

甜樱桃果实发育过程中激素含量的变化

刘丙花, 姜远茂*, 彭福田, 隋静, 赵凤霞, 王海云

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要: 以 9 年生‘红灯’甜樱桃为试材, 对不同发育时期果实果肉内源激素变化动态进行了测定分析。结果表明: 果肉中 ZR₅ 含量在果实第 I 速长期开始时最高, 之后除在果实第 II 速长期开始时有小幅增加外, 均呈逐渐下降趋势; IAA 和 GA₅ 的变化动态相似, 在果实第 I 速长期含量较高, 随果实发育逐渐减少, 均在硬核期结束时 (盛花后 25 d) 降到最低值, 进入第 II 速长期后又迅速增加并达到最大值, 与果实生长动态吻合; ABA 含量分别在盛花后 5、15、35 d 出现高峰, 与落果 (花) 时期基本一致。

关键词: 甜樱桃; 果实生长发育; 内源激素

中图分类号: S 662.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 06-1535-04

The Dynamic Changes of Endogenous Hormones in Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Pulp

LIU Bing-hua, JIANG Yuan-mao*, PENG Fu-tian, SUI Jing, ZHAO Feng-xia, and WANG Hai-yun

(State Key Laboratory of Crop Biology, College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: The present experiment, with the sweet cherry (*Prunus avium* L.) ‘Hongdeng’ as its cultivar, investigated the dynamic changes of the fruit growth and development as well as the endogenous hormones of the pulp. The content of ZR₅ in the pulp had the highest values at the beginning of the first fast-developing period (5 th day after full bloom), and then had a tendency of decrease with the fruit, grew and developed until maturity. The contents of IAA and GA₅ in the pulp of young fruit were high in the first fast-developing period (5 th - 15 th day after full bloom), then decreased with its development until the end of the core-harden period (25 th day after full bloom), and they all had a tendency of increase in the second fast-developing period (25 th - 40 th day after full bloom) until maturity, corresponding with the fruit growth. The content of ABA had the peak values in the 5 th, 15 th, 35 th day after full bloom, similar to the fruit (flower) dropping periods.

Key words: Sweet cherry; Fruit growth and development; Endogenous hormones

甜樱桃 (*Prunus avium* L.) 坐果率低一直是其产量提高和效益增加的主要限制因素, 减少非正常落果, 提高坐果率是迫切需要解决的问题。姜远茂和顾曼如 (1995)、许晖等 (1996) 就植物生长调节剂对甜樱桃坐果率及果实品质的影响进行了研究, 但关于果实发育过程中内源激素变化动态及其与果实生长的关系未见报道。作者以目前生产中的主栽品种‘红灯’甜樱桃为试材, 对其果实发育过程及果肉内源激素含量进行了测定、分析, 旨在为进一步研究内源激素在甜樱桃果实发育进程中的作用, 利用植物生长调节剂提高坐果率、调节果实生长发育提供依据。

收稿日期: 2007-05-28; 修回日期: 2007-09-30

基金项目: 山东省农业科技成果转化基金项目 (2005-93-07)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: ymjiang@sdau.edu.cn; Tel: 0538-8249778)

1 材料与方法

试验于2006年3~6月在山东农业大学生理实验室及中国农业大学农学院激素测试中心进行。以泰安市苑庄果园9年生‘红灯’甜樱桃为试材,选6株树,每2株为一个重复,从盛花期起每5 d采1次样,每次每株取20个果,重复3次。9:30~10:00采样,用冰盒带回实验室,立即用液氮速冻并置于-20℃冰箱内储存,备用于激素测定。同时测量果实纵、横径和单果质量。

样品内源激素的提取:切取甜樱桃果肉0.5 g,液氮速冻后研磨,加4 mL样品提取液(80%冷甲醇),转入10 mL试管。4℃下提取4 h,1 000 g离心15 min,取上清液。沉淀中加1 mL提取液,搅匀,置4℃下再提取1 h后离心,合并上清液并记录体积,残渣弃去。

内源激素的测定参照李宗霆和周燮(1996)的酶联免疫分析方法(ELISA)。用半制备高效液相色谱纯化。色谱柱:220 mm×4.6 mm,5 μm RP-18SPHERI-5型C-18柱;流动相:色谱甲醇与重蒸水体积比为45:55,含0.075%醋酸;流速:8 mL·min⁻¹;ABA、GA₃和ZR₅用紫外检测器在252 nm和264 nm下检测,IAA用荧光检测器在λ_{ex}=280 nm和λ_{em}=360 nm下检测。

