

## 增温促花及叶面施肥对盆栽海棠‘长寿冠’花色及成色物质的影响

卢俊芳, 王 涛, 孙 朦, 唐颂豪, 张往祥, 谢寅峰\*

(南京林业大学森林资源与环境学院, 南京 210037)

**摘 要:** 以盆栽海棠‘长寿冠’为材料, 在对其花色素进行特征颜色反应和紫外-可见光谱扫描分析基础上, 探讨了促花调控过程中增温及叶面施肥对花瓣色素含量的影响。结果表明, ‘长寿冠’花色是多种色素共同显色的结果, 但花青素起着决定性作用, 其花色色素属于黄酮类化合物。在长寿冠促花调控过程中, 适当增大昼夜温差或在现蕾期喷洒 0.2% 过磷酸钙或 0.2% 硫酸钾有利于花青素含量的提高, 使花朵着色加深; 在现蕾期喷洒 0.1% 的尿素则造成花青素含量降低, 使花朵颜色淡化。RHSCC 比色结果与花青素含量的测定结果基本吻合, 可作为评判‘长寿冠’花色质量的一个依据。该项研究为海棠花色成分的进一步分离和鉴定等提供基础, 同时为海棠促花调控过程中花色质量的评价提供依据。

**关键词:** 盆栽‘长寿冠’; 增温促花; 叶面施肥; 花色素

中图分类号: S685.99

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)03-0445-06

### Effects of flower-promoting with temperature increasing and foliar fertilizing on the color and color material of potted *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai ‘Changshouguan’

LU Junfang, WANG Tao, SUN Meng, TANG Songhao, ZHANG Wangxiang, XIE Yinfeng

(College of Forestry Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

**Abstract:** With potted *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai ‘Changshouguan’ as the material, based on the analysis of characteristics of anthocyanin color reaction and UV-scanning, we explored the effects of temperature and foliar fertilization during the process of flower-promoting regulation. The result showed that the color of ‘Changshouguan’ is controlled by several kinds of pigments together, and anthocyanins play a decisive role, which belongs to flavonoids. In the control process of ‘Changshouguan’ flower-promoting, appropriately increasing the temperature difference between day and night or spraying 0.2%  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  or 0.2%  $\text{K}_2\text{SO}_4$  in the budding period are beneficial for the improvement of the anthocyanin content, making the flower color deepened; spraying 0.1% urea in the budding period can reduce the content of anthocyanin, making the flower color fade. RHSCC colorimetric results and anthocyanin content determination results are basically consistent, which can be used as a basis for evaluation the flower color and quality of longevity crown. This paper provides a basis for further isolation and identification of pigment composition of the flower japonica and also provides a reference for the evaluation of the flower color and quality in the process of flower-inducing regulation.

**Key words:** potted *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai ‘Changshouguan’; flower-promoting by increasing temperature; foliar fertilization; anthocyanidins

海棠类植物是蔷薇科(*Rosaceae*)苹果属(*Malus*) 35种, 木瓜属全世界仅有贴梗海棠(*C. speciosa*)、和木瓜属(*Chaenomeles*)的统称, 苹果属全世界共有 毛叶木瓜(*C. cathayensis*)、木瓜(*C. sinensis*)、西藏

收稿日期: 2013-09-18

基金项目: 江苏省科技支撑计划项目(BE2012442), 江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(12)2043]和江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD)资助。

作者简介: 卢俊芳, 硕士研究生。E-mail: lujunfang2008@163.com

\* 通信作者: 谢寅峰, 教授。E-mail: xxyyff@njfu.edu.cn

木瓜(*C. tibetica*)和倭木瓜(*C. japonica*)5种,但在栽培条件下出现了杂交种,傲大贴梗海棠(*C. × superba*)为贴梗海棠和倭木瓜的杂交种。海棠‘长寿冠’是蔷薇科木瓜属植物,属于傲大贴梗海棠的观赏品种之一,又名‘红宝石’<sup>[1-2]</sup>,其叶片细小,树型优美,耐修剪,易成型,管理粗放,自然花期3~5月<sup>[3]</sup>,是温室催花中较早开花的品种,花大,复瓣,深红色(单色),着花多而密,花蕾似倒垂的红灯笼,盛开时,繁花似锦,极为美观,因此是盆栽和制作盆景的理想树材<sup>[4]</sup>,具有极高的观赏价值和经济价值。

