

# 不同生长调节剂处理对卡特兰开花的影响

郑宝强<sup>1</sup>, 王雁<sup>1\*</sup>, 彭镇华<sup>1</sup>, 李莉<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 河北农业大学园艺学院, 河北保定 071001)

**摘要:**通过花鞘注射生长调节剂的方法, 研究不同浓度的生长调节剂对卡特兰开花和开花性状的影响, 结果表明: 注射 GA<sub>3</sub> 浓度为 60、120 mg · kg<sup>-1</sup>, 卡特兰盛花期显著提前 13.34、22.34 d, 萼片、花瓣、花柄和花葶的长度显著增加; 注射 10 mg · kg<sup>-1</sup> 的 NAA 能够使花期提前, 花朵显著增大; 注射 ABA 对卡特兰的花期没有影响, 注射 ABA 浓度为 40 mg · kg<sup>-1</sup> 时, 开花率下降, 花朵缩小。注射 60 mg · kg<sup>-1</sup> 的 GA<sub>3</sub> 或 10 mg · kg<sup>-1</sup> 的 NAA 不仅能够使花期提前、花朵增大, 而且具有较高的开花率, 可以作为花期调控的重要手段。

**关键词:**卡特兰; 生长调节剂; 开花

中图分类号: S682.31

文献标识码: A

## Effects of Different Growth Regulators Treatment on *Cattleya* Flowering

ZHENG Bao-qiang<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>1</sup>, PENG Zhen-hua<sup>1</sup>, LI Li<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, Hebei, China)

**Abstract:** The effects of different growth regulators (GA<sub>3</sub>, NAA, and ABA) on *Cattleya* flowering date and flower quality were studied by injecting different concentrations of growth regulators into flower sheathes. The results showed that injecting 60 mg · kg<sup>-1</sup> or 120 mg · kg<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> of resulted in earlier flowering date (13.34 days and 22.34 days, respectively), as well as significantly increased the lengthes of flower sepal, petal, pedicel and scape, in comparison with controls injected with deionised water. Injecting 10 mg · kg<sup>-1</sup> NAA also significantly increased flower size. In contrast, injecting ABA had no influence on flowering date. Moreover, when injecting high concentration of ABA (40 mg · kg<sup>-1</sup>), both the flowering rate and flower size were decreased. Overall, injecting 60 mg · kg<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> or 10 mg · kg<sup>-1</sup> NAA, which not only advanced flowering date, but also enlarged flower size and maintained high flowering rate, could serve as a valuable way to regulate the date of florescence.

**Key word:** *Cattleya*; growth regulators; flowering

卡特兰属 (*Cattleya*) 为兰科 (Orchidaceae) 附生兰类, 原产于美洲热带和亚热带, 其中哥伦比亚和巴西野生最多, 其花型硕大多姿, 气息芬芳可人, 颜色丰富多彩, 在国际上有“洋兰之王”的美称<sup>[1]</sup>。长期以来, 卡特兰属植物的研究主要集中在组织培养<sup>[2-3]</sup>、栽培技术<sup>[4-5]</sup>、系统进化和分类<sup>[6-8]</sup>等方面, 对于卡

特兰花期调控的研究却未见报道。由于没有成功的花期调控技术, 卡特兰开花提前、滞后的现象多有发生, 致使卡特兰不能批量的进行生产, 这也是卡特兰在市场上占有份额低的重要原因。如何解决卡特兰花期调控问题, 是当前卡特兰生产中亟需要解决的问题。有研究表明: 温度是热带兰由营养生长转向

生殖生长的重要环境因子<sup>[9]</sup>,通过低温处理卡特兰,可以显著促进花芽分化和开花,但低温诱导开花率低,单花率高,同时在盛夏进行低温处理使生产成本增加。本研究通过注射几种不同浓度的生长调节剂,研究不同生长调节剂种类及其不同生长调节剂浓度对卡特兰开花及开花性状的影响,筛选出有利于卡特兰开花的生长调节剂及使用浓度,为卡特兰的生产栽培和花期调控提供技术支持。

