

# 喷施 $GA_3$ 和 2,4-D 对留树保鲜脐橙落果和内源激素含量的影响

王 雄, 陈金印\*, 刘善军

(江西农业大学果蔬保鲜与无损检测重点实验室, 南昌 330045)

**摘 要:** 以纽荷尔脐橙 (Newhall Navel Orange) 为试材, 测定喷施  $GA_3$  和 2,4-D 的植株留树保鲜果实的落果率和果实内源赤霉素 (GA)、生长素 (IAA)、玉米素核苷 (ZR)、脱落酸 (ABA) 含量的变化, 探讨内源激素与留树保鲜脐橙落果的关系。结果表明: 植物生长调节剂处理能降低果实内源 GA、IAA、ZR 含量下降的速度, 减缓内源 ABA 及 ABA/(GA + IAA + ZR) 的升高, 减少留树保鲜过程中的落果, 其中以  $20\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} GA_3 + 20\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  2,4-D 混合处理的效果最好, 且留树保鲜应以 60 d 左右为宜。初步分析认为内源 GA、IAA、ZR 含量的下降, 内源 ABA 及 ABA/(GA + IAA + ZR) 的升高加速了果实离层的产生, 共同促进了留树保鲜脐橙果实的衰老脱落。

**关键词:** 脐橙; 植物生长调节剂; 留树保鲜; 内源激素; 落果率

**中图分类号:** S 666

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2012) 03-0539-06

## Effect of Spraying $GA_3$ and 2,4-D on Fruit Drop and Endogenous Hormone Content of Navel Orange

WANG Xiong, CHEN Jin-yin\*, and LIU Shan-jun

(Key Laboratory of Fresh Fruits and Nondestructive Tests, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** To observe the relationship between endogenous hormone and fruit drop of Newhall Navel Orange, the changes of gibberellin (GA), auxin (IAA), zeatin riboside (ZR) and abscisic acid (ABA) contents in navel oranges were assayed after spraying  $GA_3$  and 2,4-D during on-tree storage. The results showed that plant regulators could effectively reduce the fruits abscission through decreasing the GA, IAA and ZR contents and increasing ABA and the ratio of ABA to total contents of GA, IAA and ZR. And the most effective treatment was achieved when a mixture of  $20\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} GA_3$  and  $20\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  2,4-D was applied. The fruits were able to remain of good quality after 60 days, on-tree preservation. The results indicated that a combination of descending endogenous GA, IAA, ZR and decreasing ABA and ratio of ABA to total contents of GA, IAA and ZR accelerated the production of the apolexis, thus delayed the ripening and dropping of navel orange during on-tree storage.

**Key words:** navel orange; plant growth regulator; on-tree storage; endogenous hormone; fruit dropping

收稿日期: 2011 - 12 - 30; 修回日期: 2012 - 02 - 21

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目 (2007BAD61B07)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: jinyinchen@126.com)

植物的生长发育和果实的成熟衰老均受激素的调节 (Cooper, 1968; Gardner et al., 1985; 张维一, 1993; 尚玉磊 等, 2004)。多数研究者认为 IAA、GA、ZR 具有延迟衰老, 抑制成熟的作用 (吕忠恕, 1982; 黄卫东 等, 1994)。乙烯是人们所公认的果实后熟衰老激素, 尤其是乙烯在跃变型果实成熟过程中的作用已有很多研究。ABA 是另一种成熟衰老激素, 不论呼吸跃变型还是非跃变型果实, 在其成熟过程中 ABA 均起重要作用 (陈金印和陈明, 2003)。ABA 对非呼吸跃变型果实的成熟具有十分重要的调控作用 (Rudnický et al., 1968; Goldschmidt et al., 1973; 张微 等, 1989; Coombe & Hale, 1973; Coombe, 1992; 张大鹏 等, 1997)。葡萄在贮藏过程中, 乙烯对其衰老关系不大, 而 ABA 含量与果穗衰老和果粒脱落密切正相关 (张有林和陈锦屏, 2000, 2002)。ABA 可促进离层的形成, 促使器官脱落, 但 ABA 的作用受 CTK、GA、IAA 的制约 (刘丙花 等, 2007)。Luckwill (1980) 认为落果与果实中 ABA/(CTK + GA + IAA) 比值有密切关系。脐橙属于非呼吸跃变型果实。本试验中通过测定脐橙果实内源激素含量的变化, 探讨喷施植物生长调节剂对留树保鲜脐橙落果与内源激素含量的影响, 为生产上脐橙留树保鲜的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及设计