花色素是花色形成的物质基础,也是决定花观赏价值的重要因素之一,在很大程度上决定了花的品质。花色素不仅存在于植物的叶片中,还广泛存在于五颜六色的花朵和其他部分。花色素和糖共同组成花色苷,控制花颜色的表现。在花期调控过程中,花色素的变化会导致花卉的花色发生变化从而影响成品花的品质,即花色劣变导致花朵观赏价值降低<sup>[5]</sup>。分析花瓣中色素成分可为探讨‘长寿冠’花色形成机理及其色素的分子结构鉴定提供参考。

本试验以盆栽海棠‘长寿冠’为材料,首先利用英国皇家园艺学会比色卡(简称RHSCC)对其花色进行测定,然后采用特征颜色反应和紫外-可见光谱扫描等方法对其花色素成分进行定性分析,首次对促花过程中不同增温及施肥处理下花色素含量的变化进行了定量分析和比较。旨在为海棠促花调控过程中花色质量的评价体系的建立及改良调控方法的研究提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及处理方法

本试验以江苏省南京市浦口区望月农庄基地上的盆栽海棠——‘长寿冠’为材料,该基地位于118.35°E, 32.25°N,为亚热带季风气候,年平均降水量1102.2 mm,土壤密度较大,孔隙度和渗透性小,土壤质地以粉壤土为主,pH值5.75~5.85。

2012年10月中旬选取长势一致、生长健壮的盆栽海棠‘长寿冠’60株,促花调控采用增温处理,共设置3种处理,分别为室外对照(T0)、双层大棚(T2)、玻璃温室(T3),每组10盆重复,于2012年12月中旬开始处理。在T2处理水平上对剩余30盆植株进行叶面施肥处理,每10盆一个处理组,分别记作T2+N、T2+P、T2+K;植株开始现蕾的时期,每7d对T0、T2、T3组的每盆植株喷洒200 mL清水,每个处理组共喷洒2000 mL的清水,对T2+N

组每盆植株喷洒0.1%的尿素200 mL,对T2+P组每盆植株喷洒0.2%过磷酸钙200 mL,对T2+K组每盆植株喷洒0.2%硫酸钾200 mL,连续3周。

自2012年12月中旬试验处理开始至盛花期,双层棚、玻璃温室及室外分别放置一台美国WatchDog公司的Spectrum1000 Series, Silicon Pyranometer, External Temperature Sensor-20 ft.温度测定仪,每15 min仪器自动记录一次环境温度,最后用SpecWare9 Professional导出数据,分析温度变化与花色的关系。在自然光下,使用英国皇家园艺学会比色卡(简称RHSCC)对盆栽海棠‘长寿冠’各处理组盛花期花朵进行颜色初步测量。

于盛花期晴天的早晨,摘取花朵健壮、花色鲜艳、完全开放的花朵,并用普通信封装好。一部分放在-20℃的冰箱中保存备用;另一部分放在40℃烘箱中烘干72 h,研磨成粉末密封保存待用<sup>[6]</sup>。

### 1.2 测试指标及方法

**1.2.1 RHSCC比色值** 在自然光下,使用英国皇家园艺学会比色卡(简称RHSCC)对各组盛花期花瓣进行测量,将花瓣最宽部分与比色卡进行对比<sup>[7]</sup>,用比色卡上最接近花色的代码表示这个花瓣的RHSCC值<sup>[8-9]</sup>,每个处理随机测定5个单株,每株重复测定3次。

**1.2.2 色素的定性分析** 色素类型定性测试。3次准确称取各处理组花瓣粉末0.100 g,分别放入具塞干燥试管中,依次在试管中加入石油醚、10%盐酸和30%氨水5 mL,观察试管中颜色的变化,并记录<sup>[10]</sup>。

类黄酮显色反应。准确称取各处理组花瓣粉末0.100 g,将其溶解于试管中,加入10 mL体积比为V(HCl):V(MeOH)=1:99的盐酸化甲醇溶液,提取15 h,用定性滤纸过滤后,定容至25 mL。分别取2 mL,进行下列10步显色反应<sup>[11]</sup>。