## 1 材料与方 法

试验于2008年进行,供试品种为5年生卡特兰(*Brassolaeliocattleya* Sung Ya Green 'Green World')。栽培管理于中国林业科学研究院科研温室内,使用HOBO温湿自动记录仪记录温度和湿度的变化,其中7、8月份平均昼/夜温度为28℃/22℃,平均昼/夜空气湿度为60%/80%;9、10月份平均昼/夜温度为25℃/17℃,平均昼/夜空气湿度为30%/40%;11、12月份平均昼/夜温度为23℃/20℃,平均昼/夜空气湿度为30%/40%。

试验用赤霉素(GA<sub>3</sub>)、萘乙酸(NAA)、脱落酸(ABA)3种生长调节剂,每种有3个浓度水平,GA<sub>3</sub>:20、60、120 mg·kg<sup>-1</sup>;NAA:10、20、40 mg·kg<sup>-1</sup>;ABA:10、20、40 mg·kg<sup>-1</sup>。试验共9个处理,1个清水对照。每个处理8盆(盆口直径10 cm,高10 cm,基质为水苔),重复3次,共240盆。试验材料在9月9日处理,此时新假鳞茎停止生长,花鞘完全显露,花芽处于合蕊柱和花粉块分化期<sup>[10]</sup>。注射部位为花鞘,从花鞘下部1/3处注入,每个花鞘注射5 mL生长调节剂,对照为注射清水

(图1)。除试验因素外,其他管理措施相同。调查从试验处理开始到首花日期和盛花期(开花植株超过50%)的时间;花期时调查开花率、单花率、双花率、三花率,测量花瓣、唇瓣、萼片的长度和宽度以及花柄和花葶的长度。开花率为:开花数/总数;单花率、双花率、三花率分别为:单花/开花数、双花/开花数、三花/开花数。



图1 对花鞘注射生长调节剂

## 2 结果与分析

### 2.1 注射不同浓度的生长调节剂对开花的影响

本试验自9月9日开始处理,对照首花在11月18日开放,11月25日达到盛花期。从表1可以看出:注射不同浓度的GA<sub>3</sub>能够使卡特兰的花期提前,而且随着GA<sub>3</sub>浓度的增加,花期提前的效果越显著,注射120 mg·kg<sup>-1</sup>的GA<sub>3</sub>能使首花期提前22 d,盛花期提前22.34 d;但随着GA<sub>3</sub>浓度的增加,开花率也下降,注射120 mg·kg<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>的处理开花率为75.33%,与对照的差异显著;注射不同浓度的GA<sub>3</sub>对花朵的数目没有显著影响。

表1 注射不同生长调节剂对卡特兰开花的影响

生长调节剂(浓度/(mg·kg <sup>-1</sup> ))	至首花开放时间/d	至盛花期时间/d	开花率/%	单花率/%	双花率/%	三花率/%
CK	71.00 ± 1.00d	78.67 ± 1.53ef	96.00 ± 6.93c	22.62 ± 7.44a	69.05 ± 12.03bc	8.33 ± 7.22a
GA <sub>3</sub> (20)	68.00 ± 1.00c	71.00 ± 1.00c	100.00 ± 0.00c	20.83 ± 7.22a	75.00 ± 0.00c	4.17 ± 7.22a
GA <sub>3</sub> (60)	58.67 ± 0.58b	65.33 ± 1.53b	92.00 ± 6.93c	17.86 ± 6.19a	72.62 ± 2.06c	9.52 ± 8.25a
GA <sub>3</sub> (120)	49.00 ± 2.00a	56.33 ± 0.58a	75.33 ± 12.50b	11.11 ± 9.62a	83.33 ± 0.00c	5.56 ± 9.62a
NAA(10)	67.00 ± 1.00c	72.33 ± 1.15c	100.00 ± 0.00c	25.00 ± 12.50a	58.33 ± 7.22bc	16.67 ± 7.22a
NAA(20)	67.67 ± 0.58c	73.67 ± 1.15d	62.67 ± 7.51ab	36.67 ± 15.28ab	63.33 ± 15.28bc	0.00 ± 0.00a
NAA(40)	70.67 ± 1.15d	75.67 ± 0.58d	58.67 ± 0.00a	43.33 ± 5.77b	56.67 ± 5.78b	0.00 ± 0.00a
ABA(10)	70.67 ± 0.58d	79.67 ± 0.58f	100.00 ± 7.51c	25.00 ± 12.50a	66.67 ± 7.22bc	8.33 ± 7.22a
ABA(20)	70.00 ± 1.00d	77.33 ± 2.08e	83.67 ± 12.50bc	50.00 ± 7.14bc	40.48 ± 10.91a	9.52 ± 8.25a
ABA(40)	71.33 ± 0.58d	78.00 ± 1.00ef	62.67 ± 17.75ab	66.67 ± 11.55c	33.33 ± 11.55a	0.00 ± 0.00a

