园 艺 学 报 2005, 32 (4): 584～588
Acta Horticulturae Sinica

植物生长调节剂对甜樱桃休眠的调控及花芽酚类物质含量的影响

魏海蓉 高东升* 李宪利
(山东农业大学园艺科学与工程学院, 泰安 271018)

摘 要: 以7年生甜樱桃 (*Prunus avium* L.) '红灯'和'早红宝石'为试材, 研究了自然休眠期间植物生长调节剂对其休眠花芽酚类物质含量、相关酶活性以及萌芽率的影响。结果发现, 自然休眠前期, ABA促进酚类物质的积累, 6-BA、GA_3减缓了酚类物质的积累; 中期ABA使酚类物质一直维持较高水平, 6-BA、GA_3促使酚类物质达到高峰, 然后降低; 后期ABA延缓了酚类物质的降低, 6-BA、GA_3效果相反。6-BA、CA_3两种生长调节剂中, CA_3对酚类物质的作用效果较为显著。ABA使苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 活性增强而降低了多酚氧化酶 (PPO) 活性, 6-BA、GA_3降低了PAL的活性而使PPO活性增强。自然休眠的不同时期, 不同植物生长调节剂对萌芽率的影响效果也不同。6-BA、GA_3处理在自然休眠前期对萌芽率影响不明显, 中期打破了休眠, 使萌芽率超过50%, 后期效果与中期相似; ABA处理在整个自然休眠期间使萌芽率略有降低, 并抑制了休眠的解除。

关键词: 甜樱桃; 植物生长调节剂; 酚类物质; 休眠
中图分类号: S 662.5 **文献标识码**: A **文章编号**: 0513-353X (2005) 04-0584-05

Effects of Plant Growth Regulators on the Content of Phenolics in Sweet Cherry Dormant Flower Buds and Dormancy

Wei Hairong, Gao Dongsheng*, and Li Xianli
(Institute of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: The experiment was conducted with 7-year-old 'Hongdeng' and 'Zaohongbaoshi' sweet cherry (*Prunus avium* L.) trees, and effects of plant growth regulators on the content of phenolics and relate enzymes activity and rate of germination were analyzed and studied. Results showed that the effects of different plant growth regulators were different: ABA promoted the accumulation of phenolics 6-BA and GA_3 postponed the accumulation of phenolics in the primary stage; In the middle stage, ABA kept the content of phenolics high while 6-BA and GA_3 promoted the content of phenolics peak then it dropped; In the last period, ABA postponed the drop of the phenolics content, 6-BA and GA_3 were contrary to ABA. The effect of CA_3 was better than that of ABA. ABA made PAL activity raise, and dropped the PPO activity; 6-BA and GA_3 made PAL dropped but raised the PPO activity. Effects of different plant growth regulators on the germination rate were different in different periods of dormancy. In the primary stage, 6-BA and GA_3 on the rate of germination were not obvious; In the middle stage, 6-BA and GA_3 can break dormancy and made the rate of germination more than 50%; In the last period, effects of 6-BA and GA_3 were similar to the middle of stage. In the whole period of dormancy, ABA made the rate of germination lowerd and inhibited the dormancy-release.

Key words: Sweet cherry; Plant growth regulator; Phenolics; Dormancy

对设施栽培中落叶果树芽自然休眠进程进行调控具有重要意义, 人工打破休眠可使其提早萌芽, 实现果品提早上市。探索有效打破落叶果树自然休眠的方法, 一直是果树设施栽培研究的重要课题。有关

收稿日期: 2004-09-29; **修回日期**: 2004-12-06
基金项目: 国家'863'计划项目 (2001AA247041)
*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: dsgao@sdau.edu.cn)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

内源激素水平的变化及其平衡对自然休眠的调控机制，前人曾经以白蜡树、假挪威槭、桦木、美洲榆、糖槭、毛白杨、希蒙得木和榛等进行过研究[1]，在落叶果树中也有报道[2]，但结果并不完全一致，内源激素在芽休眠中的作用尚未完全阐明。利用植物生长调节剂打破休眠一直是人们追求的理想目标，但其内在关系机制还不清楚。有研究表明，酚类物质是山楂种子破除休眠和发芽的抑制物质[3]，但是在芽中酚类物质对自然休眠的关系研究较少。本试验通过分析植物生长调节剂对休眠芽次生代谢物酚类物质含量以及相关酶活性的影响，探讨生长调节剂与酚类物质的关系以及打破休眠的机制。

