

DOI:CNKI:61-1390/S.20110906.1728.003

网络出版时间:2011-09-06 17:28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110906.1728.003.html>

# 利文斯顿雏菊花色素成分及其稳定性研究

刘亚婷<sup>a</sup>, 张延龙<sup>b</sup>, 牛立新<sup>b</sup>, 崔亚静<sup>b</sup>

(西北农林科技大学 a 园艺学院, b 林学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】研究利文斯顿雏菊花色素成分及其稳定性,为草花花色遗传育种提供理论依据。【方法】以利文斯顿雏菊 8 个品系为试验材料,通过特征颜色反应、显色反应和紫外-可见光谱扫描分析,确定其花色素成分,并分析温度和光照对花色素稳定性的影响。【结果】利文斯顿雏菊花色素属于类黄酮化合物,含黄酮和花色苷,可能含异黄酮、二氢黄酮和二氢黄酮醇,不含橙酮和查耳酮;白色品系只含黄酮和黄酮醇;粉红内白、橙色和黄色 3 个品系除含黄酮和黄酮醇外,可能还含异黄酮;玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系含花色苷、黄酮、黄酮醇等,且存在酰基基团,另外,玫红内黄品系还含二氢黄酮醇;粉红内黄品系含黄酮、黄酮醇和二氢黄酮醇;8 个品系花色的黄酮类化合物中含醇羟基和酮羟基,不含酚羟基。温度对利文斯顿雏菊花色素稳定性的影响较大,60~80℃时,吸光度的下降趋势最为明显;光照对玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系的影响较大。【结论】利文斯顿雏菊不同品系花色素中的黄酮类化合物种类不同,温度和光照对其花色素稳定性的影响较大,且不同品系受到的影响程度不同。

【关键词】 利文斯顿雏菊;花色素;花色苷;类黄酮;色素稳定性

【中图分类号】 S681.901

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)11-0161-06

## Studies on the feature of flower pigments of *Dorotheanthus bellidiformis*

LIU Ya-ting<sup>a</sup>, ZHANG Yan-long<sup>b</sup>, NIU Li-xin<sup>b</sup>, CUI Ya-jing<sup>b</sup>

(a College of Horticulture, b College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** 【Objective】 This study was conducted to provide a theoretical basis for *Dorotheanthus bellidiformis* breeding program by exploring the feature of flower pigment in eight cultivar lines and its stability. 【Method】 We analyzed the composition of flower pigments and stability by the specific color reactions, UV-visible spectrum and treatment under different temperatures and lights among eight cultivar lines. 【Result】 The results showed that the petal anthocyanidins belonged to flavonoids including flavones anthocyanins substance and might contain isoflavones flavanones, flavanonols, but no chalcones and aurones; White line just contained flavone and flavonol; White zone in pink, orange and yellow lines may contain isoflavone except flavone and flavonol; White zone in crimson, Gold zone in crimson and Melon red lines contained anthocyanin with acyl group, flavone and flavonol. Otherwise, the White zone in crimson include flavanonol; Gold zone in pink line included flavanonol except flavone and flavonol; Flavonoids in eight cultivar lines included alcoholichydroxyl and hydroxyketone, no phenolichydroxyl; There were very big effects of temperature on the stability of petal anthocyanidins. The downtrend was the most between 60 and 80℃; Under dark and light significant difference was shown, the compisition of anthocyanin declined sharply under light. There were significant difference among different cultivar lines, too. 【Conclusion】 The kinds of flavonoids were different in different cultivar lines. Temprature and light have big effect on pigment stability.

\* [收稿日期] 2011-04-07

[基金项目] 国家林业局项目(2006-73)

[作者简介] 刘亚婷(1985—),女,陕西渭南人,在读硕士,主要从事草花栽培育种研究。

[通信作者] 张延龙(1964—),女,陕西延安人,教授,硕士生导师,主要从事花卉种质资源与育种研究。E-mail:zzLL22@126.com

ty of *D. bellidiformis*, and the affesting degree was different in different cultivar lines.