(1)浓盐酸-镁粉反应。在2 mL提取液中加入少量镁粉,然后用滴管加5滴浓盐酸,混匀后,静置1 h,观察颜色变化。

(2)浓盐酸-锌粉反应。在2 mL提取液中加入少量锌粉,然后用滴管加10滴浓盐酸,混匀后静置1 h,观察颜色变化。

(3)醋酸铅反应。在2 mL提取液中加入1% Pb(CH<sub>3</sub>COO)·3H<sub>2</sub>O溶液2 mL,混匀后静置2 h,观察颜色变化。

(4)三氯化铁反应。在2 mL提取液中加入5% FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O溶液2 mL,混匀后,观察颜色变化。

(5)三氯化铝反应。在2 mL提取液中加入1% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O甲醇溶液1 mL,混匀后,观察颜色变化。

(6) 浓硫酸反应。在 2 mL 提取液中加入 1.5 mL 浓  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 混匀, 置沸水浴中 5 min 后, 观察颜色变化。

(7) 碱性试剂反应。在 2 mL 提取液中加入 5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液 3 mL, 混匀, 密闭静置 30 min, 然后通空气 10 min, 观察颜色变化。

(8) 氨性氯化锶反应。准确量取甲醇 10 mL, 用 30% 氨水定容至 25 mL, 使之成为被氨水饱和的甲醇溶液。然后向 2 mL 提取液中加入  $0.01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{SrCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  甲醇溶液 10 滴, 再加被氨水饱和的甲醇溶液 10 滴, 混匀, 静置 1 h 后观察颜色变化。

(9) 硼酸反应。在 2 mL 提取液中加入 1%  $\text{H}_2\text{O}_4\text{C}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  溶液 10 滴, 再加 2%  $\text{H}_3\text{BO}_3$  溶液 3 mL, 混匀后, 观察颜色变化。

(10) 四氢硼钠反应。在 2 mL 提取液中加入  $\text{NaBH}_4$  粉末 8 mg, 再加入 1% 盐酸溶液 2 mL, 混匀, 静置 2 h 后观察颜色变化。

**1.2.3 紫外-可见光谱分析 叶绿素的检测。**准确称取各处理组花瓣粉末 0.100 g, 用丙酮与甲醇的混合溶液 (体积比为 9:1) 定容至 5 mL, 用北京谱析通用公司生产的 TU-1901 型紫外-可见光谱仪进行扫描, 光谱范围为 400~700 nm, 比色皿光径为 1 cm<sup>[11]</sup>。

类胡萝卜素的检测。准确称取各处理组花瓣粉末 0.100 g, 用石油醚与甲醇的混合溶液 (体积比为 1:1) 定容至 10 mL, 用上步实验仪器进行扫描, 光谱范围为 200~700 nm, 比色皿光径为 1 cm。

类黄酮的检测。准确称取各处理组花瓣粉末 0.100 g, 加盐酸化甲醇溶液 2 mL 于试管中 (体积比为  $V(\text{HCl}) : V(\text{MeOH}) = 1 : 99$ ), 混匀后在常温下避光提取 24 h。然后将提取液定容至 10 mL, 在 220~600 nm 光谱范围内扫描<sup>[12]</sup>。

**1.2.4 不同类型花色素含量分析 总类胡萝卜素含量的测定。**取各处理组干燥花瓣粉末 0.1 g 放入具塞试管中, 加入提取剂丙酮和石油醚混合液 (体积比为 1:4) 10 mL 浸提 48 h, 过滤定容至合适的浓度后用北京谱析通用仪器有限责任公司生产的 TU-1901 双光束紫外-可见光分光光度计在 400~500 nm 处扫描, 扫描间隔为 2 nm, 石英杯光径为 1.0 cm。记录各品种最大吸收峰处的光密度, 根据总类胡萝卜素的消光系数, 按照下式进行含量计算, 并对所得的数据取平均值<sup>[13]</sup>。

$$A = E^{1\%}_{1\text{cm}} \cdot C \cdot d$$

其中,  $A$  为最大吸收峰的光密度;  $C$  为类胡萝卜素的浓度, 单位为  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ;  $d$  为光通过类胡萝卜素溶

