家园林城市建设的推进和园林事业的发展,红叶树种成为园林绿化与美化中构图、配色、点睛的要素。红叶石楠具有喜阳又耐阴,既耐酸、耐盐碱,又耐旱、耐瘠薄,还有很强的耐寒性,栽培范围适应性广等方面的特征和特点<sup>[2-3]</sup>,而优于其它红叶树种如红花檵木(*Loropetalum chinense* var. *rubrum*)、红叶小檗(*Berberis thunbergii* var. *atropurpurea*)、红枫(*Acer palmatum* f. *atropurpurem*)和红叶李(*Prunus cerasifera* cv. *atropurpurea*)等,被广泛运用于园林造景中,成为园林界的新宠。目前,对彩叶植物的研究主要在资源调查与园林应用、形态解剖、光合特性、呈色机理和遗传稳定性及环境因子影响,具体涉及红枫、香山黄栌、红花檵

木、红叶金银木等物种<sup>[4-7]</sup>。但有关其生态生理学特性等方面的理论研究较少,特别是有关彩叶植物叶色形成等方面的研究,目前文献报道不多<sup>[8-10]</sup>。有关红叶石楠的研究集中在种苗繁育、组织培养、生理等方面<sup>[11-13]</sup>,但针对红叶石楠叶片形态特征和色素含量的变化尚鲜见报道。现以红叶石楠植株同一枝条上不同发育阶段的叶片为研究材料,通过测量叶面积、鲜重、干重和含水量等形态特征指标和测定叶绿素、类胡萝卜素、花青苷等色素含量,分析红叶石楠叶片由红到绿的过程中的叶形态和色素含量的变化,以期阐明叶片由红到绿的叶色变化特点并为其品种改良和选育新品种提供参考技术资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

在龙岩学院校园内,选择长势良好、栽培3年的植株作为取材植株,同一枝条的不相同发育阶段的5种不同叶色的叶片作为供试材料。“鲜红叶”代表红叶石楠刚始发的嫩叶,叶片上下表面、叶脉均为红色,图表中用“A”表示;“暗红叶”代表叶片由红向绿变化过程中,叶片上表面颜色为暗红色,叶片下表面仅叶主脉周围为黄色,其余部分还是呈红色的叶片,图表中用“B”表示;并将“鲜红叶”与“暗红叶”归为红叶石楠叶片的红色系列。“红转绿1”代表叶片上表面颜色介于红色和绿色之间,叶片下表面仅次脉为红色,叶脉之间呈黄绿色的叶片,图表中用“C”表示;“红转绿2”代表叶片上表面颜色介于红色和绿色之间,叶片下表面呈现绿色,图表中用“D”表示;并将“红转绿1”与“红转绿2”归为红叶石楠叶片的红

**第一作者简介:**孔祥海(1965-),男,硕士,教授,现主要从事植物学与生态学的教学与科研工作。E-mail:kongxianghai@sina.com.

**基金项目:**福建省自然科学基金资助项目(2007J0354);福建省教育厅科技重点资助项目(JA11242)。

**收稿日期:**2015-07-24

转绿系列。“绿叶”叶片上下表面、叶脉均为绿色,图表中用“E”表示。

### 1.2 试验方法

叶形态特征的测量:按 1.1 的取材标准选取红转绿 5 种叶色的叶片各 20 片,用剪纸称重测量法测量叶面积。即将 A4 纸裁剪成的  $10\text{ cm} \times 20\text{ cm}$  的形状,称量其重量( $W_1$ ),将树叶大小临摹于其中,再将临摹的图形剪下称量( $W_2$ );并对每种叶片的鲜重( $W_f$ )和干重( $W_d$ ) ( $60^\circ\text{C}$  烘干至恒重)进行称量。叶面积( $S$ )= $10 \times 20 \times W_2 / W_1$ ;含水量( $W$ )= $\text{鲜重}(W_f) - \text{干重}(W_d)$ ;相对水含量( $RW, \%$ )= $\text{含水量}(W) / \text{鲜重}(W_f) \times 100$ ;相对干重( $RWD, \%$ )= $\text{干重}(W_d) / \text{鲜重}(W_f) \times 100$ ;单位面积叶片鲜重( $W_{uf}$ )= $\text{鲜重}(W_f) / \text{单位叶面积}(S)$ ;单位面积叶片干重( $W_{ud}$ )= $\text{干重}(W_d) / \text{单位叶面积}(S)$ ;单位面积叶片含水量( $W_u$ )= $\text{含水量}(W) / \text{单位叶面积}(S)$ 。