试验在江西省信丰县油山镇长安园艺场进行。设 4 个处理, 分别是  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  GA<sub>3</sub> (赤霉素)、 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  2,4-D (2,4-二氯苯氧基乙酸)、 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  GA<sub>3</sub> +  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  2,4-D 混合处理、清水处理对照。每处理重复 4 次。选择生长势一致, 无病虫害的 16 株纽荷尔脐橙树进行挂牌, 10 月上旬增施肥料, 每株施颗粒状有机肥 5 kg 和复合肥 1 kg, 于 2010 年 10 月 1 日、11 月 1 日和 12 月 1 日进行 3 次全树喷施植物生长调节剂, 以喷施清水作对照, 正常栽培管理。

于 2010 年 12 月 1 日起, 果实留树保鲜 100 d, 每 20 d 测定 1 次果实的内源激素含量, 统计果实内源 ABA/(GA + IAA + ZR) 的变化, 并统计累积落果率 (落果数/果实总数  $\times$  100)。果实采摘后立即用液氮保存后运回实验室。

### 1.2 内源激素的测定

称取 0.5 g 纽荷尔脐橙果肉, 加 2 mL 提取液 (80% 甲醇, 内含  $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  BHT), 在冰浴下研磨成匀浆, 转入 10 mL 试管, 再用 2 mL 提取液分次将研钵冲洗干净, 一并转入试管中, 摇匀后放置在 4 °C 冰箱中提取 4 h,  $1\,000 \times g$  离心 15 min, 取上清液。沉淀中加 1 mL 提取液, 搅匀, 置 4 °C 下再提取 1 h, 离心, 合并上清液并记录体积, 残渣弃去。上清液过 C-18 固相萃取柱。将过柱后的样品转入 5 mL 塑料离心管中, 用氮气吹干, 除去提取液中的甲醇, 再加入 1.5 mL 稀释液 (100 mL pH 7.5 的 PBS 加 0.1 mL Tween-20 和 0.1 g 明胶) 定容。

内源激素的测定参照李宗霆和周燮 (1996) 的酶联免疫分析法 (ELISA)。ELISA 试剂盒由中国农业大学农学与生物技术学院化控研究室提供。

## 2 结果与分析

### 2.1 脐橙留树保鲜过程中落果率的变化

在整个留树保鲜过程中, 各处理落果率均呈现逐渐上升的趋势, 前期上升缓慢, 留树保鲜 60 d 后上升明显加快。GA<sub>3</sub> + 2,4-D 混合处理的植株落果率最低, 效果最好, 2,4-D 处理次之, GA<sub>3</sub> 处理

较差, 留树 100 d 时落果率分别为 2.33%、9.36% 和 40.03%, 而清水对照高达 79.37% (图 1)。可见喷施植物生长调节剂能明显减少脐橙留树保鲜过程中的落果。

## 2.2 脐橙留树保鲜过程中果实内源 ABA 含量的变化

由图 2 可知,  $\text{GA}_3$  和 2,4-D 处理的植株的果实内源 ABA 含量在前 20 d 有个先下降的过程, 之后逐渐上升, 60 d 后上升明显加快, 而清水对照则呈现一直上升趋势, 后期上升速度快, 这与落果率的变化趋势相似。 $\text{GA}_3$  和 2,4-D 处理的植株的果实内源 ABA 含量均低于清水对照, 其中  $\text{GA}_3$  + 2,4-D 混合处理最低。

