

# 牡丹冬季室内催花过程中内源激素含量的变化

1,2)陈新露 1)韩 劲 2)王莲英 2)苏雪痕

(<sup>1</sup>)北京农学院园林系,北京 102206; <sup>2</sup>)北京林业大学园林学院,北京 100086)

**摘要** 牡丹品种朱砂垒(*Paeonia suffruticosa* Andr. cv. Zhushalei)在冬季室内催花过程中7种内源激素含量变化不同。玉米素核苷(Z+ZR)、生长素(IAA)和赤霉素(GA<sub>3</sub>)的含量在花生长发育过程中处于较高水平;而脱落酸(ABA)、异戊烯基腺苷(IP+IPA)、二氢玉米素核苷(DHZ+DHZR)、赤霉素(GA<sub>4</sub>)的含量低于上述3种内源激素。激素平衡方面,GA<sub>3</sub>/ABA、CTKs/ABA、IAA/ABA处于较高水平,变化幅度较大。在催花过程中,内源激素以及其平衡影响牡丹花的生长发育。本研究结果对牡丹花期调控提供理论依据。

**关键词** 牡丹;催花;脱落酸;细胞分裂素;赤霉素;生长素

## Changes of endogenous phytohormones in the course of forcing peony in greenhouse

<sup>1,2</sup>)Chen Xinlu, <sup>1</sup>)Han Jin, <sup>2</sup>)Wang Liangying, <sup>2</sup>)Su Xueheng (<sup>1</sup>)Beijing Agricultural College, Beijing 102206; <sup>2</sup>)College of Landscape & Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100086), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(4): 42~46

Changes of seven endogenous phytohormones (ABA, cytokinins, gibberellins and indole-3-acetic acid) were analyzed using the ELISA (Enzyme-linked Immunosorbent) in the course of forcing peony cultivar. *Paeonia suffruticosa* Andr. cv. Zhushalei was studied. The results showed that the contents of Z + ZR, IAA and GA<sub>3</sub> were higher than other four hormones in the course of flower development. Ratio of different hormones was analyzed; GA<sub>3</sub>/ABA, CTKs/ABA and IAA/ABA were larger than CTKs/GA<sub>3</sub>, CTK/IAA and GA<sub>3</sub>/IAA. The endogenous hormones and its balance were closely related with peony flower development in the course. The results will provide scientific bases for controlling peony blooming duration.

**Key words** *Paeonia suffruticosa* Andr.; forcing flowering; abscisic acid; cytokinins; gibberellins; indole-3-acetic acid

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)是我国重要的传统名花,也是世界上园艺化最早的植物之一,广泛应用于园林绿化。牡丹花期集中,自然花期在每年4月中下旬,观赏期大约为25~30 d<sup>[1]</sup>,因此,对其花期进行调控,使之提前到圣诞节、元旦、春节开花是牡丹冬季促成栽培研究的重要方向<sup>[2,3]</sup>。目前,催花研究多集中在温度、光照等环境因子的调节、品种选择以及催花过程中花蕾生长发育进程等<sup>[2,3]</sup>;也有采用外源激素促进牡丹开花的报道<sup>[4]</sup>,而对于牡丹品种催花过程中内源激素含量的变化,尚未见研究报道。测定内源激素是开花生理研究的主要内容之一,目前研究多集中在花芽分化方面<sup>[5-7]</sup>,而描述开花过程中内源激素的报道较

陈新露:男,1963年12月生,在读博士,副教授,从事花卉种质资源研究。

收稿日期 1999-07-19

少<sup>[8,9]</sup>。本文研究了牡丹品种‘朱砂垒’冬季室内催花中7种内源激素含量变化,揭示人工控制条件下内源激素与牡丹花朵生长发育的关系。为牡丹秋冬季花期调控提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试材料均采自北京林业大学花卉研究所温室催花的牡丹植株,品种为朱砂垒(Zhushalei),均为4年生嫁接苗。材料按催花时期(萌发期11月27日、显蕾期12月3日、立蕾期12月8日、小风铃期12月14日、大风铃期12月21日、圆桃期12月25日、透色期1月4日、绽口期1月7日、开放期1月9日)进行采样,选测定植株30株,每次采混合芽20个,剥取花蕾,每个测定称取混合样品1.0g,然后用液氮速冻,在-35℃冰箱中保存待测。

