

GA₃ 诱导的单性结实‘宁海白’白沙枇杷糖代谢的研究

陈俊伟¹ 冯健君² 秦巧平¹ 刘晓坤¹ 吴江¹ 谢鸣¹

(¹浙江省农业科学院园艺研究所, 浙江杭州 310021; ²浙江省宁海县农林局, 浙江宁海 315600)

摘 要: 研究了花蕾期 GA₃ 0.5、1.0 g·L⁻¹ 处理诱导的单性结实‘宁海白’无核白沙枇杷的糖积累与代谢特性。结果表明: 两种浓度的 GA₃ 诱导的无核枇杷中, 其蔗糖、葡萄糖、果糖和总糖的含量均低于正常有核果, 并随处理浓度的增加而下降, 其中成熟时处理与对照之间各种糖的含量差异达到显著水平。不同浓度 GA₃ 处理后, 果实中蔗糖代谢酶 (SS、SPS、转化酶)、己糖代谢酶 (HXK、FRK) 和山梨醇脱氢酶 (SDH) 等的活力均低于正常有核果, 并随处理浓度的增加而下降。上述结果表明, GA₃ 诱导无核, 导致果实糖代谢酶活力的下降, 是无核枇杷果实含糖量下降的主要因子。

关键词: 枇杷; GA₃; 单性结实; 糖代谢; 糖积累

中图分类号: S 667.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 03-0471-06

Characteristics of Sugar Metabolism and Accumulation in GA₃ Induced Parthenocarpic White Flesh Loquat ‘Ninghai Bai’ Fruit

Chen Junwei¹, Feng Jianjun², Qin Qiaoping¹, Liu Xiaokun¹, Wu Jiang¹, and Xie Ming¹

(¹ Institute of Horticulture, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; ² Agricultural and Forestry Bureau of Ninghai County, Ninghai, Zhejiang 315600, China)

Abstract: The characteristics of sugar metabolism and accumulation in parthenocarpic white flesh loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl ‘Ninghai Bai’) fruit induced by 0.5 and 1.0 g·L⁻¹ GA₃ were studied. The contents of sucrose, glucose, fructose and total sugar in parthenocarpic seedless fruit induced by two concentrations of GA₃ were lower than those in the control loquat fruit, and the reduction in sugar content was increased with GA₃ concentration. The differences of various sugar content between treated and control fruit were significant ($P=0.05$) at full ripe stage. As a result of the application of different concentrations of GA₃, the activities of sucrose metabolizing enzymes (sucrose synthase, sucrose phosphate synthase and invertase), hexose metabolizing enzymes (hexokinase and fructokinase) and sorbitol dehydrogenase (SDH) in GA₃ induced seedless fruit were lower than in the control seeded fruit, and the activities also decreased with the increase of GA₃ concentration. These results indicate that GA₃ induced seedless loquat fruit resulted in lower activities of sugar metabolizing enzymes, which caused the lower sugar content in seedless loquat.

Key words: *Eriobotrya japonica* Lindl; GA₃; Parthenocarpic fruit; Sugar metabolism; Sugar accumulation

枇杷 (*Eriobotrya japonica* Lindl) 种子约占果实的 1/3 甚至更多, 可食部分相对较少。目前, 国内外应用植物生长调节剂赤霉素 (GA₃)、CPPU 诱导无核枇杷已有许多报道^[1~4], 但植物生长调节剂诱导的无核枇杷果型偏小、且含糖量降低。研究表明, 果实生长和含糖量高低与果实内糖的代谢状况密切相关^[5]。光合产物运输到果实的量和输送速率与韧皮部卸出区和装载区之间的蔗糖浓度 (在蔷薇科果树中主要为山梨醇) 梯度有关。果实代谢蔗糖 (山梨醇) 的能力是形成二者之间浓度梯度的主要推动力之一。因此, GA₃ 诱导的无核枇杷果实大小和含糖量下降可能与其糖代谢受到影响有关, 但迄今为止, 未见有关植物生长调节剂处理诱导单性结实无核枇杷果实变小与品质下降的相关机理的

