

# 菊花“一花二色”的特性分析

王 韡, 戴 斌, 谢慧慧, 柯 焱, 陆小平

(苏州大学 金螳螂建筑与环境学院, 江苏 苏州 215123)

**摘 要:**用薄板层析法对菊花花朵“黄白变色”的特性进行了色素分析。结果表明:在开花早期,花瓣呈黄色,主要是 $\beta$ -胡萝卜素( $Rf=1$ )的作用。随着开花时间的延长, $\beta$ -胡萝卜素被大量降解,花瓣变为白色。同时,对一朵间色花(半白半黄)的突变性状进行了遗传保存试验,结果“二乔”性状难以固定,推测这种表型是花色嵌合所致,且这种突变属于不稳定遗传。

**关键词:**菊花;花色嵌合体;半白半黄

**中图分类号:**S 682.1<sup>+</sup>1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)12-0118-04

菊花原产于我国,在我国已有数千年的驯化历史,是我国特有的十大名花之一,是世界花卉贸易中著名的四大切花之一,深受各国人民的喜爱。花色是菊花主要的观赏性状之一,人们在很早以前就注意到了菊花丰富的花色变异,并选育出了除蓝色系以外的七大气系,以及各种奇异的花色品种,比如双色花、间色花和复色花等<sup>[1]</sup>。

芽变选种是植物育种的重要手段之一,菊花易于发生芽变,芽变可以在植株的个别枝或某一枝段或某个脚芽上发生。这些个体由于环境改变而较易产生芽变现象。然而,变异细胞和正细胞出现于同一个体时,往往有嵌合性状发生。就花色而言,赵若兰<sup>[2]</sup>、栗茂腾等<sup>[3]</sup>在红花系和黄花系的杂交育种研究中发现了花色嵌合现象,该嵌合体特征是花瓣一边为红色,而另一边则是在黄色花瓣中分布着红色斑点。但是,关于花色嵌合体形成机理未见报道。由于嵌合花色具有很高的观赏性状和商业价值。因此,在花卉育种中,嵌合体成为许多学者花色育种研究的新目标。2007年11月,在许多盆菊中发现1株花色变异侧枝,该枝在同一个花序上具有“白、黄”双色的花瓣,定名为“二乔”菊花。为了探讨该菊花“一花二色”的形成原因及遗传倾向,用薄板层析技术对菊花“黄、白”变色的特性进行了色素分析,以期对菊科植物的花色育种提供一些理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

盆栽菊花取自苏州大学北校区花房,其株型矮小,高度在40~50 cm左右,开花数量较多,花朵娇小,直径为3~5 cm,变色花居多,其花序在不同时期具有不同的花色,早期为黄色,后期为白色(图1)。另外在该植株上发现一个间色花序,即一个头状花序上,一半为白色一半为黄色,呈现“二乔”性状(图2)。



图1 亲本(野生型)的变色花序



图2 变异(M<sub>0</sub>代)的间色花序

**第一作者简介:**王韡(1987-),女,天津人,硕士,研究方向为园林植物栽培生理。E-mail: blue7-11@163.com。

**责任作者:**陆小平(1958-),男,江苏金坛人,教授,硕士生导师,现主要从事园林植物生物技术和园林植物栽培生理方面的研究工作。E-mail: szlxp@yahoo.com.cn。

**基金项目:**苏州大学在职获得博士学位人员科研资助项目(14317325);苏州市科技支撑(农业)资助项目(SNG0908)。

**收稿日期:**2011-03-30

1.2 “二乔”性状的保存

将具有“二乔”性状的侧枝剪下,进行扦插繁殖,定期管理养护,开花时观察后代的花色变化。

1.3 叶片、花瓣色素分析

分别取野生型、变异植株的叶片和花瓣(黄、白色)剪碎,用 80%的丙酮提取光合色素,用 10%甲酸提取类黄酮色素,将提取液除去干扰物质后,点样于高效薄层色谱硅胶预制板(烟台市化学工业研究所)进行薄板

层析。光合色素的展开剂为:石油醚:丙酮=65:35;类黄酮色素的展开剂为:正丁醇:甲酸:水=4:1:2<sup>[4]</sup>。

2 结果与分析

2.1 扦插后代“二乔”性状观察

将具有“二乔”性状的 1 根侧枝(M<sub>0</sub>代)剪成 17 个插穗,其中 4 株死亡,13 株生长良好(图 3)。扦插后代(M<sub>1</sub>代)于 2008 年 11 月开始开花,但花色与原来的植