### 1.2 方 法

1.2.1 催花条件 温室温度,催花条件按高志明等<sup>[2]</sup>条件进行:开始催花时白天温度控制在10~14℃,夜间6~8℃;12月3日以后,白天温度控制在16~18℃,夜间12~14℃;12月20日以后白天温度控制在20~22℃,夜间16~18℃。光照条件:从显蕾至大风铃期,每天补光5h;从大风铃期至开花,每天补光7h左右。

1.2.2 内源激素的提取 称取1.0g新鲜材料加入2mL激素提取液(80%甲醇+二叔丁基对甲苯酚)每g鲜质量加入50mg聚乙烯吡咯烷酮(PVP),研磨成匀浆,转入10mL试管,再用3mL提取液分次将研钵冲洗干净,一并转入试管中,6000r/min离心15min(Hitachi SCR20BA),取上清液;沉淀中再加入1mL提取液,搅匀,置4℃下再提取1h,离心,合并上清液。

1.2.3 样品测定 采用酶联免疫吸附法(ELISA)。上述过程重复2次。内源激素含量均以鲜质量计。

## 2 结 果

### 2.1 脱落酸(ABA)含量的变化

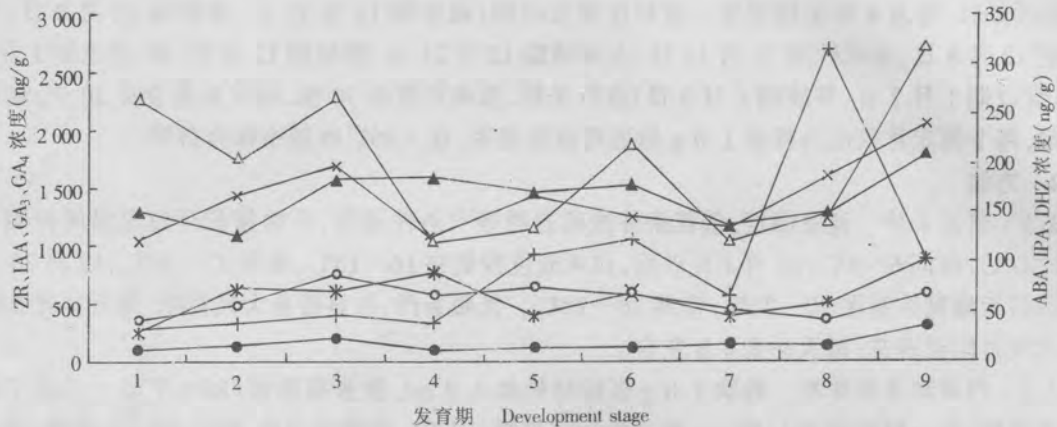
朱砂垒在催花过程中,ABA含量变化较大。花芽萌发时,ABA为262.6ng/g,到显蕾时含量则减至203.4ng/g,到立蕾期含量上升,出现催花过程中的第一次高峰值,即265.8ng/g;到小风铃期含量又减至119.1ng/g,从大风铃期开始上升至圆桃期,出现第二次高峰值,即217.2ng/g,而后减少;从透色期开始,含量又逐渐上升,到开花时达到最高即316.4ng/g。从整个催花过程中看,内源ABA表现为催花初期和后期含量高(图1)。

### 2.2 细胞分裂素(CTKs)含量的变化

在朱砂垒催花中,测定了3种细胞分裂素(玉米素核苷Z+ZR、异戊烯基腺苷IP+IPA和二氢玉米素核苷DHZ+DHZR)。玉米素核苷(Z+ZR)在整个过程中,其含量明显高于异戊烯基腺苷(IP+IPA)和二氢玉米素核苷(DHZ+DHZR),从花芽萌动,含量变化呈现上升趋势,立蕾期达到736.1ng/g,之后则呈现减少趋势;从大风铃期开始含量逐渐减少,绽口期减至360.7ng/g,而后又上升,到开花时升至582.3ng/g(图1)。