2 结果与分析

2.1 甜樱桃果实发育过程中ZR₅含量的变化

甜樱桃果实,在第I速长期开始时(盛花后5 d)ZR₅含量最高,到硬核期结束时降至较低水平,进入第II速长期(盛花后25~30 d)时有小幅增加(图1)。幼果中高ZR₅含量有利于果肉细胞的分裂和伸长(Gaspar et al., 1996),盛花后30 d果肉中ZR₅有小幅增加,可能与发育完全的种子有关,这有利于果肉细胞的膨大(吴邦良等,1995)。

2.2 甜樱桃果实发育过程中GA₃含量的变化

甜樱桃果肉内GA₃含量在果实发育的第I速长期(盛花后5~15 d)和硬核期(盛花后15~25 d)呈下降趋势,果实进入第II速长期后又迅速增加,在盛花后35 d时达到最大,是盛花后5 d时的1.31倍,之后维持在较高水平波动(图1)。GA₃有促进细胞体积膨大的作用,果实发育的第I、II速长期高水平的GA₃有利于果肉细胞体积的增大,促进了果实的迅速生长。

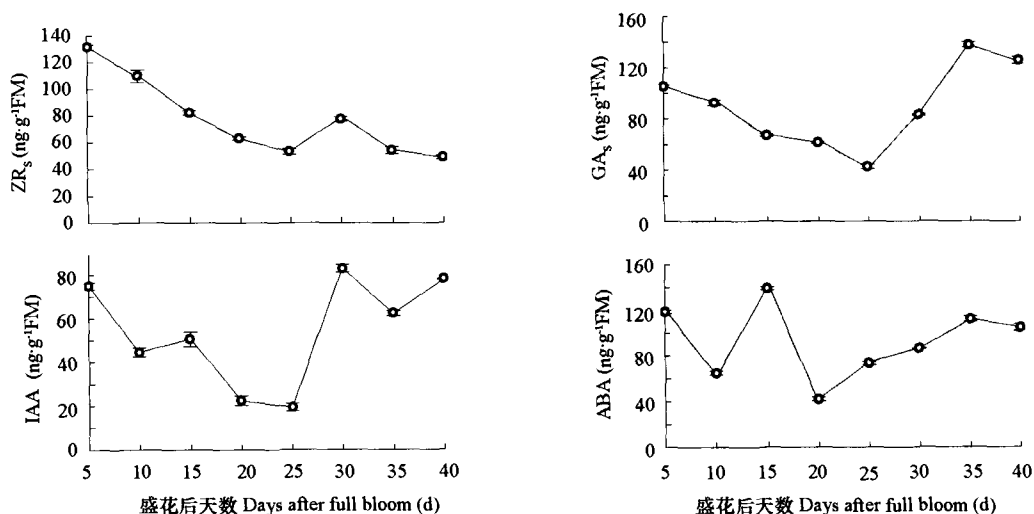


图1 甜樱桃果实发育进程中果肉内ZR₅、GA₃、IAA和ABA含量的变化

Fig. 1 Changes of ZR₅, GA₃, IAA and ABA content of pulp in sweet cherry during the growth and development

2.3 甜樱桃果实发育进程中 IAA 含量的变化

甜樱桃果实发育过程中, 果肉内 IAA 含量变化动态与 GA_5 相似 (图 1)。在第 I、II 速长期, GA_5 和 IAA 含量均较高, 并且在第 II 速长期达到最高值, 与之对应果实纵横径在第 I 速长期增长迅速, 果实质量在第 II 速长期增加迅速, 表明高水平的内源 GA_5 和 IAA 有利于果实快速生长。果实发育初期较高的 IAA 含量可能与授粉受精及子房发育有关, 后期高的 IAA 含量可能与发育成熟的种子有关 (余叔文和汤章城, 2003; 张绍铃 等, 2003; Ulger et al., 2004)。

2.4 甜樱桃果实发育过程中 ABA 含量的变化

甜樱桃果实发育过程中 ABA 含量有 3 个高峰, 分别出现在盛花后 5、15 和 35 d 时 (图 1)。甜樱桃果肉中 ABA 含量出现的高峰时期与其落花落果的高峰时期基本一致, 表明果实中 ABA 含量的升高是甜樱桃落花落果的原因。这与在刺梨 (樊卫国 等, 2004)、荔枝 (周碧燕 等, 1998)、苹果 (李秀菊 等, 2000) 等果树上的研究结果一致。

3 讨论

3.1 ‘红灯’甜樱桃果实生长与内源激素的关系

大量研究表明细胞分裂的速度和时间与细胞分裂素水平成正相关; 果肉细胞体积大小与细胞膨压和赤霉素水平密切相关, 赤霉素和生长素在促进细胞生长和体积增大方面有重要作用。