收稿日期: 2005-08-22; 修回日期: 2005-11-01

研究报道。果实中参与蔗糖代谢的酶有蔗糖合酶 (SS)、蔗糖磷酸合酶 (SPS) 和转化酶, 参与己糖代谢的关键酶有己糖激酶 (HXK) 和果糖激酶 (FRK)^[5]。此外, 由于枇杷为蔷薇科果树, 山梨醇是其光合产物的主要运输形态, 在枇杷果实中还存在代谢山梨醇的山梨醇脱氢酶 (SDH)^[6]。因此, 研究植物生长调节剂诱导无核枇杷与有核对照果实之间糖代谢酶活力的差异将为阐明无核枇杷果型偏小、品质下降提供基础。‘宁海白’是近年来在浙江宁海选出的一个白沙枇杷新品种^[7], 因其品质特优, 在浙江发展迅速。采用 GA₃ 处理虽然获得了‘宁海白’的无核果实, 但也表现出果实品质下降、果型偏小。为了解 GA₃ 诱导无核枇杷品质下降的机理, 现以‘宁海白’枇杷为试材, 通过分析着色期和完熟期 GA₃ 诱导无核枇杷果实与对照果实之间的糖代谢和积累的差异状况, 以期从糖代谢方面探明 GA₃ 诱导的无核枇杷品质下降的影响机制, 为优质无核枇杷的生产提供基础。

1 材料与方法

1.1 枇杷无核处理

本试验在浙江省宁海县新山白枇杷山庄进行。选择生长势、花序数量基本一致的 4 年生大红袍砧‘宁海白’白沙枇杷进行枇杷无核处理, 处理时间为花蕾期 (2003 年 12 月 15 日), 选用上海溶剂厂产有效成分 80% 的 GA₃, 处理设 0、0.5、1.0 g·L⁻¹ 浓度的 GA₃, 以单株为 1 个重复, 重复处理 5 株, 用手持喷雾器将花穗喷至湿润滴水为止。每树处理 20 个花穗, 处理与对照均选具 50 个果穗的树。处理后于定果期统一进行疏果处理, 每 1 果穗留 4 个果, 每株树留 200~210 个果。在果实着色期 (2004 年 5 月 17 日) 和果实完全成熟时 (6 月 4 日) 分别采集大小、成熟度接近的处理与对照果实进行含糖量测定与酶活力分析。

1.2 糖提取与测定

果糖、葡萄糖与蔗糖的提取与 HPLC 测定参照陈俊伟等^[8]的方法进行, 略有改进。取 3 株树的果实, 每处理取 12 个果, 取同一株树大小、成熟度一致的 4 个果实为 1 次重复, 用液氮将果实研磨成粉末, 称 2~3 g 样品进行提取。重复 3 次。样品经提取、浓缩后, 用超纯水定容, 再用 Sep-Pak C₁₈ 柱进行固相萃取以除去色素、多酚与脂类, 然后用针头滤器进行除菌过滤, 最后取 20 μL 上样, 用高效液相色谱仪 (Waters1525, USA) 测定含糖量。测试条件: 分析柱采用 Waters 的 Sugar-PakTM 柱, 流动相为 Millipore 超纯水, 流速为 0.6 mL·min⁻¹, 柱温为 90℃, Waters 2414 示差检测器检测洗脱峰, Breeze 软件控制系统运行与处理色谱结果。

1.3 酶提取与测定

枇杷果实中糖代谢酶的提取参照 Souleyre 等^[9]的方法进行, 提取过程重复 3 次。用于蔗糖磷酸合酶 (SPS)、蔗糖合酶 (SS)、酸性转化酶 (AD)、中性转化酶 (ND) 的测定^[10]和果糖激酶 (FRK) 活力^[11]、己糖激酶 (HXK) 的活力^[12]的测定。山梨醇脱氢酶 (SDH) 的提取与活力测定参照 Yamaki 等^[13]的方法进行。

1.4 数据统计分析

采用 SAS 软件对试验数据进行统计分析, $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 GA₃ 诱导无核枇杷的糖积累特性

从图 1 可见, GA₃ 诱导的无核枇杷果实各种糖的含量均低于正常有核对照枇杷果实。转色期 0.5 g·L⁻¹ GA₃ 诱导的无核枇杷果实的蔗糖、葡萄糖、果糖含量分别比对照下降 44%、18%、13%, 但差异未达到显著水平; 1.0 g·L⁻¹ 诱导的无核果实含糖量下降更多, 其中蔗糖和葡萄糖的下降达到显著水平; 按总糖含量计, 1.0 g·L⁻¹ 诱导的达到显著水平。

