

植物生长调节剂对西洋杜鹃花期及内源激素的影响

吴月燕^{1,*}, 李 波^{1,2}, 朱 平³, 胡华勇¹

(¹浙江万里学院生物与环境学院, 浙江宁波 315100; ²浙江大学农业与生物技术学院, 杭州 310029; ³北仑万景山园林绿化工程有限公司, 浙江宁波 315100)

摘 要: 以西洋杜鹃 (*Rhododendron hybridum*) 为试材, 用不同浓度的植物生长调节剂赤霉素 (GA₃)、多效唑 (PP₃₃₃) 和比久 (B₉) 进行整株喷洒处理, 观察其花芽形态变化, 测定花芽内玉米素 (ZT)、赤霉素 (GA₃)、吲哚乙酸 (IAA) 和脱落酸 (ABA) 的含量。结果表明: 外源GA₃对花期有显著的提前作用; PP₃₃₃和B₉对花期有明显的延迟作用, 且B₉处理后开花整齐。外源GA₃处理使内源GA₃含量提高, 而IAA与ABA含量减少, ZT含量先上升后下降; B₉和PP₃₃₃处理均能使内源GA₃、ZT和IAA含量下降, 而使ABA含量升高。花芽形态分化期内源激素ZT和GA₃含量较高而ABA含量较低时对成花有促进作用。

关键词: 西洋杜鹃; 生长调节剂; 花期调控; 内源激素

中图分类号: S 685.21

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2011) 08-1565-07

Effects of Plant Growth Regulator on Flowering and Endogenous Hormones of *Rhododendron hybridum*

WU Yue-yan^{1,*}, LI Bo^{1,2}, ZHU Ping³, and HU Hua-yong¹

(¹College of Biology and Environment, Zhejiang Wanli University, Ningbo, Zhejiang 315100, China; ²College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; ³Beilun Wanjingshan Gardening Limited Company, Ningbo, Zhejiang 315100, China)

Abstract: *Rhododendron hybridum* was chosen as subjects and treated by different concentration of gibberellin (GA₃), paclobutrazol (PP₃₃₃), and daminopyridazin (B₉). Their flower buds formation was observed and the concentration of endogenous hormones, i. e. zeatin (ZT), gibberellin (GA₃), 3-indole acetic acid (IAA) and abscisic acid (ABA) in the buds were detected. Experiment results showed that GA₃ had a significant promotion of the plant's florescence, while PP₃₃₃ and B₉ delayed the florescence and B₉ increased its tidiness substantially. External GA₃ treatment stimulated the endogenous GA₃, reduced the concentration of IAA and ABA, and increased ZT concentration followed by a decrease of ZT. Both B₉ and PP₃₃₃ could reduce the concentration of GA₃, ZT and IAA while increase ABA concentration. The results indicated that the flowering period can be promoted by high concentration of ZT and GA₃ and low concentration of ABA during flower bud shape differentiation.

收稿日期: 2011-01-17; 修回日期: 2011-05-18

基金项目: 浙江省重大科技专项重点农业项目 (2009C12092); 宁波市科技攻关重大招标项目 (200709C101003)

* E-mail: wyy2000@zww.edu.cn

Key words: *Rhododendron hybridum*; plant growth regulator; flowering time regulator; endogenous hormone

西洋杜鹃 (*Rhododendron hybridum*) 因品种多样, 花色丰富, 花期较长而被广泛栽培。国内外对杜鹃花属 (*Rhododendron*) 植物花期调控研究比较多, 包括温度调节 (邵和平, 2004), 光照处理 (Weiser & Blaney, 1963), 肥水, 修剪管理和使用生长调节剂等 (贾军, 2001)。其中, 生长调节剂因简便有效而被更广泛地应用。常用的生长调节剂有赤霉素 (GA_3)、多效唑 (PP_{333}) 和比久 (B_9) 等 (楚爱香 等, 2004; 安丽君 等, 2009)。花芽孕育受到植物内源激素的影响 (Li et al., 2008), 目前国内外通过外源生长调节剂调节对西洋杜鹃内源激素及花期的研究甚少。