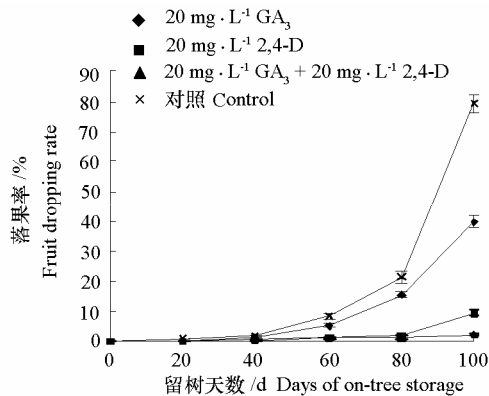


图 1 留树保鲜脐橙落果率的变化

Fig.1 Changes of fruit dropping rate during on-tree storage

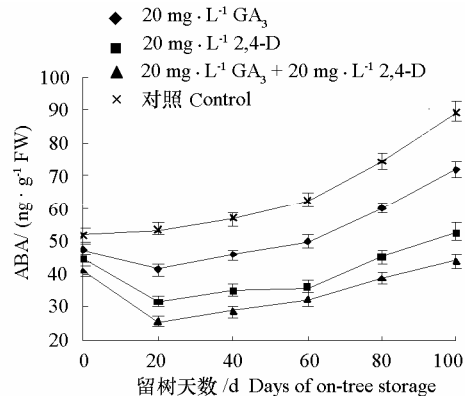


图 2 留树保鲜脐橙果实内源 ABA 含量的变化

Fig. 2 Changes of endogenous ABA content of the fruits during on-tree storage

## 2.3 脐橙留树保鲜过程中果实内源 GA 含量的变化

由图 3 可知, 在整个留树保鲜过程中,  $\text{GA}_3$  和 2,4-D 处理的植株的果实内源 GA 含量的变化均表现为前 20 d 迅速上升至高峰, 之后逐渐下降, 而清水对照一直下降。留树保鲜 20 d 后  $\text{GA}_3$  和 2,4-D 处理均高于对照, 其中  $\text{GA}_3$  + 2,4-D 混合处理最高。

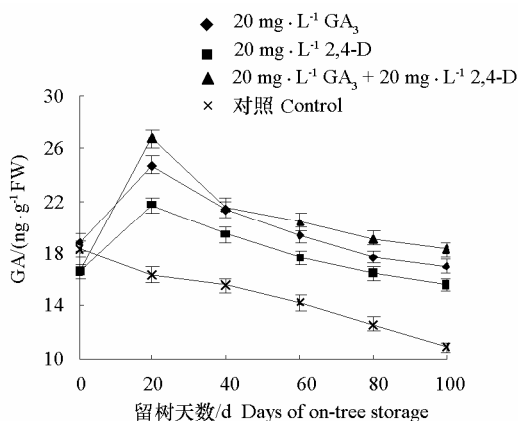


图 3 留树保鲜脐橙果实内源 GA 含量的变化

Fig. 3 Changes of endogenous GA content of the fruits during on-tree storage

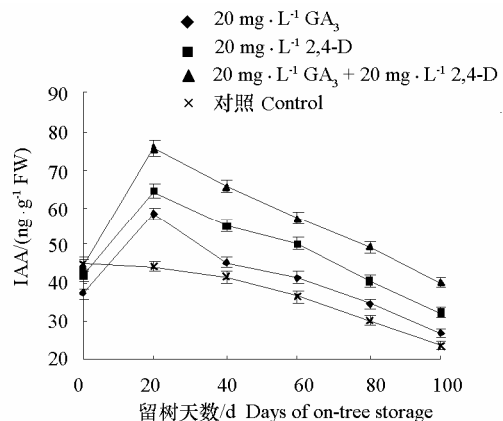


图 4 留树保鲜脐橙果实内源 IAA 含量的变化

Fig. 4 Changes of endogenous IAA content of the fruits during on-tree storage

## 2.4 脐橙留树保鲜过程中果实内源 IAA 含量的变化

内源 IAA 与 GA 含量的变化趋势相似 (图 4), 留树保鲜 20 d 后  $\text{GA}_3$  + 2,4-D 混合处理均最高, 2,4-D 处理次之,  $\text{GA}_3$  处理较低, 3 种处理均高于清水对照。

## 2.5 脐橙留树保鲜过程中果实内源 ZR 含量的变化

由图 5 可知, 在整个留树保鲜过程中, 各处理果实的内源 ZR 含量均呈现下降趋势。 $\text{GA}_3$  和 2,4-D 处理均高于清水对照, 其中  $\text{GA}_3$  + 2,4-D 混合处理含量最高。