异戊烯基腺苷含量从萌动期150.8ng/g减至显蕾期的127.5ng/g,而后又上升至立蕾期

的 183 ng/g, 之后含量变化不大, 略呈减少趋势, 到透色期减至 137.5 ng/g, 而后又升至 211.7 ng/g。二氢玉米素核苷从萌动开始, 含量呈上升趋势, 立蕾期达到 187.1 ng/g, 而后减至小风铃期的 123.1 ng/g, 之后含量又上升, 从大风铃期含量减少, 透色期减至 134.4 ng/g, 之后逐渐上升, 开放时达到 239.5 ng/g。除在催花初期和中期含量存在差异外, 其余时期这两种激素含量变化类似(图 1)。



1. 萌动期 sprouting; 2. 显蕾期 buds emerging; 3. 立蕾期 flower shoots elongating;  
4. 小风铃期 young buds developing; 5. 大风铃期 calyx opening and flattening; 6. 圆桃期 buds expanding;  
7. 透色期 petals colored; 8. 绽口期 buds opening; 9. 开放期 blooming  
—○— Z+ZR; —\*— GA<sub>3</sub>; —●— GA<sub>4</sub>; —|— IAA; —△— ABA; —▲— IP+IPA; —×— DHZ+DHZR  
图 1 牡丹催花过程中内源激素含量变化

Fig 1 Changes of endogenous hormones in the course of forcing peony

### 2.3 赤霉素(GAs)含量的变化

在催花全过程中, 内源 GA<sub>3</sub> 含量明显高于 GA<sub>4</sub>。从催花开始, GA<sub>3</sub> 含量从 257.8 ng/g, 上升至显蕾期的 625.7 ng/g, 而后略有减少, 小风铃期升至 763.4 ng/g, 而大风铃期又减至 392 ng/g, 透色期含量又上升, 开花期达到 884.4 ng/g 的高值。而 GA<sub>4</sub> 与 GA<sub>3</sub> 不同, 从花芽萌动至绽口期, 含量变化不大, 从绽口期至开花期, 含量略有上升(图 1)。

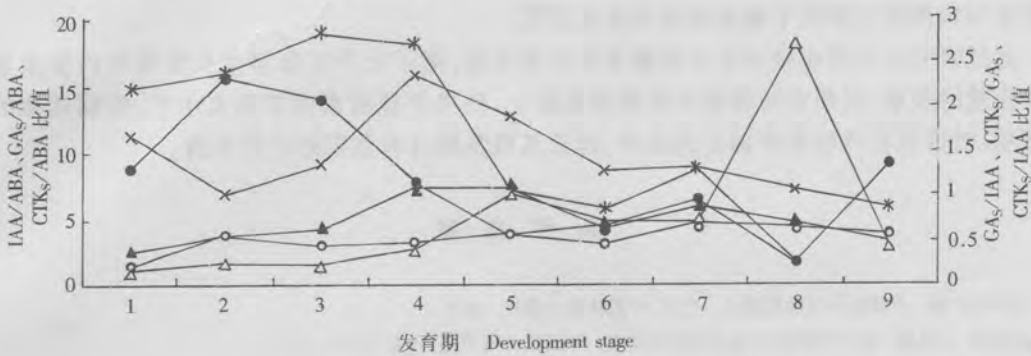
### 2.4 生长素(IAA)含量变化

催花过程中内源生长素 IAA 变化最大。从花芽萌动开始, 含量呈上升趋势, 但升幅不大, 到圆桃期出现第一个高值, 即 1 048.1 ng/g, 而后减至 357.3 ng/g, 到绽口期出现第二个高值, 即 2 694.7 ng/g, 为催花过程中的最高值。开花时则含量减少(图 1)。

### 2.5 激素平衡

CTKs/ABA 在催花各期均处于较高水平, 即 CTKs 含量高于 ABA 2 倍以上, 小风铃期至大风铃期高出 7 倍以上(图 2)。IAA/ABA 从萌动期至立蕾期, 处于低水平, 即两种激素含量大致相近, 从小风铃期至开花期, IAA/ABA 逐渐处于高水平, 在绽口期达到最高, 即 IAA 含量比 ABA 高出 18 倍, 到开花时则减至 2 倍(图 2)。GAs/ABA 从显蕾期至开放期, 各时期 GAs 含量均高出 ABA 3 倍以上, 在小风铃期则达到 7 倍以上(图 2)。CTKs/GAs 除大风铃期外, 其