本试验中通过研究生长调节剂对西洋杜鹃花期、花朵形态和花芽形态分化期内源激素等的影响, 探讨内源激素与成花的关系, 以期对西洋杜鹃花期调控提供理论与实践指导。

1 材料与方法

以浙江省宁波市北仑区柴桥镇万景杜鹃园 2 年生盆栽西洋杜鹃 (*Rhododendron hybridum*) 中的‘紫云杜鹃’为试材。2009 年 12 月 1 日, 在试验地随机选取 120 株生长健壮、形态基本一致的植株, 定植于直径 13 cm、高度 18 cm 的塑料容器中, 每盆定植 1 株, 移入钢结构连栋大棚。棚顶膜为无色聚氯乙烯无滴膜, 棚内温度 15~25 °C, 空气相对湿度 60%~85%。盆土为泥炭: 砻糠 = 3:1, 每盆基质 2.5 kg, pH 5.5, 含有机质 24.3 mg·kg⁻¹, 碱解氮 40.4 mg·kg⁻¹, 速效磷 9.4 mg·kg⁻¹, 速效钾 91.5 mg·kg⁻¹。每 3 d 的 15:00 浇静置隔夜自来水 1 次, 每次 100 mL。杜鹃恢复生长后, 分别用不同浓度的 GA_3 、 PP_{333} 和 B_9 (表 1) 对处于花芽形态分化初期的植株进行整株喷洒, 共 2 次, 分别为 2009 年 12 月 16 日和 23 日。以清水作对照。10 次重复。

2009 年 12 月 16 日 (处理前) 采样 1 次; 处理后, 自 2010 年 1 月 8 日起每隔 15 d 采样 1 次, 共 6 次。15:00 在植株不同方位随机采 5 个花芽, 放入冰盒迅速带回实验室置于 -80 °C 冰箱保存, 供内源激素测定。

每天 15:00 时观测不同处理后西洋杜鹃进入透色期、初花期和盛花期的时间。30 d 后开始测量并记录花芽大小 (宽度与长度), 于盛花期测量并记录花朵大小。观测标准参考赵健等 (2009) 的文献。

内源激素的提取根据曾庆钱等 (2006) 的方法修改。准确称取 1 g 花芽, 加 10 倍量 80% 冰甲醇, 人工剪碎、机器匀浆 4 °C 过夜; 残渣用冰甲醇 1 g:5 mL 重复提取 2 次, 合并 3 次滤液; 合并液中加 PVP (质量比 5:1) 充分摇匀离心后取上清液过 C_{18} 小柱; 流出液经氮气吹干, 加入缓冲液溶解后用等体积乙酸乙酯萃取 3 次; 上层乙酸乙酯相经氮气吹干, 甲醇溶解后过微孔滤膜收集样品, HPLC 测定 IAA、ABA、 GA_3 ; 下层水相经氮气吹干, 加入缓冲液溶解后用水饱和正丁醇 (85%) 萃取 3 次, 弃水相, 对正丁醇相用氮气吹干, 加入甲醇溶解后过微孔滤膜收集样品, HPLC 测定 ZT。高效液相色谱 (Agilent 1100) 的色谱柱为 ODS- C_{18} 柱 (250 mm × 4.6 mm); 流动相为甲醇: 乙酸: 水 (体积比 50:5:45); 柱温 30 °C; 流速 1.0 mL·min⁻¹; pH 3.2; 检测波长: $UV_{IAA,GA_3,ABA}$ 为 210 nm, UV_{ZT} 为 254 nm; 标样 ZT、 GA_3 、IAA 和 ABA 浓度均为 100、50 和 25 μg·mL⁻¹ 梯度; 以标样出峰时间和峰高叠加定性, 外标法峰面积定量。

采用 EXCEL 和 DPS 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的生长调节剂处理对西洋杜鹃开花的影响

如表 1 所示，与对照相比，GA₃对西洋杜鹃开花促进作用明显，4 种浓度处理平均提前 8.8 d，1 500 mg · L⁻¹处理催花效果最佳，花期可提前 11 d。经 1 000 ~ 2 000 mg · L⁻¹GA₃处理后的花蕾长度与宽度、花径均显著大于对照，在 1 500 mg · L⁻¹处理时最显著，分别比对照增长 21.38%、11.97%、12.48%。这表明，一定浓度的赤霉素可以显著提高西洋杜鹃开花质量。