### 1.3 项目测定

1.3.1 质体色素的提取与测定 综合袁明等<sup>[6]</sup>和张志良等<sup>[14]</sup>的办法,提取质体色素,用 UNIC 紫外可见分光光度计(UV-2100)测定 470、646、663 nm 处的吸光度值(OD)。按 LICHTENTHALER<sup>[15]</sup>的方法,测定和计算叶片单位鲜重叶绿素( $Chl$ )和类胡萝卜素浓度( $C_{x+c}$ )。叶绿素 a 浓度( $Chla$ )= $12.21A_{663} - 2.81A_{646}$ ;叶绿素 b 浓度( $Chlb$ )= $20.13A_{646} - 5.03A_{663}$ ;类胡萝卜素浓度( $C_{x+c}$ )= $(1\ 000A_{470} - 3.27Chla - 104Chlb) / 229$ 。质体色素用每克鲜重所含有的色素的毫克数表示(mg/g)。叶绿素 a 含量( $C_a$ )= $\text{叶绿素 a 浓度}(Chla) \times \text{体积}(V_1) / [(A_1) \times 1\ 000]$ ;叶绿素 b 含量( $C_b$ )= $\text{叶绿素 b 浓度}(Chlb) \times \text{体积}(V_1) / [(A_1) \times 1\ 000]$ ;类胡萝卜素含量( $C_t$ )= $\text{类胡萝卜素浓度}(C_{x+c}) \times \text{体积}(V_1) / [(A_1) \times 1\ 000]$ ;总叶绿素含量( $C_{a+b}$ )= $\text{叶绿素 a 含量}(C_a) + \text{叶绿素 b 含量}(C_b)$ ;质体色素含量( $C$ )= $\text{总叶绿素}(C_{a+b}) + \text{类胡萝卜素含量}(C_t)$ 。

1.3.2 花青苷的提取与测定 根据袁明等<sup>[6]</sup>的研究方法,提取花青苷。用 UNIC 紫外可见分光光度计(UV-2100)测定其 535 nm 和 657 nm 的吸光度值(OD)。根据 RABINO 等<sup>[16]</sup>的方法稍加改进,来计算花青苷的浓度。式中, A 为花青苷相对含量(色素单位)。花青苷与叶绿素的比值用 A/总叶绿素来表示。花青苷相对含量( $A$ )= $(A_{535} - 0.25A_{657}) / g$ 。

以上试验用同一植株不同枝条上的、发育阶段相同的叶片做重复试验 2 次,试验所得相应数据计算出平均值后进行数据分析。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 和 GraphPad Prism 5 进行处理分析,并用单因素方差分析来检验样本间的差异显著性(置信区间为 95%)。文中折线图、柱状图为平均值,误差线为标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 形态特征

2.1.1 叶片大小 从图 1 可以看出,随着叶色的红转绿,叶面积的变化总体呈下降趋势。其中红色系列叶片中的暗红叶比鲜红叶叶面积微上升,叶片由暗红叶开始至红转绿 2 过程叶面积微下降,但差异不显著( $P > 0.05$ )。绿叶与红色系列及红转绿 1 的叶片叶面积差异显著( $P < 0.05$ )。

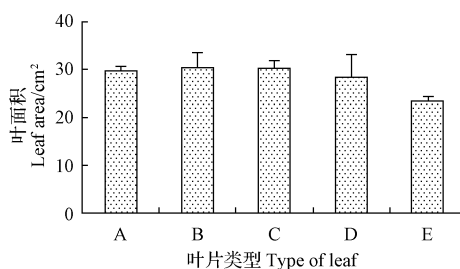


图 1 不同叶色叶片的叶面积

Fig. 1 Leaf area of different color foliage

2.1.2 叶的重量 由图 2 可知,所有类型叶片的叶鲜重和含水量均无显著差异( $P > 0.05$ )。但绿叶的叶干重显著高于其它类型所有叶片( $P < 0.05$ )。与组织分化已完成有关。