1　材料与方法

试验于 2003年 10月至 2004年 2月在泰安群星果品示范园进行。试材为 7年生甜樱桃 (*Prunus avium* L.)‘红灯’和‘早红宝石’。树体生长健壮、整齐一致，试验期间管理正常。

于 11月 4日、11月 29日、12月 27日分 3次分别向树冠喷布 ABA 100 mg·L^{-1}、6-BA 100 mg·L^{-1}、GA_3 100 mg·L^{-1}，以清水为对照。单株小区，3次重复。每次处理后间隔 4 d于生长发育一致的多年生枝上每个重复采集 50～70个花芽，迅速用冰瓶带回实验室，蒸馏水洗净，滤纸擦干，液氮中冷冻约 20 min，然后置冰箱中 (≤ - 20℃) 保存，总酚含量测定采用 Folin - 酚比色法略加改进，每个处理共采样 5次。11月 4日处理后 15 d每个重复采集花芽约 50个用于苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 活性[5]和多酚氧化酶活性的测定[6]。

于 11月 4日、11月 29日、12月 27日分 3次从‘红灯’和‘早红宝石’树体上采集生长势均一、带有约 20个花芽的枝条 40～50个，分 4组，分别喷布 ABA 100 mg·L^{-1}、6-BA 100 mg·L^{-1}、GA_3 100 mg·L^{-1}，以清水为对照，放入塑料小桶中进行清水培养，每隔 2 d换 1次水，将小桶置于光照培养箱中 (昼 25℃/夜 12℃，模拟自然条件光强及变化) 催芽，培养 25 d，观察统计萌芽率。当萌芽率超过 50%时，确定试材已通过自然休眠。

2　结果与分析

2.1　自然休眠前期喷布植物生长调节剂对酚类物质含量的影响

结果 (图 1) 表明，11月 4日自然休眠前期处理‘红灯’和‘早红宝石’花芽中酚类物质含量处于逐渐积累的过程。喷布 3种不同的植物生长调节剂，没有改变酚类物质含量继续升高的趋势，但是与对照芽相比，酚类物质含量有了明显的差异。ABA处理增加了酚类物质的含量，与此相反，6-BA、GA_3均降低了酚类物质含量，其中‘红灯’以 GA_3 处理最低，‘早红宝石’以 6-BA处理最低。可见自然休眠前期 ABA处理提高了酚类物质积累的速度，6-BA、GA_3 减缓了酚类物质的积累。

2.2　自然休眠中期喷布植物生长调节剂对酚类物质含量的影响

图 2是自然休眠中期 11月 29日喷布 3种不同的植物生长调节剂后‘红灯’和‘早红宝石’花芽中酚类物质含量的变化。‘红灯’花芽酚类物质一直维持较高水平并有轻微的波动，ABA外源处理增加了酚类物质的含量并保持稳定；6-BA、GA_3 使酚类物质提前下降，其中 GA_3 处理的比 6-BA处理下降更低。‘早红宝石’花芽中酚类物质在 11月 29日至 12月 11日保持稳定，而 12月 11日后迅速下降，但 3种植物生长调节剂对‘早红宝石’花芽中酚类物质含量的影响效果与红灯相似。

2.3　自然休眠后期喷布植物生长调节剂对酚类物质含量的影响

图 3是自然休眠后期 12月 27日向树体喷布不同植物生长调节剂后‘红灯’和‘早红宝石’花芽中酚类物质的变化动态。结果表明，此时‘红灯’花芽中酚类物质一直呈下降趋势，ABA处理使酚类物质含量维持稳定，稍有波动；6-BA、GA_3 处理促使酚类物质迅速降低至最低点后保持稳定。此期间‘早红宝石’花芽中酚类物质迅速下降至最低点后保持稳定，与对‘红灯’的影响效果相似，ABA减缓了其酚类物质的降低；与对照相比 6-BA、GA_3 处理加速了酚类物质的降低使其提前降至最低点。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

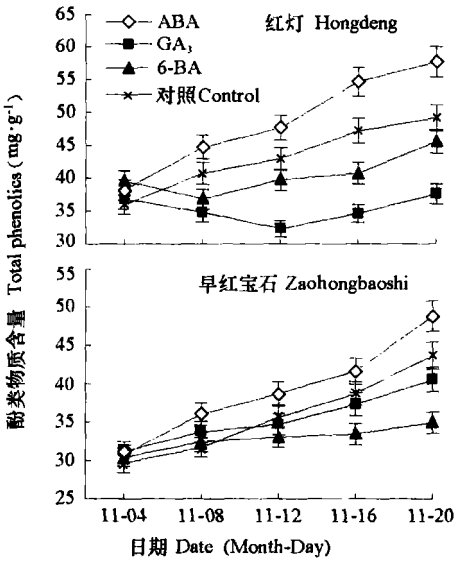


图 1 自然休眠前期 (11 - 04) 喷布植物生长调节剂对酚类物质含量的影响

Fig. 1 The effect of plant growth regulators on phenolics content in the early stage of dormancy (11 - 04)