甜樱桃果实发育的第 I 速长期 (盛花后 15 d 内), 果肉中 ZR_5 含量最高, 能促进果肉细胞迅速分裂; 果实分生组织属于先端分生组织, 在最初分裂时表现为果实的纵轴伸长速度快 (束怀瑞 等, 1993), 果实的纵径大于横径。该期幼果 (花) 中 ZR_5 不仅能促进细胞分裂, 而且还有与 GA_5 协调调运同化物质至果实的作用 (Gaspar et al., 1996; Lewis et al., 1996; 吕英民 等, 1999; 方金豹 等, 2002; Ulger et al., 2004; Jiménez et al., 2005)。硬核期 (盛花后 15 ~ 25 d) 甜樱桃果肉内 ZR_5 、IAA、 GA_5 含量均降至较低水平, 且 IAA、 GA_5 含量分别达到最低值, 这主要是由于该期果实发育主要集中在种子和果核 (内果皮木质化, 胚、胚乳迅速生长), 果实生长较缓慢的原因 (Gaspar et al., 1996; Ulger et al., 2004)。盛花后 25 d 果实进入第 II 速长期, 果肉内 GA_5 和 IAA 含量均迅速增加并达到最高值, 有利于促进果肉细胞体积膨大和调运同化产物到果实, 表现为果实体积迅速增大且果实的横径生长大于纵径。本试验中发现该期果肉中 ZR_5 含量有小幅增加, 在其它核果类果树上的研究表明该期果肉中的 ZR_5 是由种子合成并扩散到果肉的 (吴邦良 等, 1995; Gaspar et al., 1996; Lewis et al., 1996), 需进一步研究。

研究证实 GA 有促进 IAA 生物合成的作用 (Gaspar et al., 1996; 余叔文和汤章城, 2003; 樊卫国 等, 2004)。本试验中甜樱桃果肉 IAA 含量与 GA_5 含量变化趋势相似, 在果实发育的第 I 速长期和硬核期, IAA 含量随 GA_5 含量的降低而降低, 且均在硬核期结束时 (盛花后 25 d) 降至最低值, 进入第 II 速长期后 IAA 含量又随 GA_5 含量的增加而增加, 这与甜樱桃生长变化动态一致, 该特点与刺梨 (樊卫国 等, 2004) 上的研究结果一致, 表明果实的生长发育需要 IAA 和 GA_5 的共同参与。

3.2 ‘红灯’甜樱桃落果与内源激素的关系

ABA 可促进离层的形成, 促进器官脱落, 但 ABA 的作用受 CTK、 GA_5 、IAA 的制约。Luckwill (1980) 认为落果与果实中 $ABA / (CTK + GA_5 + IAA)$ 比值有密切关系。本试验中 ‘红灯’甜樱桃果肉内 ABA 含量及 $ABA / (CTK + GA_5 + IAA)$ 比值分别在盛花后 5、15 和 35 d 时出现高峰, 且都在 15 d 时达到最大值, 这与甜樱桃的 3 次落果 (花) 时期 (边卫东 等, 2001) 吻合, 表明高的 ABA 含量能够促进落果 (花)。