**Key words:** *Dorotheanthus bellidiformis*; flower pigment; anthocyanins; flavones; pigment stability

利文斯顿雏菊 (*Dorotheanthus bellidiformis*) 为番杏科日中花属一年生多浆草本植物, 原产南非地区, 因其花色丰富鲜艳而被广泛应用于园林绿化中<sup>[1]</sup>。花色是决定花卉观赏价值的一个重要因素, 花色素是花色形成的物质基础, 因此分析花瓣中色素的成分对于探讨花色形成机理及分子育种具有重要意义<sup>[2]</sup>。决定花卉颜色的物质主要有类黄酮、类胡萝卜素、生物碱共 3 大类色素, 目前有关花色素的研究主要集中在花色素的提取及其稳定性方面, 且在小苍兰<sup>[3]</sup>、腊梅<sup>[4]</sup>、高山杜鹃<sup>[5]</sup>、金盏菊<sup>[6]</sup>、菊花<sup>[7]</sup>、向日葵<sup>[8]</sup>、扶桑<sup>[9]</sup>、紫花地丁<sup>[10]</sup>等植物中已有报道, 但有关利文斯顿雏菊花色素的研究尚未见报道。为此, 本研究参考传统花色素的研究方法, 提取了利文斯顿雏菊 8 个品系的花色素, 初步确定了其花色素的种类, 并探讨了温度和光照对其花色素稳定性的影响, 以期草花花色形成机理及育种研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试利文斯顿雏菊为 2006 年从加拿大温哥华引进, 经过 2 年栽培后, 已经基本适应本地气候<sup>[11]</sup>, 其共有 8 个品系, 分别为白色品系、橙色品系、粉红内白品系、粉红内黄品系、玫红内白品系、玫红内黄品系、黄色品系和西瓜红色品系, 将这 8 个品系种植于西北农林科技大学园艺试验场内, 在盛花期, 于早晨剪取各品系刚盛开的花朵, 放入封口袋, 带回实验室后置于一 70 ℃ 保存备用。

### 1.2 方法

1.2.1 花色素的提取 取各品系花瓣 2 g 放入液氮中迅速研磨, 加入 20 mL 体积分数 1% 盐酸甲醇溶液

后, 于 4 ℃ 下避光浸提 12 h, 将提取液用 0.45 μm 有机滤膜过滤定容至 25 mL, 过滤液于一 20 ℃ 保存<sup>[12]</sup>。

1.2.2 花色素成分的定性分析 取各品系新鲜舌状花瓣 0.2 g, 分别放入 5 mL 石油醚、体积分数 10% 盐酸以及 30% 氨水中, 迅速研磨成匀浆, 过滤, 以潘通国际通用 C/U 色卡作参考, 对提取液进行特征颜色反应<sup>[13]</sup>。

1.2.3 花色素成分的显色反应 取 2 mL 1.2.1 节制备的各品系的色素提取液, 分别与盐酸-锌粉、盐酸-镁粉、硼氢化钠、氯化铝、氯化铁、醋酸铅、硼酸、碳酸钠和浓硫酸等 9 种化合物进行显色反应<sup>[14-16]</sup>。

1.2.4 花色素成分的紫外-可见光谱分析 以体积分数 1% 盐酸甲醇溶液为空白, 分别取 1.2.1 节制备的 8 个品系的色素提取液 1 mL, 稀释 20 倍后, 利用紫外-可见分光光度计进行扫描, 测定各品系花色素在 200~800 nm 内的特征吸收峰<sup>[17]</sup>。

1.2.5 温度和光照对花色素稳定性的影响 (1) 温度。取 1.2.1 节制备的各品系的花色素提取液 2 mL, 稀释 20 倍后分别于 30, 40, 60, 80 和 100 ℃ 下放置 30 min, 冷却至室温后在 530 nm 处测定其吸光度。每个样品重复 3 次<sup>[18]</sup>, 结果取平均值。

(2) 光照。取 1.2.1 节制备的各品系的色素提取液 2 mL, 稀释 20 倍后分别置于 200 lx 灯光照射和暗室内, 并在 0, 2, 4, 6, 8, 10 d 时取样, 于 530 nm 处测定其吸光度<sup>[19]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 利文斯顿雏菊 8 个品系花色素成分的定性分析