注:小写字母不相同表示差异显著( $\alpha=0.05$ ),小写字母相同表示差异不显著。

注射不同浓度的NAA能使卡特兰的盛花期显著提前,但低浓度的NAA促进提前开花效果显著,

10 mg·kg<sup>-1</sup>的NAA能使盛花期提前6.34 d,40 mg·kg<sup>-1</sup>的NAA只能使盛花期提前3 d;随着注射

NAA浓度的增加,开花率逐渐下降,单花率逐渐升高,40 mg · kg<sup>-1</sup> NAA处理的开花率只有58.67%,单花率达到43.33%,与对照的差异显著。

注射不同浓度的ABA对卡特兰的首花期和盛花期没有影响。注射10 mg · kg<sup>-1</sup> ABA对开花率和花朵的数量没有影响;注射20 mg · kg<sup>-1</sup>的ABA虽然对开花率没有影响,但单花率与对照相比显著升高,达到50.00%,而双花率显著下降到40.48%;注射40 mg · kg<sup>-1</sup> ABA能使卡特兰的开花率显著下降到62.67%,单花率显著升高到66.67%,双花率显著下降到33.33%。可见,随着ABA浓度的升高,卡特兰的开花率逐渐下降,单花率逐渐升高,双花率也相应的下降。

## 2.2 注射不同浓度的生长调节剂对卡特兰开花性状的影响

从表2可以看出:注射20 mg · kg<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>并不能改变卡特兰花朵的大小,但花葶显著延长,比对照长4.51 cm;随着GA<sub>3</sub>浓度的升高,影响卡特兰开花性状的效果越显著;当GA<sub>3</sub>浓度为60、120 mg · kg<sup>-1</sup>时,卡特兰的花柄和花葶的长度显著增加,花瓣和萼片的长度也显著增加,但花瓣和萼片的宽度以及唇瓣的大小增加效果不显著,如当GA<sub>3</sub>浓度为120 mg · kg<sup>-1</sup>时,卡特兰的花瓣和萼片分别比对照长1.45、1.74 cm,花柄和花葶分别比对照长3.43、6.21 cm(图2~7)。



图2 对照花朵(正面)



图3 对照花朵(侧面)