PP₃₃₃对西洋杜鹃开花有明显的延迟作用，平均延迟 6.5 d。在 1 500 mg · L⁻¹处理时延迟作用最明显，达 8 d。处理后花蕾长度与宽度、花径略小于对照，但差异不显著。表明PP₃₃₃不利于提高西洋杜鹃开花质量。

B₉对西洋杜鹃开花的延迟作用更明显，平均延迟 8.3 d。在 100 mg · L⁻¹处理时延迟作用最明显，可达 10 d。B₉对西洋杜鹃花蕾大小的影响非常小，花蕾长度和宽度与对照差异不显著。花朵大小受 B₉影响明显，花径显著小于对照。表明B₉显著降低了西洋杜鹃的开花质量。但经B₉处理后的杜鹃花期和花朵大小较为一致。

从表 2 可以看出，不同浓度的GA₃、PP₃₃₃和B₉处理，提前或延迟开花天数均呈先上升后下降的趋势。这与处理浓度过低或过高相关。同时数据也表明，杜鹃花花蕾与花朵的大小、开花提前时间与处理浓度呈正相关。

表 1 不同浓度GA₃、PP₃₃₃、B₉处理对杜鹃开花的影响
Table 1 Effects of different concentration treatments of GA₃, PP₃₃₃ and B₉ on flowering of *Rhododendron hybridum*

处理 Treatment	浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration	透色期/(M - D) Color appearing stage	初花期/(M - D) Initial flowering stage	盛花期/(M - D) Full flowering stage	花蕾/cm Bud		花径/cm Flower diameter	花期提前/d Days in advance
					长度 Length	宽度 Width		
对照 Control	0	01 - 14	02 - 16	03 - 07	1.45 d	0.92 cd	7.21 bc	0
GA ₃	500	01 - 09	02 - 12	03 - 01	1.47 d	0.93 bcd	7.44 b	5
	1 000	01 - 04	02 - 10	03 - 01	1.63 ab	0.98 ab	7.85 a	10
	1 500	01 - 03	02 - 09	02 - 28	1.76 a	1.03 a	8.11 a	11
	2 000	01 - 05	02 - 09	03 - 03	1.62 bc	0.94 bc	7.86 a	9
	500	01 - 19	02 - 19	03 - 11	1.46 cd	0.90 cd	7.18 bcd	- 5
PP ₃₃₃	1 000	01 - 21	02 - 17	03 - 15	1.40 de	0.90 cd	7.03 cde	- 7
	1 500	01 - 22	02 - 20	03 - 17	1.31 e	0.88 d	6.88 de	- 8
	2 000	01 - 20	02 - 19	03 - 13	1.43 de	0.89 cd	7.14 bcde	- 6
	50	01 - 21	02 - 20	03 - 13	1.44 de	0.92 cd	6.99 cde	- 7
B ₉	100	01 - 24	02 - 19	03 - 18	1.40 de	0.91 cd	6.86 e	- 10
	150	01 - 22	02 - 21	03 - 14	1.42 de	0.92 cd	6.90 de	- 8

注：同列数据后面不同小写字母表示不同处理间 0.05 水平差异显著。
Note: The date followed by different small letters indicated significant difference at 5% level.

2.2 生长调节剂处理对西洋杜鹃花芽内源激素的影响

2.2.1 GA₃

如图 1 所示，不同浓度GA₃处理后，ZT含量先上升后下降，1 500 mg · L⁻¹处理的高峰约在 2 月 10 日，比对照提前约 30 d，其次是 1 000 和 2 000 mg · L⁻¹处理，提前约 15 d，500 mg · L⁻¹处理与对照最接近。

内源GA₃含量增加，各处理均先上升后下降，但趋势平缓，1 000 和 1 500 mg · L⁻¹GA₃处理后的峰值出现时间在 2 月 23 日前后，比对照提前约 15 d，其它两组与对照接近。

与对照相比 IAA 含量降低, 各处理变化波动较小, $1\ 000\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\text{GA}_3$ 处理后的峰值出现时间约在 2 月 25 日, 比对照提前 10 d 左右, 其他处理与对照接近。