图 3 “二乔”侧枝扦插(M<sub>1</sub>代)

株(野生型)无差异(图 4),2009 年取 M<sub>1</sub>代的顶芽扦插,获 43 株 M<sub>2</sub>代植株,11 月开花,花色仍无差异(图 5)。从 2 次开花情况来看,在菊花开花初期,花瓣颜色以黄色为主,在花序完全开放时,花瓣颜色以白色为主,即黄色逐渐褪去而变为白色,有的花瓣在后期花瓣的颜色转为淡粉色。



图 5 M<sub>2</sub>代花色



图 4 M<sub>1</sub>代花色

2.2 叶片光合色素分析

取野生型和 M<sub>0</sub>代的叶片,用丙酮提取光合色素并进行薄板层析。结果表明,2 个植株叶片中的光合色素都可分离出 7 条色素带,A 为  $\beta$ -胡萝卜素( $Rf=AH/AH=1$ )、E 为叶绿素 a、F 为叶绿素 b、其它条带可能是光合色素的中间产物,且各自的  $Rf$  值完全相同(图 6)。表明野生型和具有“二乔”性状的 M<sub>0</sub>代在光合色素方面未发生变异。

2.3 花瓣中类胡萝卜素分析

花瓣呈现黄色主要由类黄酮和类胡萝卜素作用。取黄色花瓣,丙酮为溶剂提取花瓣中的黄色素,并进行薄板层析。结果显示,黄色花瓣中的色素主要是类胡萝卜素,且  $\beta$ -胡萝卜素( $Rf=AH/AH=1$ )含量较其它类胡萝卜素高(图 7)。除此之外,花瓣中还含有少量叶绿素带(E),该带在波长 325 nm 的紫外光条件下显红色。

2.4 花瓣中类黄酮色素分析

因类胡萝卜素和类黄酮色素在丙酮中均可被抽提,但类胡萝卜素不溶于水。为了探明黄色花瓣中色素的具体种类,用 10%甲酸提取黄色花瓣中的色素,得到的组分应该是类黄酮色素。取“二乔”黄、白花瓣,10%甲酸浸提 24 h 后,得到淡黄色的提取液,去杂后点样于色谱硅胶板,从图 8 的层析结果可以看出,无论是黄色花瓣还是白色花瓣提取液,在层析板都有 3 条