对利文斯顿雏菊 8 个品系花色素成分进行定性分析, 结果见表 1。

表 1 利文斯顿雏菊 8 个品系花色素成分的定性分析结果  
Table 1 Result of qualitative analysis of pigment type in eight cultivar lines of *D. bellidiformis*

| 品系<br>Cultivar line               | 试剂类型 Reagent type   |        |                                       |
|-----------------------------------|---------------------|--------|---------------------------------------|
|                                   | 石油醚 Petroleum ether | 盐酸 HCl | 氨水 NH <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O |
| 白色品系 White line                   | 无色 Colorless        | 7401-U | 614-U                                 |
| 橙色品系 Orange line                  | 无色 Colorless        | 7409-U | 609-U                                 |
| 粉红内白品系 White zone in pink line    | 无色 Colorless        | 7401-U | 614-U                                 |
| 粉红内黄品系 Gold zone in pink line     | 无色 Colorless        | 7403-U | 617-U                                 |
| 玫红内白品系 White zone in crimson line | 无色 Colorless        | 234-U  | 610-U                                 |
| 玫红内黄品系 Gold zone in crimson line  | 无色 Colorless        | 233-U  | 610-U                                 |
| 黄色品系 Yellow line                  | 无色 Colorless        | 7402-U | 617-U                                 |
| 西瓜红色品系 Melon red line             | 无色 Colorless        | 702-U  | 610-U                                 |

注 (Note): 233, 234-U. 红~黑 (Red-Black); 702-U. 红~黑~白 (Red-Black-White); 609, 610, 614, 617-U. 黄~黑~白 (Yellow-Black-White); 7401, 7402, 7403-U. 黄~红~白 (Yellow-Red-White); 7409-U. 黄~红~黑 (Yellow-Red-Black)。

由表 1 可见,利文斯顿雏菊 8 个品系在石油醚中均表现为无色,说明其花色素中均不含类胡萝卜素。在花色素与盐酸的反应中,玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系显示不同程度的红色,说明这 3 个品系的花色素中均含花色素苷;其余 5 个品系均显示不同程度的黄色,说明其花色素中含黄酮类化合物。在花色素与氨水的反应中,8 个花色品系均呈现不同程度的黄色,而未出现橙红色或红色,说

明利文斯顿雏菊花色素中可能含黄酮、黄酮醇类和查耳酮类物质,但不含橙酮。

2.2 利文斯顿雏菊 8 个品系花色素成分的显色反应结果

将利文斯顿雏菊 8 个品系的花色素提取液分别与盐酸-锌粉、盐酸-镁粉、硼氢化钠、氯化铝、氯化铁、醋酸铅、硼酸、碳酸钠和浓硫酸等 9 种化合物进行显色反应,结果见表 2。

表 2 利文斯顿雏菊 8 个品系花色素成分的显色反应结果

| 品系<br>Cultivar line                     | 试剂类型 Reagent type |                 |                           |                          |                          |                                                          |                                      |                                        |                                      |
|-----------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
|                                         | 盐酸-锌粉<br>HCl-Zn   | 盐酸-镁粉<br>HCl-Mg | 硼氢化钠<br>NaBH <sub>4</sub> | 氯化铝<br>AlCl <sub>3</sub> | 氯化铁<br>FeCl <sub>3</sub> | 醋酸铅<br>Pb(CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> | 硼酸<br>H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | 碳酸钠<br>Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 硫酸<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| 白色品系<br>White line                      | 无色<br>Colorless   | 无色<br>Colorless | 无色<br>Colorless           | 7506-U                   | 108-U                    | 白色-S<br>White-S                                          | 无色<br>Colorless                      | 607-U                                  | 1205-U                               |
| 橙色品系<br>Orange line                     | 无色<br>Colorless   | 692-U           | 162-U                     | 163-U                    | 108-U                    | 680-S                                                    | 7520-U                               | 601-U                                  | 1215-U                               |
| 粉红内白品系<br>White zone<br>in pink line    | 无色<br>Colorless   | 无色<br>Colorless | 无色<br>Colorless           | 7499-U                   | 108-U                    | 671-S                                                    | 无色<br>Colorless                      | 607-U                                  | 1205-U                               |
| 粉红内黄品系<br>Gold zone<br>in pink line     | 无色<br>Colorless   | 无色<br>Colorless | 705-U                     | 7409-U                   | 108-U                    | 677-S                                                    | 无色<br>Colorless                      | 614-U                                  | 127-U                                |
| 玫红内白品系<br>White zone<br>in crimson line | 244-U             | 2365-U          | 无色<br>Colorless           | 2395-U                   | 114-U                    | 黄绿色-S<br>Yellow-green-S                                  | 244-U                                | 601-U                                  | 135-U                                |
| 玫红内黄品系<br>Gold zone in<br>crimson line  | 244-U             | 2365-U          | 218-U                     | 239-U                    | 114-U                    | 黄绿色-S<br>Yellow-green-S                                  | 232-U                                | 602-U                                  | 1345-U                               |
| 黄色品系<br>Yellow line                     | 无色<br>Colorless   | 无色<br>Colorless | 无色<br>Colorless           | 7507-U                   | 108-U                    | 691-S                                                    | 无色<br>Colorless                      | 607-U                                  | 1205-U                               |
| 西瓜红色品系<br>Melon red line                | 无色<br>Colorless   | 691-U           | 163-U                     | 189-U                    | 108-U                    | 黄绿色-S<br>Yellowgreen-S                                   | 706-U                                | 600-U                                  | 1355-U                               |