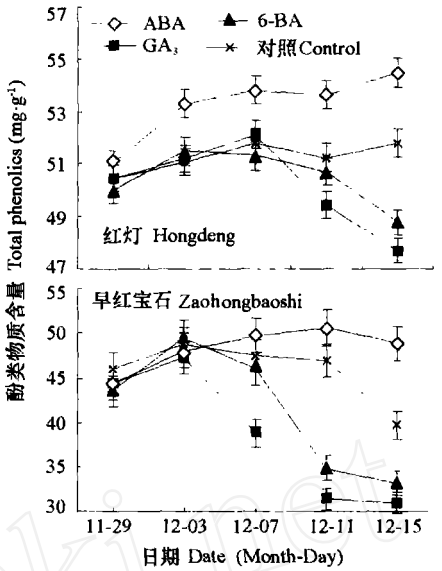


图 2 自然休眠中期 (11 - 29) 喷布植物生长调节剂对酚类物质含量的影响

Fig. 2 The effect of plant growth regulators on phenolics content in the middle stage of dormancy (11 - 29)

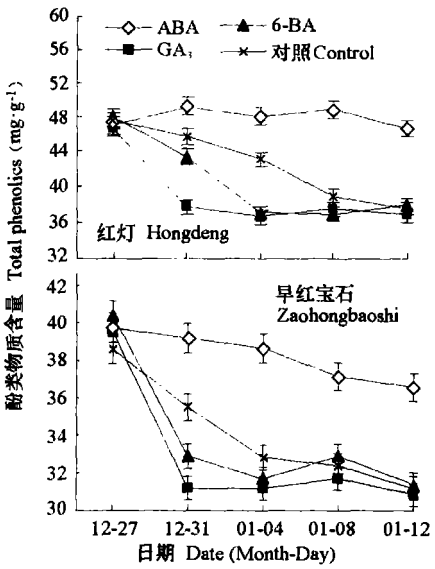


图 3 自然休眠后期 (12 - 27) 喷布植物生长调节剂对酚类物质含量的影响

Fig. 3 The effect of plant growth regulators on phenolics content in the last stage of dormancy (12 - 27)

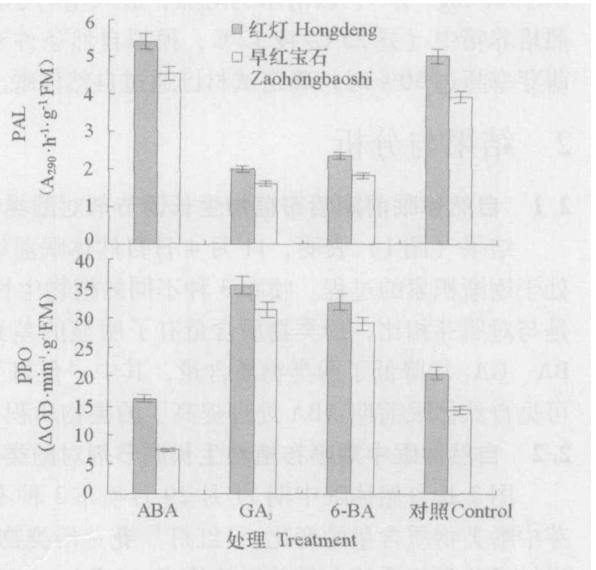


图 4 自然休眠期间植物生长调节剂对苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 和多酚氧化酶 (PPO) 活性的影响

Fig. 4 The effect of plant growth regulators on PAL and PPO activities during dormancy

2.4 自然休眠期间植物生长调节剂对 PAL 和 PPO 活性的影响

从图 4可以看出，‘红灯’花芽中 PAL 活性较‘早红宝石’强，3种植物生长调节剂对两品种影响效果相似：GA_3、6-BA 显著降低了两品种花芽中 PAL 酶活性，其中 GA_3 的降得更低；与之相反 ABA 增强了两品种花芽中 PAL 酶活性。3个处理与对照之间差异达 1%极显著水平。

如图 4所示，‘红灯’花芽中 PPO 活性高于‘早红宝石’。ABA 显著降低了两品种花芽中 PPO 酶活性，与之相反，GA_3、6-BA 增强了两品种中 PPO 酶活性，经方差分析，3个处理与对照之间的差异