液的距离, 即比色杯的内径, 单位为 cm;  $E^{1\%}_{1\text{cm}}$  为类胡萝卜素的消光系数。使用平均的  $E^{1\%}_{1\text{cm}}$  值 2500。

总黄酮含量的测定。取各处理组干燥花瓣 0.1 g 放入具塞试管中, 加入提取剂甲醇 10 mL 浸提 48 h, 将浸提液定容至 10 mL<sup>[14]</sup>。根据氯化铝显色法, 黄酮类化合物与  $\text{AlCl}_3$  形成黄色的黄酮铝配合物。将标样芦丁于 102℃ 烘干 1 h, 准确称取 20.3 mg 用少量甲醇溶解, 用盐酸化甲醇溶液定容至 25 mL, 配成  $0.812 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  标准样品溶液。分别取 0、0.2、0.4、0.6、0.8 和 1.0 mL 标准样品溶液加盐酸化甲醇溶液至 4 mL, 再分别加入 1%  $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  甲醇溶液 6 mL 平衡 10 min。在 220~700 nm, 采样间隔 1 nm 慢速扫描, 发现在 405 nm 和 270 nm 处各有一吸收峰, 以 405 nm 为检测波长测定标准样品的吸光值 ( $A_{405 \text{ nm}}$ )。根据标样芦丁溶液浓度和  $A_{405 \text{ nm}}$  吸光值绘制标准曲线, 求出线性回归方程。取 2 mL 提取液加入 3 mL 1%  $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  甲醇溶液平衡 10 min, 测定  $OD_{405 \text{ nm}}$ , 利用标准曲线线性回归方程计算样品溶液浓度, 计算冷冻样品总黄酮 (total flavonoids) 含量 (鲜重)。

总花青素的紫外-可见光谱分析。取各处理组干燥花瓣 0.1 g 放入具塞试管中, 加入提取剂盐酸化甲醇溶液 10 mL 浸提 48 h, 然后定容至合适浓度, 使用紫外-可见光分光光度计在 500~600 nm 处扫描, 扫描间隔为 2 nm, 石英杯光径为 1.0 cm。记录各品种最大吸收峰处的光密度, 根据总花青素的消光系数, 得到花青素的含量<sup>[15-16]</sup>。

### 1.3 数据处理方法

采用 Excel2003 对数据进行处理, SPSS17.0 软件进行评估各处理间差异显著性, 不同小写字母表示同期处理间差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 各处理对花色的影响

由表 1 可知, T2、T3 组日平均温度与 T0 组差异均显著 ( $P < 0.05$ ), T2 组昼夜温差与 T0 组差异显著 ( $P < 0.05$ ), T3 组昼夜温差与 T0 组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。在目测的基础上使用 RHSCC 比色卡比色发现长寿冠花朵颜色分布在红色系的 45B~47A 之间。与室外 (T0) 相比, 双层棚 (T2) 植株花朵颜色红色加深, 玻璃温室 (T3) 植株花朵颜色红色淡化; 从喷洒叶面肥料方面来看, 在 RHSCC 比色卡上分布是喷洒 0.2% 过磷酸钙 (T2+P) 的植株花朵红色最深, 其次是喷洒 0.2% 硫酸钾 (T2+K) 的