## 2.6 脐橙留树保鲜过程中果实内源激素平衡与落果的关系

由图 6 可知, 在整个留树保鲜过程中, 各处理果实的内源 ABA/(GA + IAA + ZR) 呈现与内源 ABA 相似的变化规律: 在前 20 d 有个先下降的过程, 之后一直上升, 但均低于清水对照, 其中  $\text{GA}_3$  + 2,4-D 混合处理最低, 2,4-D 处理次之,  $\text{GA}_3$  处理较高。这与落果率的结果相吻合。

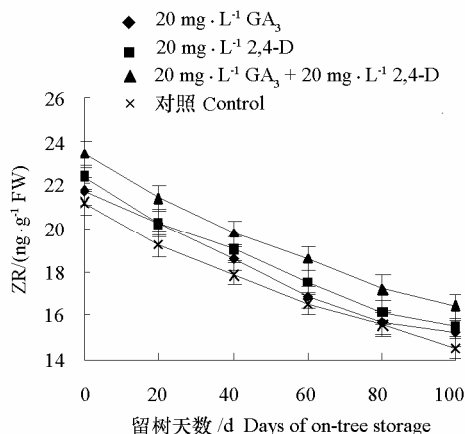


图 5 留树保鲜脐橙果实内源 ZR 含量的变化

Fig. 5 Changes of endogenous ZR content of the fruits During on-tree storage

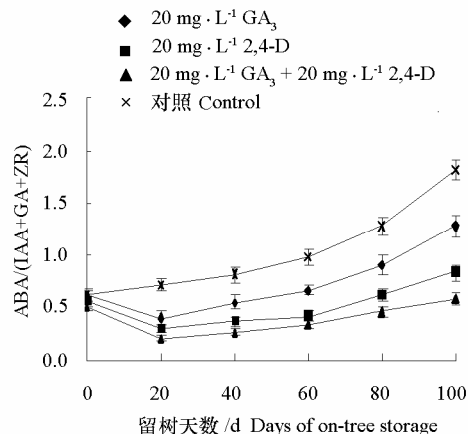


图 6 留树保鲜脐橙果实内源 ABA/(IAA+GA+ZR) 的变化

Fig. 6 Changes of endogenous ABA/(IAA+GA+ZR) of the fruits during on-tree storage

## 3 讨论

GA、IAA 和 CTK 是 3 类促进植物生长的激素, 均具有延缓果实成熟衰老的功能。本研究中发现, 在脐橙留树保鲜过程中, 果实的内源 GA、IAA、ZR 含量呈现逐渐下降趋势, 喷施  $\text{GA}_3$  和 2,4-D 促进了内源 GA、IAA、ZR 含量的积累, 延缓了其下降的速度。GA 抑制果实成熟衰老的作用之一是通过抑制 1-氨基环丙烷羧酸(ACC)的积累, 进而抑制乙烯的生物合成来实现的(黄森等, 2006)。IAA 可延缓果实的后熟进程, IAA 的失活是果实后熟开始的必要条件 (Frankel & Dyck, 1973)。同时有研究证实 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)。

脱落酸是与果实成熟衰老密切相关的植物激素, 果实成熟前脱落酸含量一直处于较低水平, 而果实成熟后脱落酸含量迅速升高标志着果实成熟期的到来 (Luckwill, 1980)。本研究中发现: 在脐橙留树保鲜刚开始时果实内源 ABA 含量处在一个较低的水平, 随后逐渐上升, 60 d 后上升的速度明显加快。这可能是由于留树保鲜前喷施的植物生长调节剂与果实内源 ABA 的拮抗作用, 抑制了其含量的积累; 而随着果实衰老的不可避免, 内源 ABA 含量逐渐增加。ABA 对果实后熟衰老进程

的调控方式可能是直接促进水解酶活性增加, 参与果实成熟的启动过程, 并通过刺激乙烯生成间接对果实软化衰老起促进作用(陈昆松 等, 1999)。Goldschmidt 等(1973)认为: 衰老组织 ABA 的积累可能是对衰老诱导刺激物的反应, 同时也可能是衰老进一步发展的启动器。