注(Note): 108, 114, 1205, 1215, 127, 1345, 135, 1355, 162, 163, 7409-U. 黄~红~白 (Yellow—Red—White); 189, 218, 232-U. 红~白 (Red—White); 2365, 2395. 红~紫~白 (Red—Purple—White); 239, 244-U. 紫~红~白 (Purple—Red—White); 600, 601, 602, 607, 614-U. 黄~黑~白 (Yellow—Black—White); 671, 677, 680, 691, 692, 705, 706-U. 红~黑~白 (Red—Black—White); 7499, 7506, 7507-U. 黄~红~白 (Yellow—Red—White); 7520-U. 黄~红~黑 (Yellow—Red—Black); S. 沉淀 (Sediment)。

(1)盐酸-锌粉反应。在利文斯顿雏菊的 8 个品系中,玫红内白品系和玫红内黄品系呈现紫红色,其他 6 个品系均呈现无色,表明前 2 个品系的花色素中可能含二氢黄酮类物质和花色素苷,且色素的 C<sub>3</sub> 位可能连有羟基。

(2)盐酸-镁粉反应。在利文斯顿雏菊的 8 个品系中,白色、粉红内白、粉红内黄和黄色 4 个品系均呈无色,说明其花色素中可能含有查耳酮、橙酮或儿茶素;其他 4 个品系均呈现不同程度的红色,说明其花色素中可能含黄酮、二氢黄酮、花色素苷及异黄酮。

(3)硼氢化钠反应。此反应是鉴别二氢黄酮专属性的较好的还原反应,只有二氢黄酮和二氢黄酮醇类物质能被还原。在利文斯顿雏菊的 8 个品系中,粉红内黄品系和玫红内黄品系呈现红色,表明其花色素中含二氢黄酮类化合物;橙色品系和西瓜红

色品系呈现黄色,其他 4 个品系均呈现无色,表明其花色素中不含二氢黄酮或二氢黄酮醇。

(4)氯化铝反应。在利文斯顿雏菊的 8 个品系中,玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系呈现出不同程度的红色,说明其花色素中含花色素苷;其他 5 个品系呈现出不同程度的黄色,表明其花色素中含黄酮类化合物。

(5)氯化铁反应。8 个花色品系均呈现不同程度的黄色,说明利文斯顿雏菊花色素分子中不含酚羟基。

(6)醋酸铅反应。在利文斯顿雏菊的 8 个品系中,玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系出现了黄绿色沉淀,白色品系出现了白色沉淀,其他 4 个品系均出现了不同程度的红色沉淀,说明利文斯顿雏菊花色素中不含查耳酮和橙酮,但玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系花色素中含花色素苷,且所含的

黄酮类化合物中可能具有邻二酚羟基,还可能兼有 3-羟基、4-酮基或 5-羟基结构。

(7)硼酸反应。在利文斯顿雏菊的 8 个品系中,白色、粉红内白、粉红内黄和黄色 4 个品系均呈现无色,表明其花色素中可能不含 5-羟基;其他 4 个品系均出现不同程度的红色,表明其花色素中可能具有 5-羟基黄酮。