植株, 喷洒 0.1% 的尿素 (T2+N) 的植株花朵红色相对最淡。

## 2.2 花色素的特征颜色反应

### 2.2.1 石油醚、盐酸和氨水检测

石油醚显色反应中, ‘长寿冠’ 表现为无色, 说明花瓣中不含类胡萝卜素或类胡萝卜素含量很低; 盐酸显色反应中, 表

现为红色, 说明含有花色素苷; 氨水显色反应中, 显示深褐黄色, 说明含有黄酮类化合物或查耳酮。

‘长寿冠’ 花色素成分初步分析结果是含有花色素苷、黄酮类化合物或查耳酮、不含类胡萝卜素或其含量很低。

表 1 各处理组花色的 RHSCC 比色值

Table 1 RHSCC colorimetric values of the flower color in treatment groups

处理组 Treatment group	日平均温度/℃ Daily mean temperature	平均昼夜温差/℃ Average temperature difference between day and light	RHSCC 比色值 RHSCC colorimetric value
T0	3.41±0.11 <sup>c</sup>	2.99±0.16 <sup>b</sup>	45 <sup>A</sup>
T2	8.90±0.21 <sup>b</sup>	7.98±0.26 <sup>a</sup>	46 <sup>A</sup>
T2+N	8.90±0.21 <sup>b</sup>	7.98±0.26 <sup>a</sup>	46 <sup>B</sup>
T2+P	8.90±0.21 <sup>b</sup>	7.98±0.26 <sup>a</sup>	47 <sup>A</sup>
T2+K	8.90±0.21 <sup>b</sup>	7.98±0.26 <sup>a</sup>	47 <sup>B</sup>
T3	17.92±0.19 <sup>a</sup>	3.27±0.26 <sup>b</sup>	45 <sup>B</sup>

注: T0, 对照组; T2, 双层棚增温处理组; T3, 玻璃温室增温处理组; T2+N, 双层棚中喷洒 0.1% 尿素处理组; T2+P, 双层棚中喷洒 0.2% 过磷酸钙处理组; T2+K, 双层棚中喷洒 0.2% 硫酸钾处理组。同列不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note: T0, the control group; T2, the double shed raising temperature treatment group; T3, the glass greenhouse warming treatment group; T2+N, the double shed spraying with 0.1% urea; T2+P, the double shed spraying with 0.2%  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ; T2+K, the glass greenhouse spraying with 0.2%  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Different small letters within the same column mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same below.

表 2 各处理组花色素成分含量

Table 2 Contents of anthocyanidins in different treatment groups

处理组 Treatment group	总类胡萝卜素含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Total carotenoid	总黄酮含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Total flavonoid	总花青素含量/ $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ Total anthocyanidin
T0	1.61±0.0231 <sup>a</sup>	3.206±0.0462 <sup>a</sup>	12.444±0.0433 <sup>b</sup>
T2	1.72±0.0173 <sup>a</sup>	0.247±0.0064 <sup>d</sup>	14.908±0.0110 <sup>a</sup>
T2+N	1.24±0.0231 <sup>b</sup>	0.760±0.0040 <sup>c</sup>	8.5130±0.0612 <sup>c</sup>
T2+P	1.16±0.0116 <sup>b</sup>	0.185±0.0023 <sup>d</sup>	15.978±0.0618 <sup>a</sup>
T2+K	0.65±0.0231 <sup>c</sup>	1.932±0.0035 <sup>b</sup>	15.163±0.0554 <sup>a</sup>
T3	1.08±0.0173 <sup>b</sup>	1.952±0.0029 <sup>b</sup>	8.5130±0.0612 <sup>c</sup>

### 2.2.2 类黄酮的显色反应

(1) 浓盐酸—镁粉反应: 呈粉红色, 说明其可能含有黄酮或花色素苷, 不含查耳酮、噢啉和儿茶酚。

(2) 浓盐酸-锌粉反应: 显示淡粉色, 表明其含有二氢黄酮醇和黄酮醇-3-O-糖苷。

(3) 醋酸铅反应: 出现深黄色沉淀, 说明查耳酮、黄酮或橙酮等衍生物侧链的苯环上含有邻二酚性羟基。

(4) 三氯化铁反应: 呈现橙黄色, 说明色素分子中没有酚羟基。

(5) 三氯化铝反应: 呈现粉红色, 表明其花色素可能含有查耳酮类或橙酮类。

(6) 浓硫酸反应: 呈褐色, 说明其含有花色素。

(7) 碱性试剂反应: 呈淡黄色, 通气后颜色不变, 说明长寿冠花色素中不含有二氢黄酮、查耳酮、

噢啉和黄酮醇。

(8) 氨性氯化锶反应: 出现黄色沉淀, 说明其色素分子中含有 3', 4'-二羟基。

(9) 硼酸反应: 呈现淡粉色, 说明色素中黄酮醇不含  $\text{C}_5\text{-OH}$ 。

(10) 四氢硼钠反应: 呈现微黄色, 说明其花色素中不含有二氢黄酮和二氢黄酮醇。

类黄酮显色反应显示 ‘长寿冠’ 含有花色素、黄酮类化合物、黄酮醇-3-O-糖苷、黄酮衍生物侧链的苯环上含有邻二酚性羟基、色素分子中含有 3', 4'-二羟基, 不含酚羟基。