图4 注射GA<sub>3</sub> 20 mg · kg<sup>-1</sup>开花状态



图5 注射GA<sub>3</sub> 60 mg · kg<sup>-1</sup>开花状态



图6 注射GA<sub>3</sub> 120 mg · kg<sup>-1</sup>开花状态



图7 注射GA<sub>3</sub> 120 mg · kg<sup>-1</sup>开花状态

表2 注射不同生长调节剂对卡特兰开花性状的影响

生长调节剂(浓度)/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	花瓣/cm		唇瓣/cm		萼片/cm		花柄长/cm	花葶长/cm
	长	宽	长	宽	长	宽		
CK	7.91 ± 0.48b	6.02 ± 0.49ab	8.08 ± 0.44b	6.48 ± 0.33bc	8.43 ± 0.39b	3.11 ± 0.26b	8.50 ± 0.48b	9.19 ± 1.08b
GA <sub>3</sub> (20)	8.12 ± 0.58bc	5.96 ± 0.57ab	7.75 ± 0.47ab	6.29 ± 0.27bc	9.10 ± 0.40bc	2.99 ± 0.47ab	8.79 ± 0.82b	13.70 ± 0.52c
GA <sub>3</sub> (60)	9.11 ± 0.23cd	6.22 ± 0.25bc	8.22 ± 0.31b	6.21 ± 0.31b	9.76 ± 0.34cd	3.21 ± 0.16b	11.47 ± 0.75c	14.82 ± 0.99c
GA <sub>3</sub> (120)	9.36 ± 0.39d	6.44 ± 0.32bc	8.24 ± 0.34b	6.25 ± 0.21bc	10.17 ± 0.40d	3.31 ± 0.23b	11.93 ± 0.75c	15.40 ± 0.92b
NAA(10)	8.63 ± 0.28c	6.83 ± 0.36c	8.34 ± 0.35b	6.87 ± 0.47c	9.16 ± 0.54c	3.42 ± 0.19b	8.21 ± 0.47ab	10.49 ± 0.82b
NAA(20)	8.27 ± 0.30bc	6.35 ± 0.21bc	8.19 ± 0.17b	6.37 ± 0.29bc	8.84 ± 0.34bc	3.13 ± 0.14b	8.51 ± 0.50b	9.56 ± 1.19b
NAA(40)	7.79 ± 0.55b	6.01 ± 0.51ab	7.73 ± 0.37ab	6.16 ± 0.46b	8.31 ± 0.45b	3.06 ± 0.38b	8.34 ± 0.70ab	8.03 ± 0.89ab
ABA(10)	7.87 ± 0.50b	6.34 ± 0.52bc	7.78 ± 0.44ab	6.57 ± 0.36bc	8.50 ± 0.38bc	3.11 ± 0.33b	8.38 ± 0.43b	8.41 ± 0.74ab
ABA(20)	7.53 ± 0.39ab	5.96 ± 0.35ab	7.54 ± 0.40ab	6.28 ± 0.53bc	7.82 ± 0.46ab	2.82 ± 0.10ab	7.88 ± 0.71ab	8.04 ± 0.78ab
ABA(40)	7.05 ± 0.32a	5.36 ± 0.30a	7.21 ± 0.32a	5.43 ± 0.37a	7.58 ± 0.30a	2.59 ± 0.10a	7.28 ± 0.52a	7.53 ± 0.37a

注:小写字母不相同表示差异显著( $\alpha=0.05$ ),小写字母相同表示差异不显著。

注射  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  NAA 能使卡特兰的花瓣显著增大,长度和宽度分别比对照增加 0.72、0.81 cm,萼片的长度也显著增加,比对照增加 0.73 cm;唇瓣虽然比对照有所增大,但差异并不显著(图8)。当 NAA 浓度升高到  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,卡特兰的花瓣、唇瓣、萼片均小于对照,但差异并不显著。



图8 对照与注射  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  NAA 的花瓣比较  
(左:对照;右: $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的 NAA)

随着 ABA 浓度的增大,卡特兰花朵的大小逐渐减小。当 ABA 的注射浓度为 10、20  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,对卡特兰花瓣、唇瓣、萼片的大小以及花柄和

花葶的长度没有影响,而当 ABA 浓度增加到 40  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,卡特兰的花瓣、唇瓣、萼片的长度和宽度显著降低,花柄和花葶的长度也显著降低(图9)。



图9 注射 ABA  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的开花状态

在试验中发现,当花蕾钻出花鞘时,每个花葶能够着花 2~3 朵,但高浓度 NAA 和 ABA 处理的植株,随着花蕾的增长,每棵植株有 1~2 个花蕾自花柄基部逐渐枯黄,最终凋落(图10、11)。同时注射高浓度 ABA 的花蕾不能正常开放,整个花蕾全部变黄凋落(图12)。



图10 注射 NAA  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  花蕾凋落



图11 注射 ABA  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  花蕾凋落



图12 注射 ABA  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  花朵枯黄

### 3 结论与讨论

花芽分化和发育是一个复杂的过程,是各种激素之间相互协调作用的结果,内源激素之间保持一定的平衡关系,花芽才能顺利分化和发育,外源生长调节剂虽然可以打破这种平衡,但同时花朵各部位相关比例也被打破,造成花朵畸形。