果实后熟衰老进程不仅仅取决于某一种激素的消长和其绝对浓度的变化, 内源激素间的相互平衡及相互间的协同作用更为重要(陈昆松 等, 1999)。本试验中发现: 在脐橙留树保鲜过程中, 果实内源 ABA/(GA + IAA + ZR) 在前期上升缓慢, 留树 60 d 后迅速上升。这可能是由于留树保鲜前喷施的植物生长调节剂抑制了果实内源 ABA 含量的积累, 却促进了 GA、IAA、ZR 含量的升高, 而随着留树保鲜的进行, 果实开始衰老, 内源 ABA 含量逐渐增加, 内源 GA、IAA、ZR 含量逐渐降低, 内源 ABA/(GA + IAA + ZR) 逐渐上升, 果实离层开始产生。这与落果率的变化趋势相一致, 留树保鲜前期, 落果率上升缓慢, GA<sub>3</sub> 和 2,4-D 处理在前 20 d 甚至都没出现落果, 而在 60 d 后落果率上升迅速。其中 20 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 20 mg · L<sup>-1</sup> 2,4-D 混合处理落果率最低, 100 d 时落果率仅为 2.33%, 而清水对照则高达 79.37%。研究还发现: 在纽荷尔脐橙留树保鲜 60 d 时, 果实的总糖、可溶性固形物、维生素 C 含量较高, 可滴定酸含量较低, 品质和风味较好, 且此时落果率较低, 是适宜的留树期限(王雄 等, 2011)。

综上所述, 喷施植物生长调节剂能延缓果实内源 GA、IAA、ZR 含量的下降和内源 ABA 含量及 ABA/(GA + IAA + ZR) 的升高, 从而减少纽荷尔脐橙留树保鲜过程中的落果, 其中以 20 mg · L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 20 mg · L<sup>-1</sup> 2,4-D 混合处理的效果最好, 且纽荷尔脐橙留树保鲜应以 60 d 左右为宜。

## References

- Chen Jin-yin, Chen Ming. 2003. Advances in research on the ripening and senescing of fruit in relation to plant hormones. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 25 (4): 537 - 543. (in Chinese)
- 陈金印, 陈 明. 2003. 果实后熟衰老与植物激素的关系研究进展. *江西农业大学学报*, 25 (4): 537 - 543.
- Chen Kun-song, Li Fang, Zhang Shang-long, Gavin S Ross. 1999. Role of abscisic acid and indole-3-acetic acid in kiwifruit ripening. *Acta Horticulturae Sinica*, 26 (2): 81 - 86. (in Chinese)
- 陈昆松, 李 方, 张上隆, Gavin S Ross. 1999. ABA 和 IAA 对猕猴桃果实成熟进程的调控. *园艺学报*, 26 (2): 81 - 86.
- Coombe B G, Hale C R. 1973. The hormone content of ripening grape berries and the effects of growth substance treatments. *Plant Physiol*, 51: 629 - 634.
- Coombe B G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *Am J Enol Vitic*, 43: 101 - 110.
- Cooper W C. 1968. Control of abscission in agricultural crops and its physiological basis. *Plant Physiology*, 43: 1560 - 1576.
- 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 Sinica*, 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.
- Frankel C, Dyck R. 1973. Auxin inhibition of ripening in bartlett pears. *Plant Physiol*, 51: 6 - 9.
- Gardner F P, Pearee R B, Mitchell R L. 1985. *Physiology of crop plants*. Ames: Iowa State University Press.
- 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 Cellular & Deveipmental Biol-Plant*, 32: 272 - 289.
- Goldschmidt E E, Goren R, Even-Chen Z. 1973. Increase in free and bound abscisic acid during natural and ethylene induced senescence of citrus fruit peel. *Plant Physiol*, 51 (5): 879 - 882.
- Huang Sen, Zhang Ji-shu, Zhang Yuan-min. 2006. Effect of GA<sub>3</sub> Treatment on ethylene biosynthesis in post-harvested persimmon fruits. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22 (2): 88 - 90. (in Chinese)
- 黄 森, 张继澍, 张院民. 2006. 赤霉素处理对采后柿果实乙烯生物合成的影响. *中国农学通报*, 22 (2): 88 - 90.
- Huang Wei-dong, Yuan Yong-bing, Peng Yi-ben. 1994. *Temperate-zone fruit tree fructification physiology*. Beijing: Beijing Agricultural University