与 5 月 17 日相比, 对照果实蔗糖含量 (6 月 4 日) 增加 300%, 而 0.5、1.0 g·L⁻¹ 处理的果实

蔗糖仅增加 74%、157%; 葡萄糖含量, 对照果实比 5 月 17 日增加 41%, 而 0.5 、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的果实分别增加 23%、39%; 果糖含量, 对照同比增长 29%, 而 0.5 、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的增长率仅分别为 10%、22%; 处理与对照之间的各种糖的差异均达到显著水平, 但处理之间没有达到显著水平。由此可见, 成熟时 GA_3 诱导的无核枇杷果实的含糖量显著低于对照, 其下降程度随 GA_3 诱导处理浓度的增加而有增强的趋势。

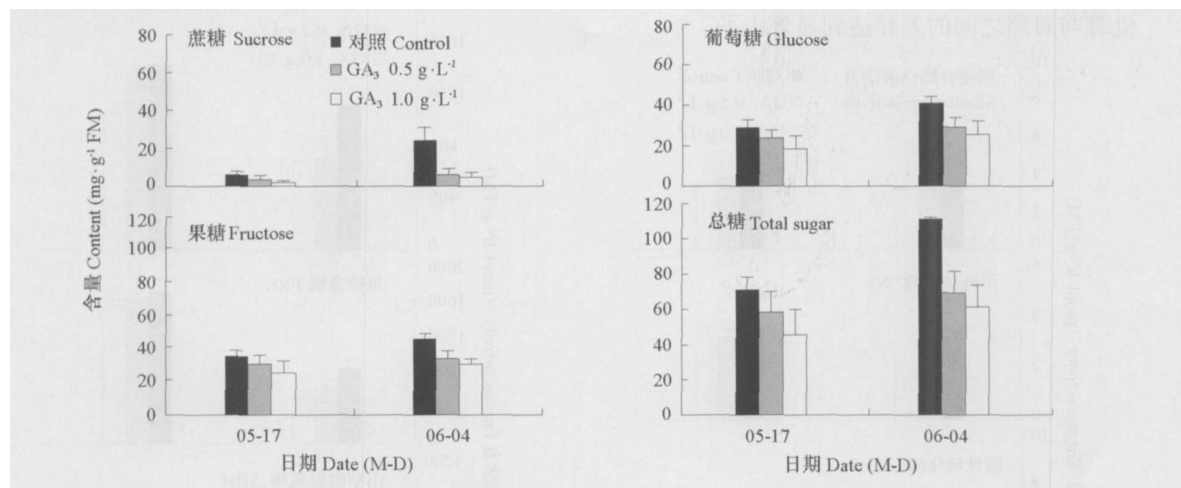


图 1 不同浓度 GA_3 诱导的 '宁海白' 无核枇杷糖的积累

Fig. 1 The characteristic of sugar accumulation on GA_3 induced seedless loquat fruit of 'Ninghai Bai'

2.2 GA_3 处理对枇杷糖代谢的影响

图 2 表明, 果实着色期 0.5 、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理果实的 SPS 活力分别比对照下降 30%、11%, 其中 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理与对照的差异达到显著水平; 果实成熟期 SPS 活力比对照下降更多, 分别为 36%、30%, 与对照的差异均达到显著水平。着色期的 SS 合成活力, 处理果实均低于对照, 但差异不显著; 随着果实成熟, 对照果实的 SS 合成活力与 SPS 类似也呈上升趋势, 但处理果实的 SS 合成基本不变, 处理果实与对照之间 SS 活力的差异达到显著水平。而不同浓度 GA_3 处理之间, SPS 与 SS 合成活力均没有差异。

转化酶和 SS (分解活力) 是果实中分解蔗糖的酶, 转化酶又分为酸性转化酶 (AI) 和中性转化酶 (NI)。图 3 表明, 在转色期对照 AI 活力与 $0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理果实接近, 但低于 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理; 而在果实成熟期, 0.5 、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理果实的 AI 活力比对照分别下降 22%、28%。在测定的二个时期 NI 活力变化不大, 但 GA_3 处理均降低了枇杷果实的 NI 活力。SS 分解活力的变化趋势与 NI 相仿, 处理果实的活力均略低于对照。虽然 GA 诱导处理的转化酶和 SS (分解活力) 比对照下降, 但它们之间没有达到显著水平。