与对照相比 ABA 含量降低, 各处理变化趋势呈直线上升, 各处理的峰值出现时间一致。

分析表明, 内源激素 GA_3 、IAA 及 ABA 的峰值在 $500\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\text{GA}_3$ 处理后与对照相比差异均不显著, 较高浓度 ($\geq 1\ 000\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 处理后峰值差异增加, 且均为 $1\ 500\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理与对照差异最显著, 分别达到 79.52 、 -5.91 和 $-29.66\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 。处理后 ZT 的峰值比对照略高但差异不显著。

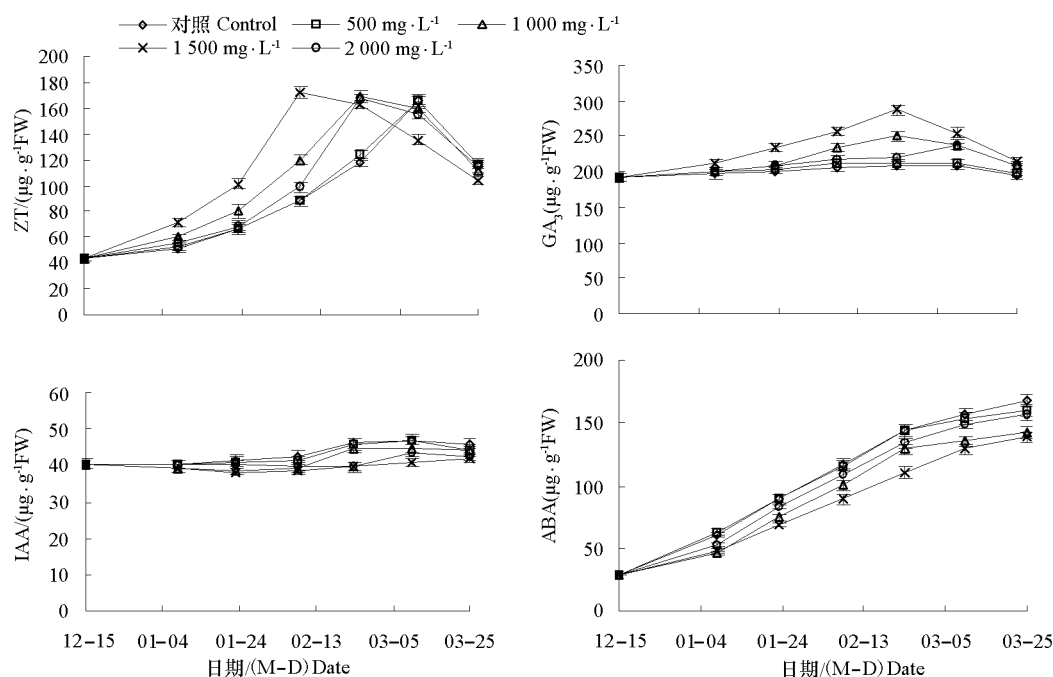


图 1 不同浓度外源 GA_3 处理对杜鹃花芽内源激素含量的影响

Fig. 1 Changes of endogenous hormones in buds after the different concentration treatment of GA_3