## 2.3 色素成分的紫外—可见光谱分析

‘长寿冠’ 的丙酮乙醇溶液在 662 和 644 nm 处均无吸收峰, 意味着 ‘长寿冠’ 花瓣中不含叶绿素。

‘长寿冠’ 的提取液在类胡萝卜素的特征吸收峰

440 和 470 nm 附近均有吸收, 说明花瓣中含有类胡萝卜素。‘长寿冠’花色素的紫外光谱显示在 530 和 330 nm 附近出现了吸收峰, 这分别是花色素苷和黄酮类化合物的特征吸收峰。

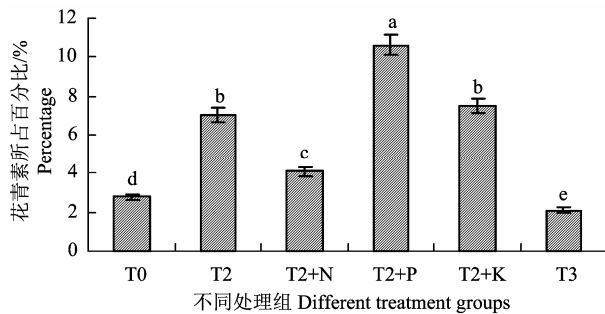


图 1 各处理组花朵花青素在花色素中的百分比

Figure 1 Percentage of flower anthocyanins to pigment in each treatment group

由试验(表 2)可知, 类胡萝卜素在长寿冠中的含量很低, 这与花色色素颜色特征反应中的石油醚反应表现基本一致, 其中 T2 比 T0 高 6.83%, 差异不显著( $P>0.05$ ), T3 比 T0 低 32.92%, 差异显著( $P<0.05$ ); T2+N、T2+P、T2+K 分别比 T2 低 27.91%、32.56%、62.21%, 差异均显著( $P<0.05$ )。从总黄酮含量测定结果可以看出, T2、T3 分别比 T0 低 92.30%、39.11%, 差异均显著( $P<0.05$ ); T2+N、T2+K 分别比 T2 高 207.69%、682.19%, 差异均显著( $P<0.05$ ), T2+P 比 T2 低 25.10%, 差异不显著( $P>0.05$ )。花青素含量是 T2 比 T0 高 19.80%, T3 比 T0 低 31.59%, 差异均显著( $P<0.05$ ), T2+N 比 T2 低 42.90%, 差异显著( $P<0.05$ ), T2+P、T2+K 分别比 T2 高 7.18%、1.71%, 差异不显著( $P>0.05$ ), 由图 1 可知, 各处理组花青素在花色素中的含量与对照相比, 差异均显著( $P<0.05$ ), 结合各处理组植株花朵颜色在 RHSCC 比色卡上的分布(表 1)可知, 花青素在长寿冠红色花的显现中起着决定性的作用。

### 3 小结与讨论

人们常根据目测的方法将花色分类, 但是色素在花瓣中分布的不平衡或因光线影响使人们对花色的感觉会有所不同<sup>[9]</sup>, 造成对花色尤其是交叉色系的判定很困难。RHSCC 是在观赏植物界使用最为广泛且较为客观的一种比色色标<sup>[17]</sup>。本试验 RHSCC 比色结果显示: 与 T0 相比, T2 的花朵红色加深, T3 的花朵红色淡化, 说明‘长寿冠’经双层棚促花后, 花朵的观赏品质不会受到影响, 而经玻璃温室促花后, 花朵的观赏品质有所下降; 与 T2 相比,