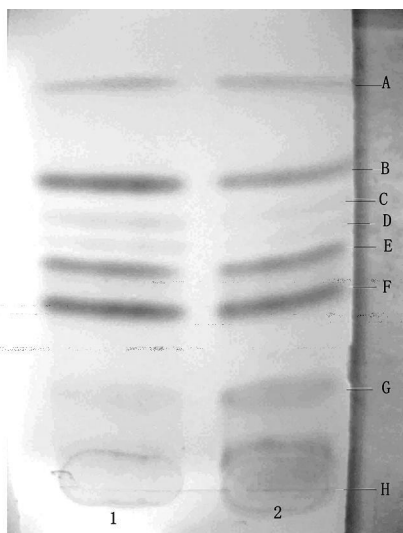


图6 叶片中光合色素分析  
注: 1 “二乔”叶片; 2 野生型叶片。图7同。

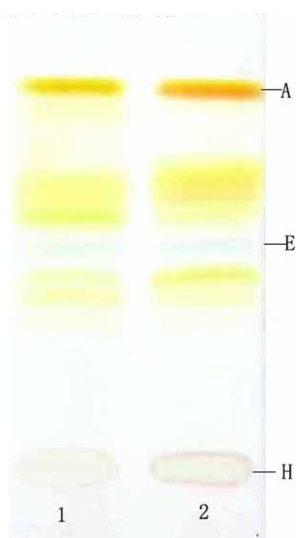


图7 花瓣中类胡萝卜素分析

淡黄色的色素带出现, 且深浅相近, 在 325 nm 的紫外光下出现相同亮度的蓝色荧光。这一结果揭示花瓣黄色是由类胡萝卜素造成的, 而不是类黄酮色素所致。

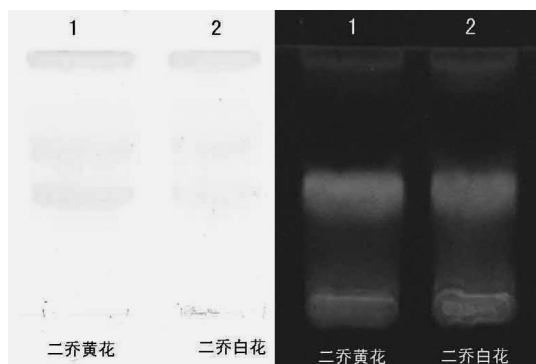


图8 “二乔”花瓣类黄酮色素分析

### 3 结论与讨论

#### 3.1 花瓣由黄色变为白色的原因

花的颜色主要由三大类群色素决定: 类黄酮色素、类胡萝卜素以及生物碱有关的其它水溶性色素<sup>[11-12]</sup>。根据黄酮类化合物易溶于水而类胡萝卜素不易溶于水中的特性, 以 10% 甲酸为溶剂的试验结果表明, 早期的黄色花瓣中存在类黄酮色素, 但含量很少。以丙酮为溶剂的结果表明, 花瓣中存在大量的类胡萝卜素, 主要为  $\beta$ -胡萝卜素 ( $R_f=1$ )。由上述试验结果可知, 花瓣中存在类胡萝卜素和黄酮类化合物, 开花初期  $\beta$ -胡萝卜素在花瓣色素中含量最多, 占较大比例, 故初期花瓣为黄色。随着花期的延长, 类胡萝卜素在裂解酶或强光作用下被降解<sup>[5-7]</sup>, 含量急剧下降, 花瓣中色素成分和含量发生改变, 使花瓣颜色由黄色变为白色。

#### 3.2 “二乔”性状及其遗传

由于嵌合花色具有很高的观赏性状和商业价值, 因此, 在花卉育种中, 花色嵌合体成为许多学者进行育种研究的新目标。植物嵌合体丰富了植物的观赏性, “二乔”现象不仅限于菊花, 在自然界的其它植物中也有发生, 这种性状主要起源于芽变。1965 年杭州市园林局花圃发现一朵半粉半白的月季, 翌年嫁接后出现 4 株开白色花和 3 株与原来相同的粉色花<sup>[1]</sup>, 即后代的花色并未保留“半粉半白”的“二乔”性状。2002 年, 湖南省禹海清发现了一半红一半黄的菊花 (<http://www.branden.com> 中国新闻网, 2002-11-15)。2004 年, 江苏淮安市洪泽县花卉爱好者培育出一株双色菊, 该双色菊分黄、紫红二色, 其中黄色花朵中也伴有数瓣紫红色的叶片 (<http://www.99sj.com> 松际农网, 2004-11-2)。2007 年, 在许多盆菊中发现一个花色变异的侧枝, 该侧枝的同一头状花序上具有“白”“黄”双色的花瓣, 定名为“二乔”菊花。无独有偶, 2009 年英国一位 73 岁退休卡车司机威廉安德伍德在自家花园中也发现了一株半黄半白双色菊花, 其大小与普通菊花一样 (<http://www.branden.com> 中国新闻网, 2009-8-25)。以上双色菊花的多次发现, 说明了菊科植物中同类型的芽变可以在不同时期、不同地点、不同单株上重复发生。尽管菊花科植物的芽变表现出较高的重演性, 但很少有对上述双色性状的遗传稳定性进行深入研究的报道。结合该试验, 究其原因可能是“二乔”性状属于不稳定遗传, 即便利用无性繁殖(扦插或组培)的方式也不能将“半黄半白”、“半黄半红”和“半黄半紫”的特有性状给予固定<sup>[2, 8-10]</sup>。该试验  $M_0$  代的“二乔”性状只在一个侧枝上出现, 说明只有这朵花发生了突变。为了最大限度的利用该材料, 对该侧枝进行了短枝扦插, 以期获得到更多的  $M_1$  植株, 但是, 所有存活下来的  $M_1$  代中没有得到与  $M_0$  相同的“二乔”表现型, 揭示这种突变性状可能仅发生于一个花芽或头状花序上, 且以嵌合体出现。而其下部枝、芽细胞并没发生变异, 所以,