2.2.2 PP₃₃₃

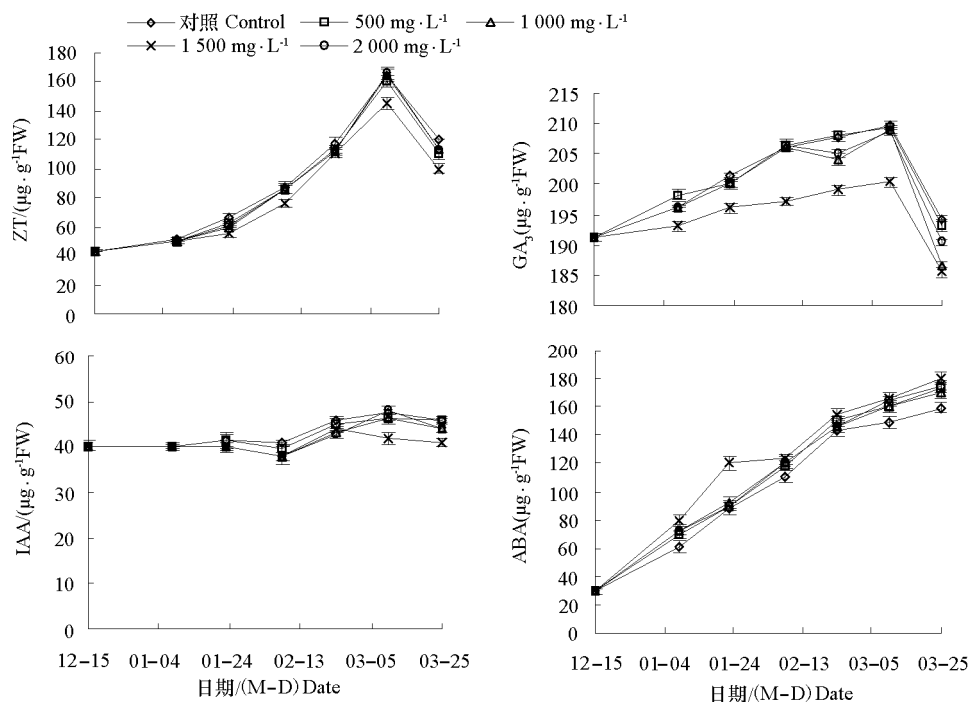
不同浓度 PP_{333} 处理后, ZT、 GA_3 与 IAA 含量均比对照下降, 但各处理的 ZT 含量呈先上升后下降趋势, GA_3 先平缓上升后急剧下降, 而 IAA 变化波动较小; ABA 含量则增加, 各处理均呈直线上升 (图 2)。

内源激素 ZT、 GA_3 及 IAA 的峰值仅在 $1\ 500\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}\text{GA}_3$ 处理时与对照差异显著, 分别比对照降低了 20.16 、 9.42 和 $5.49\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 。而 ABA 经处理后峰值均比对照显著升高, $1\ 500\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理时差异可达 $20.63\ \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 。此外, 同一内源激素不同浓度 PP_{333} 处理后除 IAA 外, 峰值出现时间都比较一致, 其中 ZT、 GA_3 峰值大致在 3 月 10 日, ABA 在 3 月 25 日左右。IAA 则在 $1\ 500\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理时峰值出现时间最早, 约在 2 月 23 日, 比对照提前约 15 d, 其它处理与对照差异不显著。

2.2.3 B₉

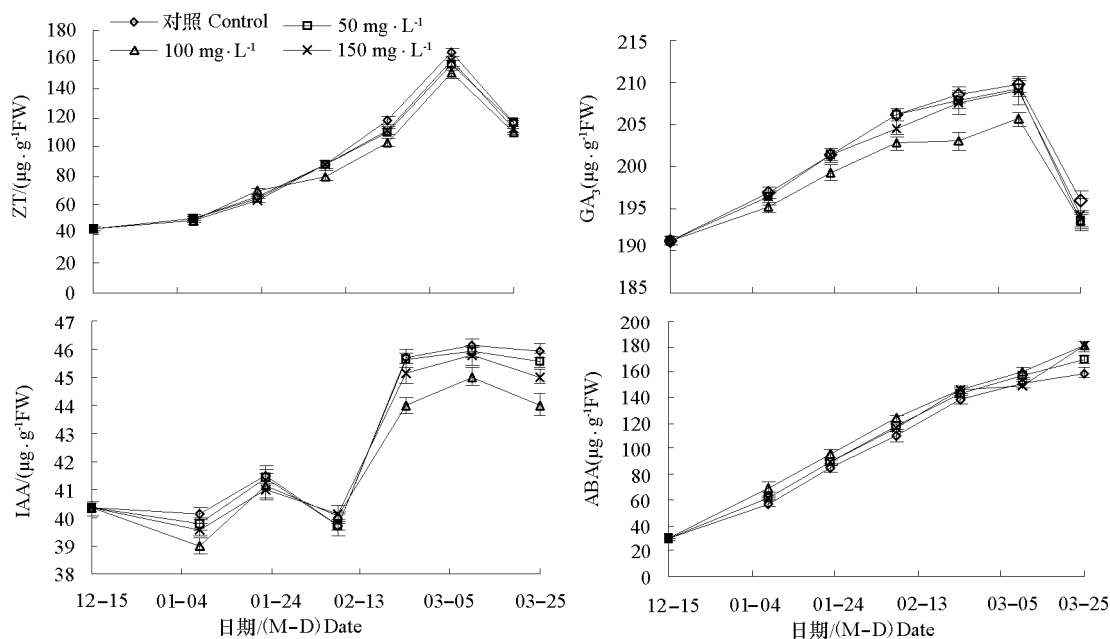
如图 3 所示, 不同浓度 B_9 处理与 PP_{333} 处理结果类似的是, ZT 与 GA_3 含量与对照相比均下降。ZT 含量变化趋势先上升后下降, 在 $100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理后的峰值比对照显著下降。 GA_3 含量变化趋势先平缓上升后急剧下降, 在 $100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理后峰值比对照显著降低, 其它处理差异不显著。