己糖激酶 (HXK) 和果糖激酶 (FRK) 分别是葡萄糖和果糖进入糖酵解的第一步不可逆反应,

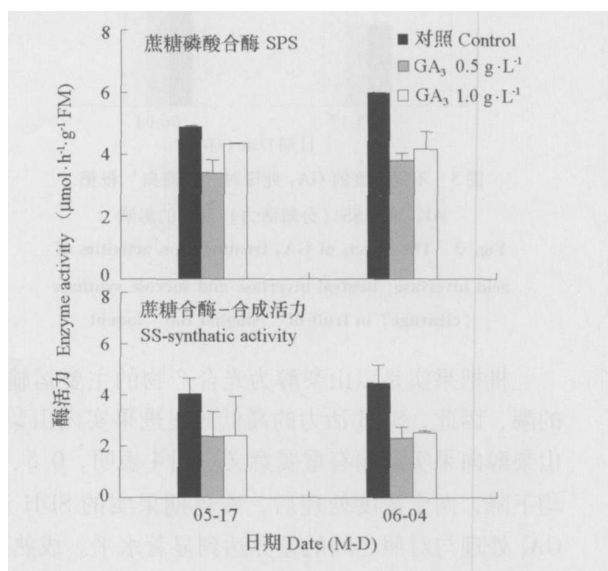


图 2 不同浓度的 GA_3 无核诱导处理对 '宁海白' 枇杷 SPS、SS (合成活力) 活力的影响

Fig. 2 The effects of GA_3 treatment on activities of sucrose phosphate synthase and sucrose synthase (synthetic) in fruit of 'Ninghai Bai' loquat

是葡萄糖和果糖代谢的关键酶。从图 4 可见, GA_3 处理着色期 0.5、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理果实的 HXK 活力分别比对照下降 37%、39%, 处理与对照之间的差异达到显著水平; 而成熟期分别比对照下降 3%、28%, 其中 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理与对照之间的差异达到显著水平。在处理与对照之间, FRK 的变化趋势与 HXK 基本相似, 则两个时期处理果的 FRK 活力均低于对照, 其抑制效应随处理浓度的增加而增强 (图 4), 但只有着色期 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理与对照之间的差异达到显著水平。

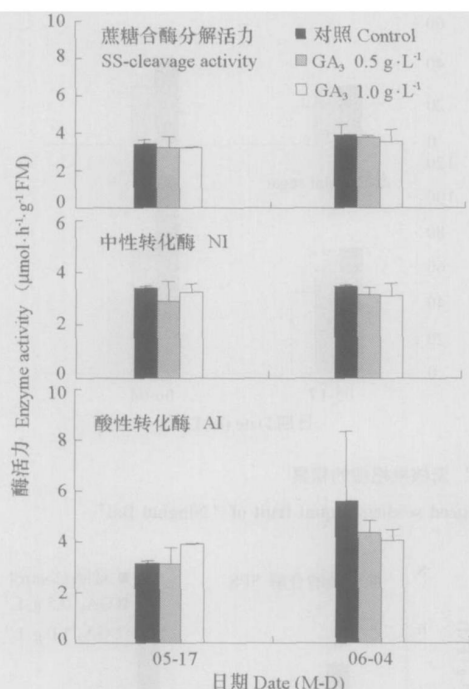


图 3 不同浓度的 GA_3 处理对‘宁海白’枇杷

AI、NI、SS (分解活力) 活力的影响

Fig. 3 The effects of GA_3 treatment on activities of acid invertase, neutral invertase and sucrose synthase (cleavage) in fruit of ‘Ninghai Bai’ loquat