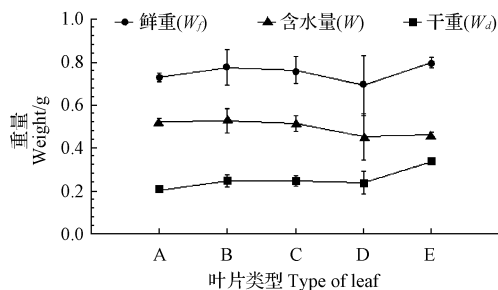


图 2 不同叶色叶片的叶重量

Fig. 2 Leaf weight of different color foliage

2.1.3 单位面积叶片重量 图 3 表明,绿叶单位面积叶片的鲜重、含水量和单位面积叶片的干重显著高于其它 4 种叶片( $P < 0.05$ ),其中单位面积的鲜重和单位面积的

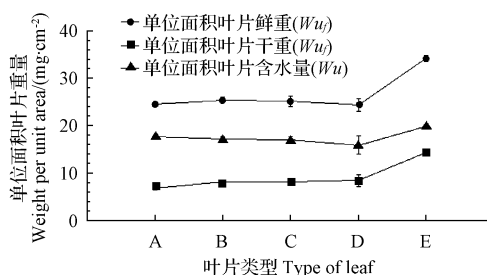


图 3 不同叶色叶片的单位面积叶片重量

Fig. 3 Leaf weight of per unit area in different color foliage

干重达到差异极显著水平( $P<0.01$ ),原因可能是绿叶的叶龄长,物质积累较多,组织分化成熟,纤维含量多。红色系列、红转绿系列的2种叶片之间,干重差异显著( $P<0.05$ ),单位面积鲜重与单位面积含水量差异不显著( $P>0.05$ )。

2.1.4 相对含水量 从图4可以看出,叶片由红到绿的过程中,相对含水量呈下降趋势;相对干重却呈上升趋势。原因可能是叶片由红到绿的过程中水分逐渐消失,并伴随着干物质的积累。

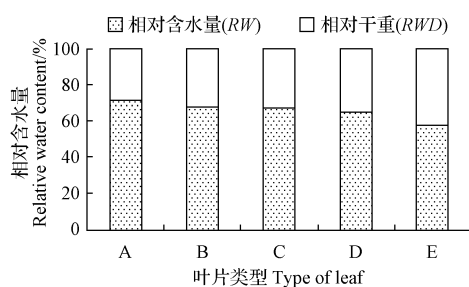


图4 不同叶色叶片相对含水量

Fig. 4 Relative water content of different color foliage

## 2.2 色素变化

2.2.1 叶绿素含量变化 由图5可知,叶片由红到绿过程中,叶绿素a含量、叶绿素b含量和总叶绿素含量均呈现“低-高-低”的变化趋势。其中绿叶的叶绿素a含量和总叶绿素含量均介于红色系列叶片和红转绿系列叶片之间,显著高于红色系列叶片的含量( $P<0.05$ )。原因可能是绿叶叶龄大,叶绿素a发生部分降解;而幼叶叶绿素a合成尚未完成。红色系列、红转绿系列叶绿素a含量、叶绿素b含量和总叶绿素含量均呈现上升趋势。其中红转绿系列与红色系列叶绿素a含量和总叶绿素含量差异显著( $P<0.05$ )。叶绿素b的变化趋势较不明显。

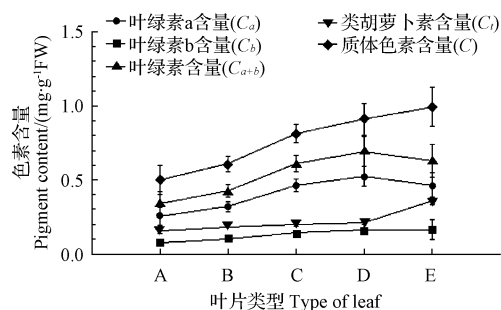


图5 不同叶片质体色素含量

Fig. 5 The content of chlorophyll and carotenoid of different leaf

2.2.2 类胡萝卜素含量变化 从图5可以看出,类胡萝卜素的含量总体呈上升趋势。其中在红色系列与红转绿系列差异不显著( $P>0.05$ )。而绿叶的类胡萝卜素含