IAA 含量与对照相比也下降, 但各处理变化均呈先下降后上升再下降再上升的波动趋势; 第 1 次峰值出现时各处理与对照差异不显著, 第 2 次峰值出现时仅 $100\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理比对照显著降低。

图 2 PP₃₃₃处理后花芽内源激素含量的变化Fig. 2 Changes of endogenous hormones in buds after the different concentration treatment of PP₃₃₃

与对照相比, ABA 含量则增加, 各处理呈直线上升趋势且峰值均比对照显著升高。

分析表明, 同一内源激素在不同浓度B₉处理后的峰值出现时间基本一致, 其中ZT峰值出现时间大致在3月10日, GA₃峰值出现时间约在3月8日, IAA峰值出现时间大致在3月3日前后, ABA则集中在3月25日。

图 3 B₉处理后花芽内源激素含量的变化Fig. 3 Changes of endogenous hormones in buds after the different concentration treatment of B₉

3 讨论

本试验旨在探讨使用几种代表性的生长调节剂对西洋杜鹃花期和花芽形态分化期内源激素含量的影响,以及内源激素含量变化与成花的关系。试验结果表明,GA₃对西洋杜鹃开花提前作用明显,且经GA₃处理后有利于提高西洋杜鹃开花质量,这与前人的研究(赵健等,2009)较为一致。PP₃₃₃及B₉对杜鹃花有较为明显的延迟作用,对郁金香和百合使用激素调控的研究中也有类似结论(罗红艺和李金枝,2005;文颖强等,2005)。试验结果表明PP₃₃₃较不利于提高西洋杜鹃的开花质量,B₉处理有利于开花整齐,但明显降低了开花质量。综合比较,PP₃₃₃较适合作为延长西洋杜鹃花期调节剂使用。此外,试验中发现西洋杜鹃花蕾大小与花径大小、开花提前时间均呈正相关,但其他杜鹃花品种是否也有此规律需要进一步验证。

外源GA₃使得西洋杜鹃内源GA₃含量增加,ZT先上升后下降,并导致IAA、ABA含量降低。外源PP₃₃₃与B₉则分别使内源IAA、ZT及GA₃含量降低,ABA含量升高,即4种内源激素经不同浓度B₉处理后其含量变化方向与不同浓度PP₃₃₃处理后一致;此外,除IAA外,经PP₃₃₃和B₉处理后的各内源激素含量随日期变化的趋势也非常类似。这表明,在本试验中,对西洋杜鹃使用PP₃₃₃及B₉两种不同的生长调节剂有可能对内源激素IAA、ZT及GA₃的调控作用类似,从而对某些生理活动起到了相同的作用。

已有研究表明,内源GA₃(谢利娟等,2010)或ZT(曹尚银等,2000)含量的升高都会促进部分植物花芽分化,而IAA则会抑制花芽的分化(李秉真等,1999),但李天红等(1996)通过对苹果花芽分化的研究后认为内源GA₃会抑制花芽分化,而IAA则对花芽孕育启动起促进作用。关于ABA对花芽分化的作用,在有关果树的研究中认为ABA对成花有促进(Rakngan et al., 1995)或抑制(Hoad, 1984)的双重作用(曾骧,1992)。在本试验中发现,杜鹃提前开花(经外源GA₃处理)伴有花芽内源GA₃、ZT含量的显著升高及ABA含量的显著降低。而赤霉素诱导是观赏植物成花诱导的重要模式之一,如在拟南芥中赤霉素通过促进整合子基因*SOCI*、*LFY*和*FT*的表达来促进开花(Mutasa-Göttgens & Hedden, 2009); ZT含量的显著增加,则能够促进花原基的形成和发育(曹尚银等,2000); ABA含量的显著降低可能会促进解除生长点的休眠状态从而促进成花(Hoad, 1984)。这表明,当花芽形态分化期内源ZT和GA₃含量较高而ABA含量较低时,对西洋杜鹃成花有促进作用。Yoshiko等(1999)在研究蜜橘花芽分化时认为IAA与ABA含量上升,GA₃含量下降时促进成花,樊卫国等(2003)在研究蜜橘与刺梨花芽分化时发现GA₃与IAA含量下降,而ZT与ABA上升对成花有促进作用。