(8)碳酸钠反应。8 个花色品系均呈现为黄色,说明利文斯顿雏菊花色素可能为 C<sub>3</sub> 位有游离羟基的黄酮醇或二氢黄酮。向反应液中通入空气 0.5 h 后,粉红内黄和玫红内黄 2 个品系黄色变深,并出现纤维状物质,其他 6 个品系颜色无变化,表明粉红内黄品系和玫红内黄品系花色素中含二氢黄酮醇。

(9)浓硫酸反应。在利文斯顿雏菊的 8 个品系

中,玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系呈橙黄色,说明其花色素中含花色素苷;其他 5 个品系均呈现不同程度的黄色,表明其花色素中可能含黄酮或黄酮醇,反应液经沸水浴后颜色无变化,说明不含查耳酮和橙酮,但可能含异黄酮。

2.3 利文斯顿雏菊 8 个品系花色素成分的紫外-可见光谱测定结果

表 3 显示,不同品系花色素在紫外波段均有多个吸收峰;分析这些峰值可知,利文斯顿雏菊花色素中含黄酮,可能含异黄酮、二氢黄酮和二氢黄酮醇,但不含查耳酮和橙酮。玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系在 540 nm 附近均有 1 个吸收峰,说明这 3 个品系的花色素中含花色素苷;在 300~360 nm 处也有吸收峰,说明其花色素苷中有酰基基团存在。

表 3 利文斯顿雏菊 8 个品系花色素成分的紫外-可见光谱测定结果

| Table 3 Result of UV-visible spectra in eight cultivar lines of <i>D. bellidi formis</i> |                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 品系<br>Cultivar line                                                                      | 特征吸收峰<br>(1%盐酸甲醇)波长/nm<br>Characteristic absorption<br>peak(1% HCl-MeOH) |
| 白色品系 White line                                                                          | 215,240,255,265,310,325                                                  |
| 橙色品系 Orange line                                                                         | 230,240,255,265,310,345,495                                              |
| 粉红内白品系<br>White zone in pink line                                                        | 205,235,245,310,325                                                      |
| 粉红内黄品系<br>Gold zone in pink line                                                         | 215,240,255,265,300,325                                                  |
| 玫红内白品系<br>White zone in crimson line                                                     | 240,250,270,310,325,545                                                  |
| 玫红内黄品系<br>Gold zone in crimson line                                                      | 240,250,270,310,325,540                                                  |
| 黄色品系 Yellow line                                                                         | 225,235,310,325,490                                                      |
| 西瓜红色品系 Melon red line                                                                    | 230,240,310,325,495,535                                                  |

2.4 温度和光照对利文斯顿雏菊花色素稳定性的影响

2.4.1 温度 由图 1 可见,随着温度的升高,利文斯顿雏菊 8 个品系花色素提取液的吸光度均呈逐渐下降趋势,且 60~80 ℃ 时的下降趋势最为明显,

其中以玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系的下降幅度相对较大,说明利文斯顿雏菊花色素对高温的耐受有限,温度过高会影响花色素苷与辅色素的共色作用,并可能有使花色素苷转化为无色查耳酮的趋向,因此应避免长时间 60 ℃ 以上高温加热。

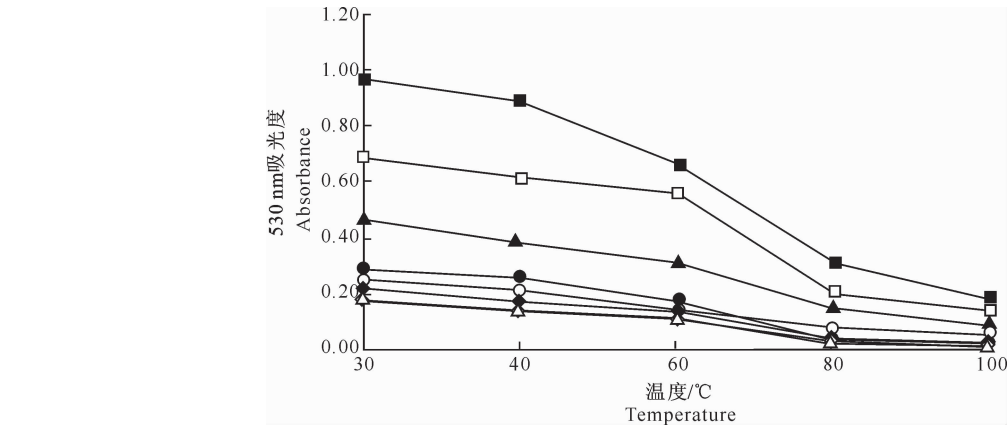


图 1 温度对利文斯顿雏菊 8 个品系花色素稳定性的影响

—◇—, 白色品系; —●—, 橙色品系; —△—, 粉红内白品系; —◆—, 粉红内黄品系;  
—□—, 玫红内白品系; —■—, 玫红内黄品系; —○—, 黄色品系; —▲—, 西瓜红色品系