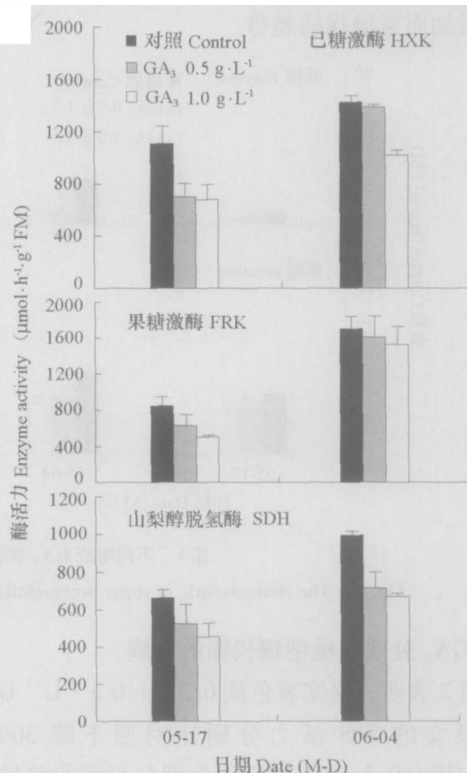


图 4 不同浓度的 GA_3 处理对‘宁海白’枇杷

HXK、FRK、SDH 活力的影响

Fig. 4 The effects of GA_3 treatment on activities of hexokinase (HXK), fructokinase (FRK) and sorbitol dehydrogenase (SDH) in fruit of ‘Ninghai Bai’ loquat

枇杷果实是以山梨醇为光合产物的主要运输态, 山梨醇脱氢酶 (SDH) 是将山梨醇转化为果糖的酶, 因此, SDH 活力的高低对促进果实内山梨醇的降解, 形成细胞内外的山梨醇梯度, 从而促进山梨醇向果实运输有重要意义。图 4 表明, 0.5、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 GA_3 无核诱导处理的果实 SDH 的活力均下降, 两个浓度处理后, 着色期果实的 SDH 活力分别较对照下降 21%、32%, 其中 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理与对照之间的差异达到显著水平。成熟期完熟果实的 SDH 活力分别比对照下降 28%、32%, 处理与对照之间的差异均达到显著水平。但 GA_3 处理之间差异不显著。从图 4 可见, 从着色期到果实成熟期, 处理与对照的 SDH 活力呈上升趋势。但 GA_3 处理延缓了 SDH 的上升速率。

3 讨论

本研究表明, 0.5、 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 处理均诱导了‘宁海白’白沙枇杷品种无核果实的形成, 但无核枇杷的果实变小 (仅为对照的 $3/1 \sim 1/2$, 数据未列出), 而且成熟时含糖量也显著低于正常有核果 (图 1)。 GA_3 处理还使糖成分发生改变, 在成熟时, 对照有核果实的蔗糖、葡萄糖和果糖占总糖百分比分别为 22%、36%、42%, 而 GA_3 处理后 3 种糖占总糖的 9%、42%、49%。这表明 GA_3 无