综上所述,西洋杜鹃叶面喷施1 500 mg·L⁻¹ GA₃有利于提前开花,喷施1 000 mg·L⁻¹ PP₃₃₃则适合于延迟开花;使用生长调节剂后导致花芽形态分化期内源激素含量发生了变化,而内源激素的变化显著影响了花芽分化与成花过程。目前内源激素与木本植物花芽分化关系的研究主要集中在果树植物,有关杜鹃属植物的并不多,因此有必要对其进行更深一步的研究。

References

- An Li-jun, Jin Liang, Yang Chun-qin, Li Tian-hong. 2009. Effect and functional mechanism of exogenous gibberellin on flowering of peach. *Scientia Agricultura Sinica*, 42 (2): 605 - 611. (in Chinese)
- 安丽君, 金亮, 杨春琴, 李天红. 2009. 外源赤霉素对桃的成花效应及其作用机制. *中国农业科学*, 42 (2): 605 - 611.
- Cao Shang-yin, Zhang Jun-chuang, Wei Li-hua. 2000. Studies on the changes of endogenous hormones in the differentiation period of flower bud in apple trees. *Journal of Fruit Science*, 17 (4): 244 - 248. (in Chinese)
- 曹尚银, 张俊昌, 魏立华. 2000. 苹果花芽孕育过程中内源激素的变化. *果树科学*, 17 (4): 244 - 248.