Fig. 1 Influence of temperature on flower pigment stability in eight cultivar lines of *D. bellidi formis*

—◇—, White line; —●—, Orange line; —△—, White zone in pink line; —◆—, Gold zone in pink line;  
—□—, White zone in crimson line; —■—, Gold zone in crimson line; —○—, Yellow line; —▲—, Melon red line

2.4.2 光照 由图 2 可以看出,随着时间的延长,利文斯顿雏菊 8 个品系花色素吸光度在黑暗和灯光照射下均明显下降,且灯光照射条件下的下降趋势更明显。0~4 d 时,灯光照射条件下的花色素提取液吸光度呈急剧下降趋势,之后下降趋势趋于

平缓,至第 10 天时花色素几乎呈现无色。置于暗室中的花色素提取液褪色相对较慢,前 2 d 其吸光度下降缓慢,2~6 d 时,急剧下降,之后下降趋势趋于平缓。

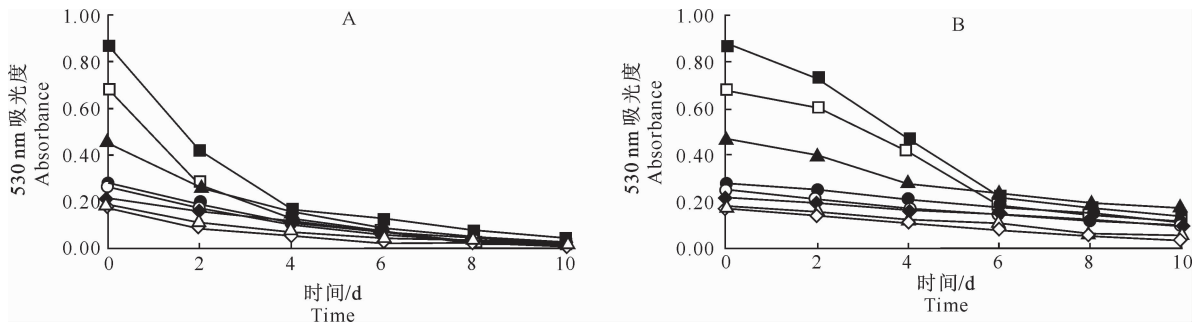


图 2 光照对利文斯顿雏菊 8 个品系花色素稳定性的影响

A. 200 lx 灯光照射处理; B. 黑暗处理; —◇—, 白色品系; —●—, 橙色品系; —△—, 粉红内白品系; —◆—, 粉红内黄品系; —□—, 玫红内白品系; —■—, 玫红内黄品系; —○—, 黄色品系; —▲—, 西瓜红色品系

Fig. 2 Influence of light on flower pigment stability in eight cultivar lines of *D. bellidiformis*

A. Light treatment; B. Treatment dark; —◇—, White line; —●—, Orange line; —△—, White zone in pink line; —◆—, Gold zone in pink line; —□—, White zone in crimson line; —■—, Gold zone in crimson line; —○—, Yellow line; —▲—, Melon red line

另外,由图 2 还可以看出,不同品系花色素吸光度值的变化不同,玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系花色素中富含花色素苷,稳定性较差,因此受光照和放置时间的影响也较大;其他 5 个品系因为不含或含少量花色素苷,故受到的影响很小。

### 3 讨论

类黄酮、类胡萝卜素和生物碱是决定植物花色的 3 大类色素物质,类黄酮又可分为花色苷、黄酮、黄酮醇和黄烷酮等<sup>[20]</sup>,其中的花色苷即花色素苷,由花色素和糖组成,可以控制花的粉红、红、蓝、紫和红紫等色;黄酮和黄酮醇为黄色或无色;橙酮和查尔酮常同时出现在同一花瓣中且表现为深黄色<sup>[21]</sup>。类胡萝卜素是胡萝卜素和叶黄素的统称,表现为黄、橙、红和紫等色。生物碱是含负氧化态氮原子的环状有机物,是氨基酸的次生代谢产物<sup>[22]</sup>。定性分析结果表明,利文斯顿雏菊的花色素中主要含黄酮类物质,不含类胡萝卜素。