有研究表明:外源  $\text{GA}_3$  能够促进花茎及其节间的伸长,对花的大小以及花期均有较明显的促进作用<sup>[11]</sup>。 $\text{GA}_3$  能够促进蝴蝶兰提早抽梗,促进花梗生长,提早开花<sup>[12-14]</sup>,但花有畸形,表现为萼片和花瓣

纤细<sup>[15]</sup>。对春石斛的研究表明: $\text{GA}_3$  对盛花期有明显影响,但对花大小、花期长短及株高无显著影响<sup>[16]</sup>。本研究表明:注射不同浓度的  $\text{GA}_3$  能显著提前卡特兰的花期,而且当注射  $\text{GA}_3$  浓度达到  $60$ 、 $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,萼片和花瓣长度显著增加,花柄和花萼也显著增加,导致整个花序呈下垂状态。在试验浓度范围内,虽然  $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$   $\text{GA}_3$  促进花期和花的大小效果最显著,但此时开花率下降,花朵败育的现象增加,生产中应慎重使用。

NAA 对细胞分裂及伸长均有促进作用,在植物细胞内 NAA 能够积累<sup>[17]</sup>,低浓度的 NAA 有利于细胞的伸长<sup>[18]</sup>。本试验研究发现:当 NAA 的注射浓度为  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,能使花朵显著增大,但高于  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,促进增长的效应随浓度的增加而逐渐下降,这是由于生长素通过刺激 ACC 合成酶的形成,从而间接引起乙烯生物合成<sup>[19]</sup>。这可能也是注射  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  NAA 导致卡特兰在蕾期衰败的原因。本研究中 NAA 促进衰老的作用主要表现在花蕾开放期,是否说明在花蕾生长过程中逐渐累积,在开花期之前达到极限浓度从而表达,这需要进一步的研究。

本研究表明:注射 ABA 没有影响卡特兰的开花期,并没有达到推迟花期的试验目的,而且当 ABA 注射浓度为  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时,开花率下降,单花率升高,花朵缩小,有的花蕾不能正常开放并变黄凋落。Cooper 等<sup>[20]</sup>认为,ABA 对花朵促衰的作用主要是通过诱导乙烯的合成,Nooden<sup>[21]</sup>指出,ABA 是仅次于乙烯的衰老促进剂。本研究中 ABA 促进衰老的作用主要表现在花蕾开放期,是否说明 ABA 也具有累积效应,并且在花蕾生长过程中能够诱导乙烯的产生,从而使卡特兰在蕾期或开花前衰败,这需要进一步的研究。

赤霉素和生长素分别在调节细胞扩大和组织分化方面起相互叠加的作用<sup>[22]</sup>。本研究中,注射  $\text{GA}_3$  或  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  NAA 能够使花朵增大。有研究指出, $\text{GA}_3$  与 NAA 混合使用可以有效降低蝴蝶兰花朵的畸形率<sup>[23]</sup>,而  $\text{GA}_3$  与 NAA 混合使用,既能显著增大卡特兰花朵,又能有效降低花朵畸形率的合适配比还有待进一步研究。

在本试验生长调节剂浓度范围内,注射  $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$   $\text{GA}_3$  或  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  NAA 能使花期提前,使花朵增大,并保持较高的开花率,可以作为花期调控的重要手段。