量较2个系列高,差异显著( $P<0.05$ )。原因是绿叶叶龄最大,随着叶片叶龄的增长,叶绿素在不断的分解,尤其是叶绿素b较不稳定更易分解,而类胡萝卜素的性质较为稳定,不易分解。

2.2.3 质体色素含量变化 图5表明,叶片由红变绿的过程中,质体色素含量呈现上升的趋势。其中红色系列与红转绿系列、红色系列与绿叶之间差异是显著的( $P<0.05$ );虽然红转绿系列叶片与绿叶的质体色素含量呈现逐渐上升的趋势,但三者之间差异不显著( $P>0.05$ )。

2.2.4 花青苷含量的变化 由图6可知,由红到绿的5种类型叶片中花青苷相对含量依次减少。其中红色系列和红转绿系列内差异不显著( $P>0.05$ ),其余各类型叶片之间差异显著( $P<0.05$ )。红色系列叶片中的花青苷相对含量最高,这可能是叶片呈现红色的重要因素。

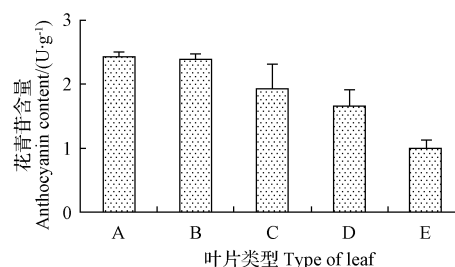


图6 不同叶片花青苷含量

Fig. 6 The content of anthocyanin of different leaf

2.2.5 不同色素含量比值的变化 从图7可以看出,5种类型叶片中的叶绿素a与叶绿素b的比值均约为3:1,其中红转绿系列与绿叶的叶绿素a与叶绿素b的比值差异显著( $P<0.05$ )。由红到绿过程中,叶绿素与类胡萝卜素的比值呈现“低-高-低”的变化趋势。红色系列与红转绿系列之间叶片中的叶绿素与类胡萝卜素的比值差异显著( $P<0.05$ )。绿叶与红色系列和红转绿系列叶绿素与类胡萝卜素的比值差异显著( $P<0.05$ )。花青苷含量与叶绿素含量的比值随着叶色的由红到绿表现为下降的变化趋势。其中红色系列花青苷含量与叶绿素含量的比值差异显著,红色系列与红转绿系列和绿叶花青苷含量比值达到了差异极显著水平( $P<0.01$ )。

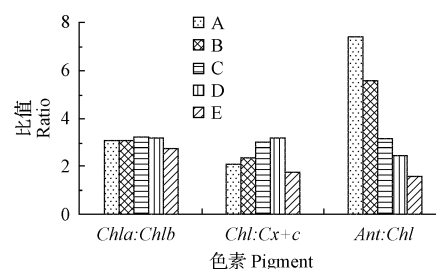


图7 不同叶片色素的比值

Fig. 7 The ratio of pigment content of different leaf

### 3 讨论与结论

植物叶的发育历经分生组织的细胞分裂、生长和分化等变化,导致形态与结构特征发生显著改变。红叶石楠叶片由红到绿的过程中,叶含水量、单位面积含水量和相对含水量呈现下降趋势,叶干重、单位面积的干重和相对干重呈现上升趋势,这是由于细胞逐渐发育成熟、干物质积累多、叶片革质化、纤维增多造成的,在试验过程中,离心过后离心管底部沉积物也逐渐增加可证明。叶色由红色系列向红转绿系列变化时,叶片的叶鲜重、单位面积鲜重和叶面积呈现先上升后下降的变化,可能是由于鲜红叶为刚开始发的嫩叶,叶片还处于生长期,细胞数量和重量增加及叶内部结构随叶色由红转绿的过程也可能发生变化所致。袁明等<sup>[6]</sup>对红花檵木的研究发现叶片转绿后,叶片总厚度、上表皮厚度、栅栏组织和海绵组织厚度都明显减少,且栅栏组织所占的厚度比例也在下降。该试验结果的原因可能与此相同,但仍需验证。