不同色素种类及其含量的时空组合最终决定花色,不同色素又以不同的形式和含量存在于花瓣上,且哪种色素含量越高,花瓣颜色越向该色偏移,其他色素起调节作用,但花色与花瓣所含色素的颜色并不完全相同<sup>[23]</sup>。与此同时,结构不同的花色素会产生共色作用,从而使花色素有不同的颜色表达,即花瓣中花色素呈现的颜色会因受到其他色素的影响而

发生改变。

在本试验中,这些影响因子均有所表现。玫红内白、玫红内黄和西瓜红色 3 个品系的花色均含花色素苷;粉红内白和粉红内黄品系虽都表现为粉红色,但其花色素中并不含花色素苷,同时这 2 个品系虽然花型和花色相似,其花色素成分却有很大的区别;玫红内白和玫红内黄 2 个品系的花色不同,但其花色素成分却相同。这些结果表明,花色的遗传效应不是简单的加和效应,而是受很多因素的影响。

不同的色素其稳定性不同,如月季花、紫茉莉等的红色素极易被提取,但是在放置过程中,其原来深重的颜色又会逐渐变浅;富含黄色素的蒲公英花和黄色雏菊的黄色素具有相当强的稳定性,即使长期放置于阳光下,其色泽的变化也很小,在加入大量酸、碱溶液后,它仍旧可以保持自身的颜色<sup>[24]</sup>。花色素苷是天然产物中性质不稳定的一类化合物,不同的植物受光、温度、激素、糖、金属离子等因素的影响不同,体内花色素苷的稳定性也有所差别。在自然条件下,温度和光照是花色形成最敏感的因子,本研究分析了离体条件下温度和光照对利文斯顿雏菊花色素稳定性的影响,结果表明,在高温和灯光照射条件下,花色素提取液的颜色均逐渐淡化,各个品系的花色素含量均呈下降趋势,这说明高温和光照加速了花色素苷的氧化过程;同时,不同品系的下降幅度差异较大,说明色素含量对氧化速度也有一定的

影响。

综上所述,利文斯顿雏菊的花色素特性是受内外因素共同作用的结果,本试验仅是定性地研究了其组成成分,下一步的研究重点将是明确其花色素的含量和结构,以及各结构之间的相互作用,以便更深入地了解其花色形成机理,为草花花色的遗传育种提供参考。

[参考文献]

[1] 余树勋,吴应祥. 花卉词典 [M]. 北京:农业出版社,1993:12.  
Yu S X, Wu Y X. Flowers dictionary [M]. Beijing: Agricultural Press, 1993: 12. (in Chinese)

[2] Tanaka Y, Katsumoto Y, Brugliera F, et al. Genetic engineering in floriculture [J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 2005, 80(1): 1-24.

[3] 钟淮钦,陈源泉,黄敏玲,等. 小苍兰花色色素成分及稳定性分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(6): 571-577.  
Zhong H Q, Chen Y Q, Huang M L, et al. The component and stability of anthocyanidins in petals of *Freesia refracta* cultivars [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2009, 17(6): 571-577. (in Chinese)

[4] 周明芹,陈龙清. 腊梅花色色素种类的初步分析 [J]. 华中农业大学学报, 2010, 20(1): 107-110.  
Zhou M Q, Chen L Q. Preliminary analysis of the flower pigments of *Chimonanthus praecox* [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2010, 20(1): 107-110. (in Chinese)

[5] 李 丽,肖建忠,李志斌,等. 高山杜鹃花色色素成分及稳定性的初步研究 [J]. 河北农业大学学报, 2009, 32(6): 47-51.  
Li L, Xiao J Z, Li Z B, et al. Preliminary studies on the components and stability of flower pigments of *Rhododehtron hybridum* [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2009, 32(6): 47-51. (in Chinese)