T2+P、T2+K 的花朵红色加深, T2+N 的花朵红色淡化, 这说明‘长寿冠’促花调控过程中在现蕾期喷洒 0.2% 过磷酸钙、0.2% 硫酸钾, 不会影响花朵的观赏价值, 而在现蕾期喷洒 0.1% 的尿素会降低花朵的观赏价值。从本试验可以看出, 在目测的基础上使用 RHSCC 比色之后, 便能对本研究所用的盆栽海棠‘长寿冠’各处理组花色的鲜艳程度和花朵的观赏品质有一个快速、简便、量化的衡量。特征显色反应与紫外——可见光光谱分析表明, ‘长寿冠’红色花的主要呈色色素为黄酮类化合物, 不含查耳酮、噢啉、儿茶酚、二氢黄酮、二氢黄酮醇等, 其黄酮衍生物侧链的苯环上含有邻二酚性羟基、色素分子中含有 3', 4' -二羟基, 不含酚羟基。结合 RHSCC 比色结果和花色素成分定性分析可知, ‘长寿冠’红色花的形成是总黄酮、总花青素和总类胡萝卜素这 3 类色素共同参与的结果, 其中花青素起着决定性作用。

类黄酮类物质、类胡萝卜素和其他类色素决定了植物的花色, 类黄酮是大多数花色形成的决定性色素群, 包含有形成黄色的黄酮、二氢黄酮和查尔酮等, 也有形成红色、紫色、蓝色等花色的花色素苷, 花色素苷是影响花色变化的重要色素类群<sup>[17-19]</sup>。在花期调控过程中, 已开花花卉的颜色会因为花色素发生变化而变化。了解花色素有益于提高花期调控过程中成品花的观赏价值。温度是影响植物花色的诸多因素之一, 相关研究表明温度越高花色素苷降解的速率越快, 花色随着温度的升高而变淡<sup>[20-22]</sup>, 另外有研究表明, 适度的昼夜温差有利于中红杨的呈色<sup>[23]</sup>。本研究显示玻璃温室花朵颜色淡化, 这可能是因为玻璃温室促花相对于室外和双层棚日均温度高, 其花色素苷降解的速率快; 也可能是因为玻璃温室昼夜温差小, 夜温维持在较高水平, 相关酶的活性降低<sup>[24]</sup>, 花青素苷的合成速度减慢而其降解的速率却增强, 从而造成了花朵颜色的褪失<sup>[25]</sup>。双层棚花朵的花青素含量最高, 其花朵的颜色显得更加鲜艳夺目, 这可能是因为双层棚的昼夜温差相对比较大, 有利于植物组织中可溶性糖的积累, 在高浓度糖存在下, 水分活度降低, 花色素苷生成假碱式结构的速度减慢, 花色素苷的颜色得到了保护<sup>[26]</sup>。

某些矿质元素能以化合物或离子态形式促进花色素苷的合成<sup>[27]</sup>, 可以与花色素苷螯合影响花色, 还可以通过影响花色素的代谢来影响花色。李小康<sup>[28]</sup>发现叶面喷施 3%  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  可显著提高中华红叶杨叶片中花色素苷的含量。本研究发现在现蕾期喷洒 0.2% 过磷酸钙和 0.2% 硫酸钾, 与 T2 相比, 花朵红

色加深,这主要是因为磷和钾有利于花青素的积累及花青苷的表达,提高花色素苷含量,从而确保花色艳丽<sup>[29]</sup>;在现蕾期喷洒0.1%的尿素使花朵颜色淡化,且与T2相比差异显著,这可能是因为氮肥抑制了花色素苷的合成而使花朵着色不良。花青素含量的测定结果与RHSCC比色结果基本吻合,初步认为在长寿冠促花调控过程中,适当增大昼夜温差或在现蕾期喷洒0.2%过磷酸钙、0.2%硫酸钾可以确保花朵品质;日均温度过高或在现蕾期喷洒0.1%的尿素会使花朵颜色淡化,花朵品质下降。

本试验在长寿冠促花调控过程中利用RHSCC比色结合花色素的定性及定量分析,研究了增温促花及叶面肥料对花色品质的影响,为海棠花期调控过程中花色质量的评价及花色的改良提供依据,同时为海棠花色素的进一步分离和鉴定提供基础,关于在海棠花期调控过程中如何合理控制外界环境因子和施肥水平及施肥比例来确保花朵质量是今后研究的重要内容。