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

均达 1%极显著水平。

2.5　自然休眠期间植物生长调节剂对萌芽率的影响

从表 1可看出，自然休眠前期 11月 4日，3种植物生长调节剂中只有 ABA降低了萌芽率，与对照有显著性差异，其余两种与对照无明显差异，3种植物生长调节剂都不能打破‘红灯’花芽的休眠；自然休眠中期 11月 29日，GA_3、6-BA处理都能使‘红灯’花芽打破休眠，此时采集的枝条萌芽率分别为 56.34%和 52.21%，与对照差异达 1%极显著水平，ABA虽然也与对照有极显著差异，但是 ABA降低了萌芽率；自然休眠后期 12月 29日，自然条件下的红灯花芽已经打破休眠，萌芽率为 64.21%，3种植物生长调节剂处理的‘红灯’花芽萌芽率均在 50%以上。植物生长调节剂对‘早红宝石’花芽萌芽率的影响效果与‘红灯’相似。所以对这两个品种，在休眠早期和后期使用植物生长调节剂的生产实际意义不大，休眠中期使用 GA_3、6-BA这两种植物生长调节剂效果最显著。

表 1　自然休眠期间植物生长调节剂对‘红灯’和‘早红宝石’花芽萌芽率的影响

Table 1　The effect of plant growth regulators on the germination rate of ‘Hongdeng’ and ‘Zaohongbaoshi’ during the dormancy period　(%)

处理时期 Period(M-D)	处理 Treatment	红灯 Hongdeng	早红宝石 Zaohongbaoshi
11-04	ABA	10.62bB	11.02bB
	GA_3	18.69aA	15.32aAB
	6-BA	18.26aA	16.57aA
	对照 Control	18.57aA	16.89aA
11-29	ABA	9.32dD	9.23cC
	GA_3	56.34aA	58.97aA
	6-BA	52.21bB	54.32bB
	对照 Control	10.65cC	9.78cC
12-27	ABA	64.28cC	75.36bB
	GA_3	96.32aA	95.67aA
	6-BA	86.32bB	92.36aA
	对照 Control	64.21cC	75.95bB

3　讨论

多数研究者认为内源激素参与了落叶果树休眠的诱导、维持和终止，其中 ABA是休眠的抑制物质，GA_3可以抵消 ABA的抑制作用[7,8]，这为生产上利用生长调节剂调控休眠进程奠定了理论基础。自然休眠的不同时期，不同的生长调节剂对芽内酚类物质含量以及萌芽率的影响效果不同。自然休眠前期 ABA处理加速了芽内酚类物质的积累，后期抑制了酚类物质的降低。对萌芽率而言，ABA处理在休眠前期和中期显著抑制了芽的萌发。GA_3、6-BA生长调节剂处理在整个休眠期中，使芽内酚类物质含量迅速升至最高值，之后快速下降至最小值，特别是在中期促使芽内酚类物质含量快速降低，导致自然休眠提前结束，使萌芽率超过 50%。说明 ABA通过增加酚类物质含量及延长酚类物质高含量的持续时间对休眠解除产生抑制作用，相反 GA_3、6-BA促进了休眠的进程。由此可推断酚类物质也是自然休眠解除的一种抑制物质。

一切酚类物质的合成都是在水溶性酚类物质的基础上进行的。苯丙氨酸的脱氨基是水溶性酚类物质合成的第一步，苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 是催化这一过程的关键酶[9]。多酚氧化酶是酚类物质氧化过程中的一个关键酶。本试验中，ABA增强了 PAL活性，降低了 PPO活性，进而可以间接地促进酚类物质的合成，减缓酚类物质的氧化作用，GA_3、6-BA的影响效果与其相反。这一结果与生长调节剂对酚类物质含量的影响效果相吻合。

综上所述，植物生长调节剂对自然休眠的调控作用可能是通过改变酚类物质的含量来改变芽休眠的进程。但是落叶果树芽的休眠是易受各种内外因素影响的一个复杂过程，这些因素的相互作用决定了休眠解除的时间[7,10,11]。

参考文献：

1　朱永亮，吴贯明. 杨树芽休眠及其破除过程中内源激素的动态分析. 南京林业大学学报，1990，14 (1)：7～15
Zhu Y L，Wu G M. Analysis for endogenous hormones in poplar bud during dormancy and its release. Journal of Nanjing Forestry University，1990，14 (1)：7～15 (in Chinese)