他各时期比值接近,即 CTKs 含量与 GAs 相近(图 2)。而 CTKs/IAA 从萌动期至小风铃期,CTKs 含量高于 IAA 2 倍以上,从大风铃期至开花期,CTKs 与 IAA 含量趋于同一水平(图 2)。GAs/IAA 从萌动期至小风铃期,GAs 含量大约高于 IAA 2 倍左右,而大风铃期至绽口期,IAA 含量高于 GAs,在绽口期高出 GAs 4 倍左右,到开花时二者含量趋于同一水平(图 2)。



1. 萌动期 sprouting; 2. 显蕾期 buds emerging; 3. 立蕾期 flower shoots elongating;  
4. 小风铃期 young buds developing; 5. 大风铃期 calyx opening and flattening; 6. 圆桃期 buds expanding;  
7. 透色期 petals colored; 8. 绽口期 buds opening; 9. 开放期 blooming  
—▲— CTKs/ABA; —○— GAs/ABA; —△— IAA/ABA; —×— CTKs/GAs; —\*— CTKs/IAA; —●— GAs/IAA

图 2 牡丹催花过程中激素平衡关系  
Fig 2 Ratio of different endogenous hormones in the course of forcing peony

### 3 讨 论

传统上脱落酸是作为植物休眠激素,诱导植物器官成熟和脱落、诱导种子和芽蕾休眠<sup>[10]</sup>。牡丹冬季室内催花时,花芽中 ABA 含量处于较高水平,萌动初期含量保持相对稳定,随着花蕾膨大、展叶,ABA 含量减少到一定水平,又呈现一个稳定时期。从透色期至开放期,ABA 含量呈现上升趋势,此时,正是牡丹花各个部分进一步发育、成熟、诱导 ABA 含量增加。这与 Dathe 等<sup>[9]</sup>、Browning 等<sup>[11]</sup>、Kojima 等<sup>[12,13]</sup> 研究认为 ABA 从开花前至花期含量增加的结果一致。但与其他激素相比,仍处于相对低的水平,可能与其他激素之间的平衡关系起调控作用。

三种细胞分裂素对牡丹花的生长发育的作用存在差异,影响较大的是玉米素核苷。在催花各期,玉米素核苷的含量明显高于其他二种。玉米素核苷可能是花蕾发育过程中起主要调控作用的激素之一。二氢玉米素和异戊烯基腺苷含量则处于低水平,可能对花蕾各部分的发育作用较小,或者通过与玉米素核苷叠加,共同起调控作用。

赤霉素 GA<sub>3</sub> 和 GA<sub>4</sub> 对牡丹催花效果差异明显。GA<sub>3</sub> 和 GA<sub>4</sub> 对不同植物花芽分化表现为抑制或促进作用<sup>[14,15]</sup>。而牡丹催花过程中,GA<sub>3</sub> 含量明显高于 GA<sub>4</sub>,而且 GA<sub>4</sub> 在整个过程中,含量较低,而且变幅较小。GA<sub>3</sub> 可能是调控牡丹花朵发育主要激素之一。研究报道<sup>[4]</sup>,在南方牡丹催花期间,在透色期用 500 μg/g 的 GA<sub>3</sub> 涂抹花蕾,能够促进花朵提前开放。同样,一些研究报道<sup>[16-19]</sup>,花发育过程中,GA<sub>3</sub> 处于高水平,对花器官的发育起作用。因而,GA<sub>4</sub> 可能在成花

过程中起主要作用,而  $GA_3$  可能与花器官发育关系密切。

在催花前期,内源 IAA 含量处于低水平,而随着各器官的逐渐成熟,IAA 含量大量增加。Lang<sup>[10]</sup>、Kojima 等<sup>[12,13]</sup>报道,IAA 在开花期含量增加,与雄蕊、雌蕊中产生大量 IAA 有关。