## 参考文献:

- [1] 冯冰,刘坤良.海棠类植物品种与景观应用[J].中国花卉园艺,2013(14):39-41.
- [2] 臧德奎,王关祥,郑林,等.我国木瓜属观赏品种的调查与分类[J].林业科学,2007,43(6):72-76.
- [3] 刘正周,李方平,赵玲,等.木瓜海棠控花技术研究[J].安徽农业科学,2008,36(33):14511-14512.
- [4] 张桂荣.有效积温对日本海棠催花的影响[J].北方园艺,2008(12):123-124.
- [5] 孙朦,谢寅峰,张往祥.盆栽海棠花期调控技术研究进展[J].林业科技开发,2012,26(2):1-5.
- [6] 陈建,吕长平,陈晨甜,等.不同花色非洲菊品种花色素成分初步分析[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(1):73-76.
- [7] 夏婷,耿兴敏,罗凤霞.不同花色野生百合色素成分分析[J].东北林业大学学报,2013,41(5):108-112;165.
- [8] Wang L S, Hashimoto F, Shiraishi A, et al. Chemical taxonomy of the Xibei tree peony from China by floral pigmentation[J]. Journal of Plant Research, 2004, 117(1): 47-55.
- [9] Voss D H. Relating colour internal measurement of plant colour to the Royal Horticultural Society Colour Chart[J]. HortScience, 1992, 27(12): 1256-1260.
- [10] 赵昶灵,郭维明,陈俊愉.梅花花色素种类和含量的初步研究[J].北京林业大学学报,2004,26(2):68-73.
- [11] 陈孝泉.植物化学分类学[M].北京:高等教育出版社,1990:55-63.
- [12] Litchenthaler H K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes[J]. Method Enzymology, 1987, 148: 350-382.
- [13] Karl H D. A rapid method for the extraction and quantitative of total anthocyanin of cranberry fruit[J]. Agriculture Food Chemistry, 1978, 26(6): 1452-1453.
- [14] Sakata Y, Aoki N, Tsunematsu S. Petal colouration and pigmentation of tree peony bred and selected in Daikon Island[J]. Journal Japanese Society Horticulturae Science, 1995, 64(2): 351-357.
- [15] 白新祥,胡可,戴思兰,等.不同花色菊花品种花色素成分的初步分析[J].北京林业大学学报,2006,28(5):84-89.
- [16] 尹晴红,刘邠州,谢一芝,等.紫甘薯花色素的提取条件[J].江苏农业学报,2002,18(4):236-240.
- [17] 黄金霞,王亮生,李晓梅,等.花色变异的分子基础与进化模式研究进展[J].植物学通报,2006,23(4):321-333.
- [18] 韩科厅,胡可,戴思兰.观赏植物花色的分子设计[J].分子植物育种,2008,6(1):16-24.
- [19] 尹晴红,刘邠州,谢一芝,等.紫甘薯花色素的提取条件[J].江苏农业学报,2002,18(4):236-240.
- [20] Hou J Y, Miller W B, Chang Y C A. Effects of simulated dark shipping on the carbohydrate status and post-shipment performance of Phalaenopsis[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2011, 136(5): 364-371.
- [21] 孟宪水,彭兴贞.让玫瑰更红——玫瑰花色变化与环境因子[J].花木盆景:花卉园艺,2007(12):32-33.
- [22] Garzon G A, Wrolstad R E. Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate[J]. Journal of Food Science, 2002, 67(5): 1288-1299.
- [23] 李小康.不同昼夜温差对中红杨叶色的影响[J].河南农业科学,2011,40(9):119-122.
- [24] Mori K, Goto-Yamamoto N, Kitayama M, et al. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature[J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58(8): 1935-1945.
- [25] 胡可,韩科厅,戴思兰.环境因子调控植物花青素苷合成及呈色的机理[J].植物学报,2010,45(3):307-317.
- [26] 卢钰,董现义.花色素研究进展[J].山东农业大学学报,2004,35(2):315-320.
- [27] 姜卫兵,徐莉莉,翁忙玲,等.环境因子及外源化学物质对植物花色素苷的影响[J].生态环境学报,2009,18(4):1546-1552.
- [28] 李小康,朱延林,宁豫婷,等.不同光照条件下外施营养液对中红杨叶色变化的影响[J].上海农业学报,2008,24(2):20-24.
- [29] 马晓,陈刚,张冬梅.生态因子及矿质元素对红花槭叶片色素含量的影响[J].北方园艺,2012(13):86-88.