彩叶植物的叶色表现是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。常见红叶树种,如鸡爪槭、三角枫等的叶色变化是由绿变红,红叶石楠的叶色变化则由红变绿。红叶石楠叶片叶色由红转绿过程中,不同叶色叶片中的色素含量存在差异。但不同叶片的叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值均接近于 3:1,与潘瑞炽<sup>[17]</sup>和马艳芝<sup>[18]</sup>的研究结论相似;质体色素含量逐渐上升,花青苷相对含量和花青苷与叶绿素的比值依次递减,不仅说明在叶片发育初期叶色呈现红色的是由花青苷含量决定的;而且随着叶片的进一步发育,质体色素合成增加、光合作用及其产物的积累改变细胞的酸碱性等均可能是导致叶色发生变化的因素。但试验中存在的异常现象,如叶绿素含量方面,绿叶低于红转绿系列叶片;叶绿素与类胡萝卜素的比值低于 3:1 且低于红转绿系列等,需进一步研究。

红叶石楠叶片由红色转为绿色的过程中,形态特

征发生了显著变化;叶片色素的含量差异明显,而花青苷的相对含量下降最为显著,成为叶色变化的主要成因。

### 参考文献

- [1] 潘晓东. 红叶石楠的栽培技术及其园林应用前景[J]. 绿色中国, 2004, 20(4): 61.
- [2] 赵晓伟, 黄美娟, 黄海泉. 彩叶树种红叶石楠的开发与应用[J]. 北方园艺, 2008(6): 161-163.
- [3] 袁菊红. 南昌城市道路绿地植物景观调查与分析[J]. 北方园艺, 2014(10): 71-76.
- [4] 黄可, 王晓德, 柳翼飞, 等. 红枫春季叶色变化与色素含量的相关性[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(5): 734-738.
- [5] 葛雨萱, 王亮生, 周肖红, 等. 香山黄栌叶色和色素组成的相互关系及时空变化[J]. 林业科学, 2011, 47(4): 38-42.
- [6] 袁明, 贾学静, 段振华. 红花檵木叶色变化过程中叶形态特征和色素含量变化[J]. 四川农业大学学报, 2010, 28(1): 73-77.
- [7] 韩振芹, 陈秀新. 红叶金银木叶绿素含量与叶色关系的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 132-135.
- [8] 于晓南, 张启翔. 彩叶植物多彩形成的研究进展[J]. 园艺学报, 2000, 27(z1): 533-538.
- [9] 洪丽, 王金刚, 龚束芳. 彩叶植物叶色变化及相关影响因子研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2006, 41(6): 152-156.
- [10] 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.
- [11] 夏更寿, 蔡天军. 红叶石楠的繁殖栽培技术及其园林应用[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(6): 43.
- [12] 李慧. 红叶石楠茎尖组织培养与快速繁殖[J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13(3): 62-63.
- [13] 申亚梅, 董再康, 张露. 干旱胁迫对红叶石楠等 3 个观赏品种生理特性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(3): 397-402.
- [14] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 59-61.
- [15] LICHTENTHALER H K, WELLBURN A R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents[J]. Biochemical Society Transactions, 1983, 11(5): 591-592.
- [16] RABINO I, MANCINELLI A L. Light, temperature, and anthocyanin production[J]. Plant Physiology, 1986, 81(3): 922-924.
- [17] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2004: 64-65.
- [18] 马艳芝. 几种红色叶植物的色素质量分数和解剖结构[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(9): 51-53.

## Variation of Morphology and Pigment Content in Leaf Development of *Photinia* × *fraseri*

KONG Xianghai, LI Si, DING Li, QIU Fengyan

(College of Life Sciences, Longyan University, Longyan, Fujian 364012)

**Abstract:** The leaves at different developmental stages in the same branch of *Photinia* × *fraseri* were selected as test material. Leaf area, fresh weight, dry weight, plastid pigment and anthocyanin were selected as measure indicator. The determination and measurement method had been adopted. In order to reveal the relationship between leaf morphology and pigment content during leaf development, the research of morphological characteristics and pigment content had been conducted. The results showed that leaf water content, water content per unit area and relative water content had a downward trend, while leaf dry weight, the dry weight of per unit area and relative dry weight had an upward trend, leaf