[6] 高慧娟,董 雄,李 虎. 河西产金盏菊花色素的提取工艺 [J]. 河西学院学报, 2009, 25(2): 41-44.  
Gao H J, Dong X, Li H. Extraction process of pigment of *Pot marigold* in Hexi [J]. Journal of College of Hexi, 2009, 25(2): 41-44. (in Chinese)

[7] 白新祥,胡 可,戴思兰,等. 不同花色菊花品种花色色素成分的初步分析 [J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5): 84-88.  
Bai X X, Hu K, Dai S L, et al. Components of flower pigments in the petals of different color *Chrysanthemum mori folium* Ramat. cultivars [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2006, 28(5): 84-88. (in Chinese)

[8] 赵丹青,丁来欣,宋先亮. 向日葵花瓣花色色素的提取及稳定性研究 [J]. 中国食品添加剂, 2009(5): 130-135.  
Zhao D Q, Ding L X, Song X L. Study on the extraction and stability of the yellow pigment from the petal of *Helianthus annuus* L. [J]. China Food Additives, 2009(5): 130-135. (in Chinese)

[9] 张福娣,陈晓婷,黄明增,等. 扶桑花色色素的光谱特性及理化性质研究 [J]. 河南工业大学学报, 2009, 30(5): 44-48.

Zhang F D, Chen X T, Huang M J, et al. The study on the spectral characters and physico-chemical properties of pigment in flowers of *Hibiscus rosa-sinensis* [J]. Journal of Henan University of Technology, 2009, 30(5): 44-48. (in Chinese)

[10] 孙体健,刁海鹏,曹晓峰,等. 紫花地丁紫色素的提取及其性能研究 [J]. 现代食品科技, 2010, 26(2): 157-160.  
Sun T J, Diao H P, Cao X F, et al. Extraction and characteristics of purple pigment from *Vioia yedoensis* [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26(2): 157-160. (in Chinese)

[11] 张庆春,牛立新,张延龙,等. 加拿大秋播草花的引种观察与应用评价 [J]. 西北农业学报, 2009, 18(4): 251-255.  
Zhang Q C, Niu L X, Zhang Y L, et al. The introduction trial and the evaluation on application of sixteen autumn sowing type herbaceous flowers from Canada [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2009, 18(4): 251-255. (in Chinese)

[12] 陈业高. 植物化学成分 [M]. 北京:化学工业出版社, 2004: 230-231.  
Chen Y G. Phytochemicals [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 230-231. (in Chinese)

[13] 安银岭. 植物化学 [M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1996: 178-188.  
An Y L. Phytochemistry [M]. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1996: 178-188. (in Chinese)

[14] 高锦明. 植物化学 [M]. 北京:科学出版社, 2003: 167-177.  
Gao J M. Phytochemistry [M]. Beijing: Science Press, 2003: 167-177. (in Chinese)

[15] 孙中武. 植物化学 [M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 2001: 96-98.  
Sun Z W. Phytochemistry [M]. Harbin: Northeast Forestry University Press, 2001: 96-98. (in Chinese)

[16] 马卡姆. 黄酮类化合物机构鉴定技术 [M]. 北京:科学出版社, 2001: 45-46.  
Ma K M. Verification technology of structure in Flavonoids [M]. Beijing: Science Press, 2001: 45-46. (in Chinese)

[17] 庞学群,张昭其,段学武,等. pH 值和温度对荔枝果皮花色色素苷稳定性的影响 [J]. 园艺学报, 2001, 28(1): 25-30.  
Pang X Q, Zhang S Q, Duan X W, et al. Influence of pH and temperature on the stability of anthocyanin from *Litchi pericarp* [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28(1): 25-30. (in Chinese)

[18] 果秀敏,陈段芬,方 正,等. 新几内亚凤仙花色色素苷的性质研究 [J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(3): 33-35.  
Guo X M, Chen D F, Fang Z, et al. Study on the properties of anthocyanin from inpatiens hawkeri [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2004, 27(3): 33-35. (in Chinese)

[19] Rice Evans C A, Paeker L. Flavonoids in health and disease [M]. New York: Mareel Dekker, 1998.

[20] 张菊平,吴正景,张兴志,等. 植物花色的表现机理 [J]. 生物学通报, 2009, 44(1): 9-11.  
Zhang J P, Wu Z J, Zhang X Z, et al. The performance mechanism of flower color in higher plant [J]. Bulletin of Biology, 2009, 44(1): 9-11. (in Chinese)