- Press. (in Chinese)
- 黄卫东, 原永兵, 彭宜本. 1994. 温带果树结实生理. 北京: 北京农业大学出版社.
- Li Zong-ting, Zhou Xie. 1996. Plants hormones and detection technology. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. (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.
- Liu Bing-hua, Jiang Yuan-mao, Peng Fu-tian, Sui Jing, Zhao Feng-xia, Wang Hai-yun. 2007. The dynamic changes of endogenous hormones in sweet cherry (*Prunus savium* L.) pulp. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (6) : 1535 - 1538. (in Chinese)
- 刘丙花, 姜远茂, 彭福田, 隋 静, 赵凤霞, 王海云. 2007. 甜樱桃果实发育过程中激素含量的变化. *园艺学报*, 34 (6) : 1535 - 1538.
- Luckwill L.C. 1980. Hormones and productivity of fruit trees. *Scientific Horticulture*, 31: 60 - 68.
- Lü Zhong-shu. 1982. Fruit tree physiology. Shanghai: Shanghai Scientific and Technology Press. (in Chinese)
- 吕忠恕. 1982. 果树生理. 上海: 上海科学技术出版社.
- Rudnicki R, Machnik J, Pieniazek J. 1968. Accumulation of abscisic acid during ripening of pears (Clapp's Favourite) in various storage conditions. *Bull Pol Acad Sci CIV*, 16: 509 - 512.
- Shang Yu-lei, Li Chun-xi, Shao Yun, Jiang Li-na. 2004. Comparison of dynamics and functions of endogenous IAA, CTK content among main crops of Gramineae at early growing stage. *Acta Agriculturae Boreali-sinica*, 19 (4): 47 - 50. (in Chinese)
- 尚玉磊, 李春喜, 邵 云, 姜丽娜. 2004. 禾本科主要作物生育初期内源激素动态及其作用的比较. *华北农学报*, 19 (4): 47 - 50.
- Wang Xiong, Liu Shan-jun, Hong Xiao-ling, Chen Jin-yin. 2011. Studies on on-tree storage technology of Newhall Navel Orange. *Acta Agriculture Universitatis Jiangxiensis*, 33 (3) : 432 - 439. (in Chinese)
- 王 雄, 刘善军, 洪小玲, 陈金印. 2011. 纽荷尔脐橙留树保鲜技术研究. *江西农业大学学报*, 33 (3) : 432 - 439.
- Yu Shu-wen, Tang Zhang-cheng. 2003. Plant physiology and molecular biology. Beijing: Science Press. (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.
- Zhang Da-peng, Xu Xue-feng, Zhang Zi-lian, Jia Wen-suo. 1997. Studies on the veraison mechanisms: Physiological and biochemical responses of grape berries to exogenous hormone treatment and girdling during the lag phase of berry growth. *Acta Horticulturae Sinica*, 24 (1): 1 - 7. (in Chinese)
- 张大鹏, 许雪峰, 张子连, 贾文锁. 1997. 葡萄果实始熟机理的研究——缓慢生长期外施激素和环剥的效应. *园艺学报*, 24 (1): 1 - 7.
- Zhang Wei, Liu Cheng-yi, Liu Dong, Deng Xue-zhen, Zhang Hui. 1989. Studies on ripening pattern of seabuckthorn (*hippophae*) fruits. *Acta Horticulturae Sinica*, 16 (4): 241 - 247. (in Chinese)
- 张 微, 李成一, 刘 东, 邓学箴, 张 慧. 1989. 沙棘果实成熟模式研究. *园艺学报*, 16 (4): 241 - 247.
- Zhang Wei-yi. 1993. Garden stuff post harvest physiology. Beijing: Agriculture Press. (in Chinese)
- 张维一. 1993. 果蔬采后生理学. 北京: 农业出版社.
- Zhang You-lin, Chen Jin-ping. 2000. Studies on abscisic acid (ABA) change of grape during storage. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 20 (4): 604 - 609. (in Chinese)
- 张有林, 陈锦屏. 2000. 葡萄贮期脱落酸 (ABA) 变化的研究. *西北植物学报*, 20 (4): 604 - 609.
- Zhang You-lin, Chen Jin-ping. 2002. Studies on the change of ABA content and respiratory nonclimactic character after harvest in grape and fresh Jujube. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 22 (5): 1197 - 1202. (in Chinese)
- 张有林, 陈锦屏. 2002. 葡萄、鲜枣采后贮期脱落酸 (ABA) 变化与呼吸非跃变研究. *西北植物学报*, 22 (5): 1197 - 1202.