扦插时由下部枝、芽长出的植株就没有变异<sup>[2]</sup>，即扦插得到的后代就没有出现“二乔”性状的菊花。

3.3 “半黄半白”性状的发生机理

当植物生长点的某一细胞在植物生长的过程中发生突变时(植物细胞突变通常为单细胞行为)，变异细胞就只能被限制在其原始层区内进行繁殖和生长，从而导致其所在的层区或部分细胞成为变异体。这种变异细胞和未突变的正常细胞可以形成一个共同的植物生长点原基，进而形成特有的植物嵌合体<sup>[2]</sup>。当然，第一个变异细胞的出现起源于遗传物质(基因)的改变，这种改变的时间不同，所形成的嵌合体，其性状也会有所不同。如果基因(A 和 a)为一控制花色的基因，当含有基因 a 的细胞在一开始分裂为二时，其中一个细胞中的基因 a 突变为 A (反向突变)，此后一直正常分裂且不再发生突变，假设该试验中的菊花中白色花为隐性基因 a 控制，黄色花为显性基因 A 控制，常见的白色花为正常类型。在花器官形成时，最初的细胞分裂发生了突变，其中一个细胞中的基因由 a 突变为 A，之后的细胞分裂均正常，不再发生变异，直至花器官成熟，显然最后这一发生突变的花序上就会出现一半为 a 基因控制区，另一半为 A 基因控制区，即“半黄半白”性状。如果持有 A 或 a 基因的细胞分裂 n 次后再发生突变时，其花色就有可能出现规律性的 $(1/2)^n$ 扇区间色花，且这种细胞变异越晚，扇区就越窄，甚至变成条纹，

一些菊花科植物的花色突变体佐证了这一规律。

参考文献

[ 1 ] 程金水. 园林植物遗传育种学[ M ]. 北京: 中国林业出版社, 2006.  
[ 2 ] 赵若兰, 张道旭. 利用组培法分离菊花嵌合体研究初探[ J ]. 辽宁农业科学, 1992(4): 56-57.  
[ 3 ] 栗茂腾, 余龙江, 王丽梅, 等. 菊花花色遗传及花色嵌合体发现[ J ]. 遗传, 2005, 27(6): 948-952.  
[ 4 ] 姜平平, 吕晓玲, 朱惠丽. 花色苷类物质分离鉴定方法[ J ]. 中国食品添加剂 2003(4): 108-111.  
[ 5 ] Ohmiya A, Kishimoto S, Aida R et al. Carotenoid Cleavage Dioxygenase ( CmCCD4a ) Contributes to White Color Formation in Chrysanthemum Petals[ J ]. Plant Physiology, 2006 142: 1193-1201.  
[ 6 ] 由淑贞, 杨洪强. 类胡萝卜素裂解双加氧酶及其生理功能[ J ]. 西北植物学报 2008, 28(3): 630-637.  
[ 7 ] 孙明奇, 潘思铁, 胡建中. 环境条件对柑橘果皮类胡萝卜素稳定性影响研究[ J ]. 食品科学, 2008, 29(6): 127-129.  
[ 8 ] 李明银, 何云晓. 植物遗传嵌合体及其在观赏植物育种中的应用[ J ]. 植物学通报 2005 22(6): 641-647.  
[ 9 ] 徐文辉, 高海卿, 陈华进. 菊花某些性状遗传规律的初步探讨[ J ]. 浙江林学院学报, 2000, 17(1): 37-41.  
[ 10 ] 秦贺兰, 游捷, 高俊平. 菊花 18 个品种的 RAPD 分析[ J ]. 园艺学报, 2002, 29(5): 488-490.  
[ 11 ] 刘志祥, 洪亚辉, 莫爱华, 等. 观赏植物花色分子遗传学及其基因工程研究进展[ J ]. 湖南农业大学学报 2002, 28(6): 531-533.  
[ 12 ] 白新祥, 胡可, 戴思兰, 等. 不同花色菊花品种花色成分成分的初步分析[ J ]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5): 84-89.

Characteristic Analysis of ‘pend With Two Color’ of Chrysanthemum

WANG Wei, DAI Bin, XIE Hui-hui, KE Yi, LU Xiao-ping

(Gold Mantis School of Architecture and Urban Environment, Suzhou University, Suzhou, Jiangsu 215123)

**Abstract:** In order to explore the mechanism of chrysanthemum flower ‘stread discoloration’ characteristics, pigment analysis with thin layer chromatography was studied. The results showed that in the early days, the color of flower petals were yellow. The results showed that was mainly because of  $\beta$ -carotene( $R_f = 1$ ). As the flowering time goes by,  $\beta$ -carotene was massively diluted. That was the main reason why the petals become white. Meanwhile, this experment found a flower with two colors of petals(half white half yellow), and tried to preserve the mutation characteristic of genetic, but the experimental results showed that this characteristic was hard to fixed. We suggested the phenotype was caused by color chimera and this mutation was unstable heredity.

**Key words:** chrysanthemum; color chimera; half white half yellow