- Chu Ai-xiang, Kong Xiang-sheng, Zhang Yao-zhan. 2004. Application of plant growth regulator on ornamental plant. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (3): 408 - 412. (in Chinese)
- 楚爱香, 孔祥生, 张要战. 2004. 植物生长调节剂在观赏植物上的应用. *园艺学报*, 31 (3): 408 - 412.
- Fan Wei-guo, Liu Guo-qin, An Hua-ming, He Song-tao, Luo Yun, Liu Jin-ping. 2003. Study on the changes of endogenous hormones, carbohydrate and nitrogen nutrition at the flower bud differentiation stage of *Rosa roxburghii*. *Journal of Fruit Science*, 20 (1): 40 - 43. (in Chinese)
- 樊卫国, 刘国琴, 安华明, 何嵩涛, 罗 允, 刘进平. 2003. 刺梨花芽分化期芽中内源激素和碳氮营养的含量动态. *果树学报*, 20 (1): 40 - 43.
- Hoad G V. 1984. Hormonal regulation of fruitbud formation in fruit trees. *Acta Horticulturae*, 149: 13 - 23.
- Jia Jun. 2001. Recent advance Belgium aealeas study. *Acta Horticulturae Sinica*, 28 (Supplement): 693 - 699. (in Chinese)
- 贾 军. 2001. 比利时杜鹃研究进展. *园艺学报*, 28 (增刊): 693 - 699.
- Li Bing-zhen, Sun Qing-lin, Zhang Jian-hua, Ma Qing-zhi. 1999. Endogenous hormones and nucleic acid metabolism in leaves during the fruit bud differentiation of 'Pingguoli'. *Acta Horticulturae Sinica*, 26 (3): 188 - 190. (in Chinese)
- 李秉真, 孙庆林, 张建华, 马青枝. 1999. '苹果梨'花芽分化期叶片激素及核酸含量变化. *园艺学报*, 26 (3): 188 - 190.
- Li Tian-hong, Huang Wei-dong, Meng Zhao-qing. 1996. Study on the mechanisms of flower bud induction in apple tree. *Acta Phytophysiological Sinica*, 22 (3): 251 - 257. (in Chinese)
- 李天红, 黄卫东, 孟昭清. 1996. 苹果花芽孕育机理的探讨. *植物生理学报*, 22 (3): 251 - 257.
- Li Yue, Li Tian-lai, Wang Dan. 2008. Correlation between endogenous hormones of stem apices and fruit locule numbers in tomatoes during floral bud differentiation stages. *Agricultural Sciences in China*, 7 (4): 447 - 454.
- Luo Hong-yi, Li Jin-zhi. 2005. Effects of pretreatment solution containing B₉ on senescence of cut flower of lily. *Plant Physiology Communications*, 41 (1): 34 - 36. (in Chinese)
- 罗红艺, 李金枝. 2005. 含B₉的预处理液对铁炮百合切花衰老的影响. *植物生理学通讯*, 41 (1): 34 - 36.
- Mutasa-Göttgens E, Hedden P. 2009. Gibberellin as a factor in floral regulatory networks. *J Exp Bot*, 60: 1979 - 1989.
- Rakngan J, Gemma H, Iwahori S. 1995. Flower bud formation in Japanese pear trees under adverse conditions and effects of some growth regulators. *Jpn J Trop Agr*, 39: 1 - 6.
- Shao He-ping. 2004. Studies on propagation, medium cultivation and flowering regulation of azaleas [M. D. Dissertation]. Nanjing: Nanjing Agricultural University. (in Chinese)
- 邵和平. 2004. 比利时杜鹃轻基质栽培与花期调控技术研究[硕士论文]. 南京: 南京农业大学.
- Weiser C J, Blaney L T. 1963. Rooting and night lighting trials with deciduous azaleas and dwarf *Rhododendrons*. *Amer Hort Mag*, 42: 95 - 100.
- Wen Ying-qiang, Liu Ya-li, Wang Rong-hua, Xu Yong-quan. 2005. 6-BA and PP₃₃₃ effects in shelf-life improvement of *Tulipa gesneriana* cut flowers. *Acta Bot Boreal-occident Sin*, 25 (12): 2535 - 2538. (in Chinese)
- 文颖强, 刘雅莉, 王荣花, 许勇泉. 2005. 6-BA和PP₃₃₃对郁金香切花的保鲜研究. *西北植物学报*, 25 (12): 2535 - 2538.
- Xie Li-juan, Sun Min, Zhao Liang-jun, Wang Ding-yue. 2010. Quantitative variation of endogenous hormones in *Rhododendron moultmainense* Hook. f. leaf under buds during buds morphological differentiation. *Journal of China Agricultural University*, 15 (4): 33 - 38. (in Chinese)
- 谢利娟, 孙 敏, 赵梁军, 王定跃. 2010. 毛棉杜鹃芽形态分化期间封顶叶内源激素含量变化的研究. *中国农业大学学报*, 15 (4): 33 - 38.
- Yoshiko K, Toshio T, Tatsushi O, Akihiko G. 1999. Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Horticulturae*, 79: 185 - 194.
- Zeng Qing-qian, Chen Hou-bin, Lu Cai-hao, Li Jian-guo. 2006. An optimized HPLC procedure for analyzing endogenous hormones in different organs of litchi. *Journal of Fruit Science*, 23 (1): 145 - 148. (in Chinese)
- 曾庆钱, 陈厚彬, 鲁才浩, 李建国. 2006. HPLC测定荔枝不同器官中内源激素流程的优化. *果树学报*, 23 (1): 145 - 148.
- Zeng Xiang. 1992. *Fruit trees physiology*. Beijing: Beijing Agricultural University Press. (in Chinese)
- 曾 骧. 1992. *果树生理学*. 北京: 北京农业大学出版社.
- Zhao Jian, Qiu Shuo, Li Xiu-juan, Zhang Cui-ping. 2009. Effects of different plant hormones on flower induction of *Rhododendron pulchrum*. *Guangxi Flora*, 29 (1): 92 - 95. (in Chinese)
- 赵 健, 仇 硕, 李秀娟, 张翠萍. 2009. 不同激素对锦绣杜鹃的催花作用. *广西植物*, 29 (1): 92 - 95.