2　段成国，李宪利，高东升，刘焕芳，李　萌. 内源 ABA和 GA_3对欧洲甜樱桃花芽自然休眠的调控. 园艺学报，2004，31 (2)：149～154

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Duan C G, Li X L, Gao D S, Liu H F, Li M. Studies on regulations of endogenous ABA and GA_3 in sweet cherry flower buds on dormancy. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31 (2): 149～154 (in Chinese)

3 杨晓玲, 张陪玉, 郭明军, 项殿芳, 齐永顺. 山楂种子酚类物质含量与休眠的关系. 园艺学报, 1997, 24 (4): 393～394
Yang X L, Zhang P Y, Guo M J, Xiang D F, Qi Y S. The relationship between the content of phenolic substances and dormancy of hawthorn seeds. Acta Horticulturae Sinica, 1997, 24 (4): 393～394 (in Chinese)

4 肖 纯, 张凯农. Folin试剂测定茶中酚类化合物. 茶叶通讯, 1995, 3: 29～31
Xiao C, Zhang K N. Measuring phenolics in tea with Folin. Chinese Bulletin of Tea, 1995, 3: 29～31 (in Chinese)

5 罗晓芳, 田砚亭, 姚洪军. 组织培养过程中 PPO活性和总酚含量的研究. 北京林业大学学报, 1999, 21 (1): 92～95
Luo X F, Tian Y T, Yao H J. Polyphenol oxidase activities and phenol contents in tissue culture. Journal of Beijing Forestry University, 1999, 21 (1): 92～95 (in Chinese)

6 李合生, 孙 群, 赵世杰, 章文华. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000. 213～214
Li H S, Sun Q, Zhao S J, Zhang W H. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment. Beijing: Higher Education Press, 2000. 213～214 (in Chinese)

7 高东升. 设施果树自然休眠生物学研究: [博士论文]. 泰安: 山东农业大学, 2001. 8, 9, 12～14
Gao D S. Studies on endodormancy biology of deciduous fruit tree in protected cultivation: [Ph. D. Dissertation]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2001. 8, 9, 12～14 (in Chinese)

8 Faust M, Erez A, Rowland L J, Wang S Y, Norman H A. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1997, 32 (4): 623～629

9 Harborne J B. Plant phenolics. In: Bell E A, Charlwood B V ed. Secondary plant products, 1980. 329～405

10 Baldwin B D, Bandara M S, Tanino K K. Role of bud scles and phytohormones in the maintenance and release of endo-dormancy in field-grown Saskatoon berry floral buds. Acta Horticulture, 2000, 520: 209～218

11 Piola F, Label P, Vergne P, Von Aderkas P, Rohr R. Effects of endogenous ABA levels and temperature on cedar (*Cedrus libani* Loudon) bud dormancy in vitro. Plant Cell Reports, 1998, 18: 279～283

新书推荐 **《中国果树病虫原色图谱》(第二版)** 吕佩珂主编

《中国果树病虫原色图谱》(第二版)含彩版 144页, 彩色生态照片 1152幅, 文字 120万, 包括落叶果树病害 305种, 害虫 338种; 常绿及热带亚热带果树病害 195种, 害虫 160种, 全书介绍果树病虫害近千种, 较原图谱图片和病虫数量增加了 50%, 成为中国果树病虫识别与防治大全。该书图文并茂、内容新颖、信息量大, 既突出了无公害和生物防治, 也介绍了综合防治方法, 以适应入关后南北方生产无公害果品防治病虫的需要。可供全国果树站、植保站、果林科技人员、广大果农、农资系统、农林院校师生参考。定价: 101元 (含邮资)。

《中国蔬菜病虫原色图谱》(第三版 ·无公害)

《中国蔬菜病虫原色图谱》第三版包括南北方瓜类、茄果类、豆类、葱蒜类、绿叶蔬菜类、多年生及水生蔬菜等病虫害 521种, 其中蔬菜病害 389种, 虫害 134种, 彩图 680幅、文字 55万, 该书图文并茂, 内容新颖。第三版防治方法定位在无公害蔬菜生产上, 除充实大量生物防治法外, 还介绍了综合防治技术和方法, 药剂防治中删去了蔬菜上不得使用和限制使用的农药, 重点选择使用全国农业技术推广服务中心推荐的无公害农药及高效、低毒、低残留的新品种, 以适应加入世贸组织后, 全国实施新阶段"菜篮子"工程生产无公害蔬菜的防治病虫害的需要。可供蔬菜站、植保站、农技站、农资系统、庄稼医院、农业院校师生、有关农业企业和科技人员参考。定价: 69元 (含邮资)。

购书者请汇款至北京中关村南大街 12号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net