# 君子兰种子形态及不同处理对其萌发的影响

高巍<sup>1</sup>, 马艳丽<sup>1</sup>, 尹立辉<sup>1</sup>, 张治安<sup>2</sup>

(1. 长春大学 园林学院, 吉林 长春 130021; 2. 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118)

**摘 要:**以大花君子兰为试材,研究了种子形态以及种子大小、储藏时间,赤霉素(GA<sub>3</sub>)浓度对其萌发的影响。结果表明:君子兰种子千粒重 769.6 g,中等大小种子比例最大,种子大小、储藏时间和 GA<sub>3</sub> 浓度影响其萌发品质。君子兰种子可以随采随播,中等大小种子萌发品质最好,GA<sub>3</sub> 浓度为 100 mg/L 时可以缩短种子开始发芽时间,提高种子的发芽率。

**关键词:**君子兰;种子;发芽率;发芽势

**中图分类号:**S 682.1<sup>+</sup>3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)24-0055-03

大花君子兰(*Clivia miniata*)属石蒜科君子兰属多年生草本植物,君子兰兼具药用价值和观赏价值,被广泛栽培。种子繁殖是君子兰主要的繁殖方式之一,种子的品质和栽培管理方法都会影响到种子萌发<sup>[1-2]</sup>。关于君子兰种子大小、储藏时间和 GA<sub>3</sub> 浓度对其萌发品质影响的研究少见报道。该研究探讨种子萌发的影响条件,提高君子兰种子发芽率,以期对君子兰种子繁殖奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

君子兰大花胜利杂交品种,栽培于吉林农业大学药用植物苗圃温室中,正常栽培管理。

### 1.2 试验方法

1.2.1 君子兰种子形态 随机选择君子兰风干种子,游标卡尺(0.02 mm)测量种子最大直径;使用分析天平(BS210S d=0.1 mg),用百粒法<sup>[3]</sup>测量种子千粒重,3次

重复;显微镜下观察种子形态。

1.2.2 君子兰种子萌发试验 将君子兰种子置于垫有湿润滤纸培养皿中进行发芽试验,发芽温度(25±1)℃。发芽率指测试种子发芽数占测试种子总数的百分比,发芽率计算时间 30 d;发芽势是指在发芽过程中日发芽种子数达到最高峰时,发芽的种子数占供试种子数的百分比。不同储存时间:随机选取室温储藏 1 年种子、室温储藏 3 个月种子和新采收的君子兰种子各 50 粒进行萌发试验,3次重复。不同种子大小:君子兰种子进行大小分级,然后按照大、中、小进行发芽试验。500~1 000 mg/粒为中等大小种子,大于 1 000 mg/粒为大粒种子,小于 500 mg/粒为小粒种子。不同 GA<sub>3</sub> 浓度:用少许 95%的乙醇溶液溶解 GA<sub>3</sub>,配制 4 个浓度梯度的 GA<sub>3</sub> 溶液,分别为 20、50、100、200 mg/L。以蒸馏水为对照,浸泡君子兰种子 24 h 后置于发芽床上。

### 1.3 数据分析

试验数据均为试验样品的平均值,采用 DPS 软件对参数的平均值进行方差分析,以评价该试验中处理的显著差异性<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 君子兰种子的形态特征

2.1.1 君子兰种子形态分析 君子兰果实为浆果,近球

**第一作者简介:**高巍(1974-),女,博士,讲师,研究方向为园林植物育种与植物配置。E-mail:77411865@qq.com.

**责任作者:**张治安(1968-),男,教授,博士生导师,现主要从事植物生理等研究工作。E-mail:1500986720@qq.com.

**基金项目:**吉林省教育厅科研资助项目(201205013072)。

**收稿日期:**2015-11-25

area presented a single peak change characteristic, in the process of the leaf color turning red to green. During the leaf color changing from red to green, the change of various pigment content was presented as below. The plastid pigment content showed an upward trend, in which the content of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content showed 'low-high-low' feature, while the relative content of anthocyanin declined. During the leaf development of *Photinia* × *frasery*, the changing of morphological characteristics was significant, the change of leaf color was caused by different pigment content in different developmental stages, and the key factor was the change of the relative content of anthocyanin.

**Keywords:** *Photinia* × *frasery*; leaf development; morphological characteristics; plastid pigment; anthocyanin