References

- Bian Wei-dong, He Wen-lin, Li Zhi-min. 2001. The regularity of flower and fruit dropping in green-house. *Hebei Fruit*, (2): 17 - 18. (in Chinese)
- 边卫东, 何文林, 李志民. 2001. 温室大樱桃落花落果规律研究. *河北果树*, (2): 17 - 18.
- Fan Wei-guo, An Hua-ming, Liu Guo-qin, He Song-tao, Liu Jin-ping. 2004. Changes of endogenous hormones contents in fruit, seeds and their effects on the fruit development of *Rosa roxburghii*. *Scientia Agricultura Science*, 37 (5): 728 - 733. (in Chinese)
- 樊卫国, 安华明, 刘国琴, 何嵩涛, 刘进平. 2004. 刺梨果实与种子内源激素含量变化及其与果实发育的关系. *中国农业科学*, 37 (5): 728 - 733.
- Fang Jin-bao, Tian Li-li, Chen Jin-yong, Zhang Wei-yuan, Li Shao-hua. 2002. Influence of sink or source change on fruit characteristics in kiwifruit. *Acta Horticulturae Sinica*, 29 (2): 113 - 118. (in Chinese)
- 方金豹, 田莉莉, 陈锦水, 张威远, 李绍华. 2002. 猕猴桃源库关系的变化对果实特性的影响. *园艺学报*, 29 (2): 113 - 118.
- Gaspar T, Kevers C, Penel C, Greppin H, Reid D M, Thorpe T A. 1996. Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*, 32: 272 - 289.
- Jiang Yuan-mao, Gu Man-ru. 1995. The effects of KT-30 and GA₄₊₇ on the 'Dazi' fruits. *Deciduous Fruits*, (1): 7 - 8. (in Chinese)
- 姜远茂, 顾曼如. 1995. KT-30 和 GA₄₊₇ 对 '大紫' 果实的影响. *落叶果树*, (1): 7 - 8.
- Jiménez V M, Guevara E, Herrera J, Bangerth F. 2005. Evolution of endogenous hormone concentration in embryogenic cultures of carrot during early expression of somatic embryogenesis. *Plant Cell Rep.*, 23 (8): 567 - 572.
- Lewis D H, Burge G K, Schmiere D M, Jameson P E. 1996. Cytokinins and fruit development in Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) I. changes during fruit development. *Physiologia. Plantarum*, 98: 179 - 186.
- Li Xiu-ju, Liu Yong-sheng. Shu Huai-rui. 2000. Studies of endogenous plant hormones during the growth and development of different ripening-type of apples. *Plant Physiology Communications*, 36 (1): 7 - 10. (in Chinese)
- 李秀菊, 刘永生, 束怀瑞. 2000. 不同成熟型苹果果实生长发育过程中几种内源植物激素含量变化的比较. *植物生理学通讯*, 36 (1): 7 - 10.
- Li Zong-ting, Zhou Xie. 1996. Plant hormones and their immunoassaya. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press; 280 - 298. (in Chinese)
- 李宗霆, 周 燮. 1996. 植物激素及其免疫检测技术. 南京: 江苏科学技术出版社: 280 - 298.
- Lü Ying-min, Zhang Da-peng, Yan Hai-yan. 1999. Sugar unloading mechanisms in the developing apple fruit. *Acta Horticulturae Sinica*, 26 (3): 141 - 146. (in Chinese)
- 吕英民, 张大鹏, 严海燕. 1999. 糖在苹果果实中卸载机制的研究. *园艺学报*, 26 (3): 141 - 146.
- Luckwill L C. 1980. Hormoner and productivity of fruit tree. *Scientific Horticulture*, 31: 60 - 68.
- Shu Huai-rui. 1993. Fruit trees cultivate physiology. Beijing: Agricultural Press; 171 - 188. (in Chinese)
- 束怀瑞. 1993. 果树栽培生理学. 北京: 中国农业出版社: 171 - 188.
- Ulger S, Sonmez S, Kargacier M, Ertoy N, Akdesir O, Aksu M. 2004. Determination of endogenous hormones sugar and mineral nutrition levels during the induction, initiation and differentiation stage and their effects on flower formation in olive. *Plant Growth Regul.*, 42 (1): 89 - 95.
- Wu Bang-liang, Xia Chun-sen, Zhao Zong-fang, Li Yu-san. 1995. Fruit trees flowering and setting physiology and regulation technology. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press; 107 - 110. (in Chinese)
- 吴邦良, 夏春森, 赵宗方, 李玉三. 1995. 果树开花结实生理和调控技术. 上海: 上海科学技术出版社: 107 - 110.
- Xu Hui, Hu Ming-duo, Liu Xiao-di. 1996. The effects of gibberellin on the fruit development and quality of 'Huangyu' sweet cherry. *Journal of Fruit Science*, 13 (1): 33 - 34. (in Chinese)
- 许 晖, 胡铭铎, 刘小第. 1996. 赤霉素对甜樱桃黄玉果实生长发育及品质的影响. *果树科学*, 13 (1): 33 - 34.
- Yu Shu-wen, Tang Zhang-cheng. 2003. Plant physiology and molecular biology. Beijing: Science Press; 853. (in Chinese)
- 余叔文, 汤章城. 2003. 植物生理与分子生物学. 北京: 科学出版社: 853.
- Zhang Shao-ling, Gao Fu-yong, Chen Di-xin, Gu Zhi-xin. 2003. The effects of plant growth regulating substances on pollen germination and tube growth in Fengshui pear (*Pyrus serotina*). *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 23 (4): 586 - 591. (in Chinese)
- 张绍铃, 高付永, 陈迪新, 顾志新. 2003. 植物生长调节物质对丰水梨花粉萌发和花粉管生长的影响. *西北植物学报*, 23 (4): 586 - 591.
- Zhou Bi-yan, Ji Zuo-liang, Ye Yong-chang, Zhao Xiao-dong, Ye Yao-xiong. 1998. Changes of endogenous hormones in litchi fruit during fruit development. *Acta Horticulturae Sinica*, 25 (3): 236 - 240. (in Chinese)
- 周碧燕, 季作梁, 叶永昌, 招晓东, 叶耀雄. 1998. 荔枝果实发育期间内源激素含量的变化. *园艺学报*, 25 (3): 236 - 240.