Hoad<sup>[20]</sup>、Luckwill<sup>[21]</sup>等认为 CTKs/GAs 比值对果树花芽分化有调节作用。而在牡丹花发育过程中,这一比值较低,可能对其发育作用较小。CTKs/ABA、IAA/ABA 和 GAs/ABA 这些比值在催花过程中处于较高水平,由此表明,牡丹花可能主要是通过细胞分裂素、生长素和赤霉素与脱落酸之间的平衡来调控其发育进程。

通过研究牡丹促成栽培中内源激素的含量变化,揭示牡丹花器官生长发育与内源激素种类和含量的关系,以便在环境条件控制的基础上,使用外源激素调节激素水平,控制花朵的发育进程,对提高牡丹秋冬季催花的效率、延长其观赏期具有重要的应用价值。

### 参 考 文 献

- 1 王莲英主编. 中国牡丹品种图谱志. 北京:中国林业出版社,1997.
- 2 高志明,王莲英. 牡丹冬季室内催花条件的研究. 中国牡丹与芍药,1996,3:15~17.
- 3 蒋立昶,赵孝如. 菏泽牡丹栽培技术. 天津:天津科学技术出版社,1996.
- 4 温新月,李保光. 国花大典. 济南:齐鲁书社,1996. 811~822.
- 5 孙文全,褚孟. 梅树花芽生理分化期木质部液中赤霉素和细胞分裂素的变化. 园艺学报,1988,15:73~76.
- 6 张上隆,阮勇凌,储可铭,等. 温州蜜柑花芽分化内源玉米素和赤霉素的变化. 园艺学报,1990,17:270~274.
- 7 梁武元,梁立峰,季作梁,等. 荔枝花芽分化过程中内源赤霉素和吲哚乙酸的含量动态. 园艺学报,1987,14:145~151.
- 8 Davis P J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: Davis P J ed. Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development, Dordrecht; Martius Nijhoff Publishers, 1987. 1~11.
- 9 Dathe W, Sembdner G. Endogenous plant hormones of the broad bean, *Vicia faba*, III Distribution of abscisic acid and gibberellins in the pistil at anthesis, Biochem Physiol Pflanz, 1981, 176: 590~594.
- 10 Lang A. Encyclopedia of Physiology Vol 14, Springer-Verlag, Berlin, 1961. 909.
- 11 Browning G. Flower and dormancy in *Coffea arabica* L. I. Studies of gibberellin in flower buds and xylem sap and of abscisic acid in flower buds in relation to dormancy release, J Hortie Sci, 1973, 48: 29~41.
- 12 Kojima K. Changes of abscisic acid, indole-3-acetic acid and gibberelin-like substances in the flowers and developing fruitlets of citrus cultivar 'Hyuganatsu'. Sci Hort, 1996, 65: 263~272.
- 13 Kojima K, Yamamoto M, Goto A, et al. Changes in ABA, IAA and GAs contents in reproductive organs of Satsuma mandarin. J Japan Soc Hort Sci, 1996, 65: 237~243.
- 14 Looney N E, Pharis R P, Noma M. Promotion of flowering apple trees with gibberellins  $A_4$  and C-3 epi-gibberellin  $A_4$ . Planta, 1988, 165: 292~294.
- 15 Pharis R P. Physiology of Gibberellins in relation to Floral initiation and early floral differentiation. In: Takahashi N ed. Gibberellins. Springer-Verlog New York; 1991. 167~177.
- 16 Murakami Y. The role of gibberellins in the growth of floral organs of *Pharbitis nil*. Plant Cell Physiol, 1973, 14: 91~102.
- 17 Murakami Y. The role of gibberellins in the growth of floral organs of *Mirabilis jalapa*. Plant Cell Physiol, 1975, 16:337.
- 18 Sircar P K, Dey B, Sanyal T, et al. Gibberellic acid in the floral parts of *Cassia fistula*. Phytochemistry, 1970, 9: 735~736.
- 19 Zieslin N, Madori G, Halevy A H. Involvement of hormonal balance in the control of the 'Bullhead' malformation in Baccara Rose flowers. J Exp Bot, 1979, 30: 15~25.
- 20 Hoad G V. Hormonal regulation of fruit-bud formation in fruit trees. Acta Hort, 1984, 149: 13~23.
- 21 Luckwill L C. Hormones and the productivity of fruit trees. Sci Hort, 1980, 31: 60~68. (责任编辑:许定发)