## 参考文献:

- [1] 陈明莉,王碧青. 卡特兰[M]. 广州:广东科技出版社, 2004: 1, 28
- [2] Adelberg J W, Desamero N V, Hale S A, *et al.* Long-term nutrient and water utilization during micropropagation of *Cattleya* on a liquid/membrane system [J]. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 1997 (1): 1 - 7
- [3] Saiprasad G V S, Raghuvveer P, Khetrpal S, *et al.* Effect of various growth regulators on the production of protocorm likebodies in three orchid genera [J]. *Indian Journal of Plant Physiology*, 2002, 7(1): 35 - 39
- [4] 李进才,赵习姐,张秦英,等. 遮光对兰花养分含量及生育的影响[J]. *华北农学报*, 2006, 21(4): 51 - 54
- [5] 金陈斌,范凯峰,侯 樱,等. 卡特兰盆栽基质筛选初试[J]. *上海交通大学学报*, 2005, 23(4): 430 - 434
- [6] Michael S B, Michael D B, Michael U W. Detection of DNA Polymorphisms Within the Genus *Cattleya* (Orchidaceae) [J]. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1995, 13(2): 147 - 155
- [7] Jin G, Naito T, Matsui S. Randomly amplified polymorphic DNA analysis for establishing phylogenetic relationship among *Cattleya walkeriana* Gardn., *Cattleya nobilior* Rehb. f. and *Cattleya loddigesii* Lindl [J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2004, 73(5): 496 - 502
- [8] Jin G, Naito T, Matsui S. Randomly Amplified Polymorphic DNA Analysis for Establishing Phylogenetic Relationships among *Cattleya* and its Allied Genera [J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2004, 73(6): 583 - 591
- [9] Su W R, Chen W S, Koshioka M, *et al.* Changes in gibberellin levels in the flowering shoot of *Phalaenopsis hybrida* under high temperature conditions when flower development is blocked [J]. *Plant Physiology and Biochemistry (Paris)*, 2001, 39(1): 45 - 50
- [10] 郑宝强,王 雁,彭镇华,等. 卡特兰的花芽形态分化[J]. *园艺学报*, 2008, 35(12): 1825 - 1830
- [11] 吕长平,成明亮,莫宁捷,等. 外源 GA<sub>3</sub> 对芍药花芽发育的影响[J]. *作物研究*, 2009, 23(2): 133 - 136
- [12] 叶振华,张雪梅,李秋霞,等. 蝴蝶兰催花技术研究[J]. *广东园林*, 1996(4): 21 - 24
- [13] 曾爱平,林绍生,陈中林,等. 蝴蝶兰花期调控技术研究[J]. *广西热带农业*, 2004(2): 4 - 8
- [14] 王震宇. 低温和 GA<sub>3</sub> 对蝴蝶兰开花的调节[D]. 广州:华南师范大学, 2000
- [15] Chen W S, Chang H W, Chen W H, *et al.* Gibberellic acid and cytokinin affect *Phalaenopsis* flower morphology at high temperature [J]. *HortScience*, 1997, 32(6): 1069 - 1073
- [16] 刘晓青,周建涛. 外源 GA<sub>3</sub> 对春石斛园艺性状的影响[J]. *江苏农业科学*, 2004(5): 77
- [17] Liu Z H, Wang W C H, Yan S H Y. Effect of hormone treatment on callus formation and endogenous indole acetic acid and polyamin contents of soybean hypocotyls cultivated *in vitro* [J]. *Bot Bull Acad Sin*, 1997, 38: 171 - 176
- [18] Saunders J W, Bingham E T. Growth regulator effects on bud initiation in callus cultures of *Medicago sativa* [J]. *American Journal of Botany*, 1975, 62(8): 850 - 855
- [19] Halevy A H, Mayak S. Senescence and postharvest physiology of cut flowers Part [J]. *Hortic Rev*, 1981(3): 59 - 143
- [20] Cooper W C, Horanic G. Induction of abscission at hypobaric pressures [J]. *Plant Physiol*, 1973, 51: 1002 - 1004
- [21] Nooden L D. Abscisic acid auxin and other regulators of senescence [R]//Nooden L D, Leopold A C. *Senescence and Aging in Plants*, Academic Press San Diego, 1988: 329 - 368
- [22] Frigerio M, Alabadi D, Perez-Gomez J, *et al.* Transcriptional regulation of gibberellin metabolism genes by aux in signaling in *Arabidopsis* [J]. *Plant Physiol*, 2006, 142: 553 - 563
- [23] 张国栋,仇道奎,何小弟. 外源激素调控蝴蝶兰开花技术[J]. *中国花卉园艺*, 2008(20): 29