核诱导处理对蔗糖积累的降低更为明显, 这一结果与 GA₃ 处理对蔗糖合成的酶 SPS、SS (合成活性) 的抑制作用最大的结果相符 (图 2)。由于果实发育、糖积累与果实库强度有关, 光合产物从源叶输入库器官受库强度即受库器官吸引光合产物的能力控制^[14]。蔗糖代谢酶 SS、SPS、转化酶和山梨醇代谢酶 SDH 的高低是衡量植物库强弱的重要生化指标。转基因研究的结果表明, 糖代谢酶被反义抑制或超量表达改变酶活力后, 影响库组织的生长与糖积累。如反义抑制转化酶基因后, 胡萝卜直根的转化酶活力水平降低了 90%, 导致根中可溶性糖和淀粉含量的积累下降^[15]; 马铃薯中的 SS 基因被反义抑制后, 块茎中的 SS 活力水平下降, 影响块茎淀粉积累, 导致产量下降^[16]; 番茄中 SPS 超量表达后, 果实 SPS 活力上升了 2.5 倍, 促使了蔗糖输入果实的增加^[17]。另外, 反义抑制番茄上果糖激酶的两个基因 *Frk1* 和 *Frk2* 表达后, 花、果实、根、茎等的生长均受到抑制^[18]。上述研究表明糖代谢酶活力水平的高低与植物发育与品质密切相关。本研究显示, GA₃ 诱导的成熟无核枇杷果实中 SPS、SS、AI、NI、HXK、FRK、SDH 的活力均下降, 其中 SPS、SS - 合成、HXK 和 SDH 与对照之间的差异达到显著水平 (图 2~4)。这些结果表明, GA₃ 诱导的无核引起枇杷果实的蔗糖代谢、己糖代谢和山梨醇代谢活力下降, 从而降低无核果实代谢碳水化合物能力和无核枇杷果实吸引光合产物的能力, 最终影响无核枇杷果实的生长与糖积累, 导致果实变小、品质下降。但 GA₃ 对枇杷糖代谢的这种影响可能是间接作用的结果, 即: GA₃ 诱导无核致使果实缺少产生激素的种子, 引起果实激素水平下降, 从而影响果实发育和糖代谢, 最终使果实果型偏小、品质下降。在葡萄上, GA 无籽果能取代授粉受精促进坐果, 可诱导果型偏小的葡萄, 但继续进行 GA 处理能促进果型增大, 研究表明, GA 促进无籽葡萄品种的果型增大和品质提高是通过增加转化酶活力而实现的^[19]。在枇杷上, GA + CPPU 多次处理得到的无核果的果型也比单次处理显著增大^[2]。这表明 GA 诱导的无核果果型偏小可能与其激素下降直接有联系。在越橘中发现, 在果实发育进程中有籽对照与 GA₃ 诱导的单性结实果实之间蔗糖代谢酶活力没有差异, 因而最终二者之间果实含糖量也没有差异^[20]。这一结果反过来表明, GA₃ 诱导的无核果实品质是否下降与诱导后果实中糖的代谢状况有密切关系。因此, 在 GA₃ 诱导无核处理的同时, 通过配合其它措施提高果实中糖的代谢水平, 是确保无核果实正常生长发育、保持原有果实品质的前提。这也是枇杷无核生产中亟待克服的问题。

参考文献:

- 1 丁长奎, 章恢志. 植物激素对枇杷果实生长发育的影响. 园艺学报, 1988, 15 (3): 148~154
Ding C K, Zhang H Z. The effects of plant hormone on growth and development of loquat fruit. Acta Horticulturae Sinica, 1988, 15 (3): 148~154 (in Chinese)
- 2 张谷雄, 康丽雪, 高志红, 朱顺莲, 高凯碧. GA 和 CPPU 对枇杷无核果品质的影响. 果树科学, 1999, 16 (1): 55~59
Zhang G X, Kang L X, Kao Z H, Zhu S L, Gao K B. Effect of GA and CPPU on the quality of seedless loquat fruit. Journal of Fruit Science, 1999, 16 (1): 55~59 (in Chinese)
- 3 盛宝龙, 吴伟民. 无核枇杷生产技术研究. 中国南方果树, 1998, 27 (5): 3~6
Sheng B L, Wu W M. Studies on the production of seedless loquat. South China Fruits, 1998, 27 (5): 3~6 (in Chinese)
- 4 彭文云, 杨邦伦, 胡平正. 激素处理生产无核枇杷的试验. 西南园艺, 2003, 31: 3
Peng W Y, Yang M R, Hu P Z. The seedless loquat production by hormone treatment. Southern-Western Horticulture, 2003, 31: 3 (in Chinese)
- 5 陈俊伟, 张上隆, 张良诚. 果实糖运输、代谢、积累及其调控. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30 (1): 1~10
Chen J W, Zhang S L, Zhang L C. Sugar transport, metabolism, accumulation and their regulation in fruits. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2004, 30 (1): 1~10 (in Chinese)
- 6 Bantog N A, Shiratake K, Yamaki S. Changes in sugar and sorbitol- and sucrose-related enzyme activities during development of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl. cv. Mogi) fruit. J. Japan Soc Hort Sci, 1999, 68 (5): 942~948
- 7 冯健君, 王学德, 刘权, 张伟, 叶建国. 优质枇杷新品种 ‘宁海白’. 园艺学报, 2004, 31 (2): 279
Feng J J, Wang X D, Liu Q, Zhang W, Ye J G. A new special middle-ripening loquat variety — ‘Ninghai Bai’. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31 (2): 279 (in Chinese)

- 8 陈俊伟, 张上隆, 张良诚, 徐昌杰, 陈昆松. 温州蜜柑果实发育进程中光合产物运输、分配及糖积累特性. 植物生理学报, 2001, 27: 186 ~ 192
- Chen J W, Zhang S L, Zhang L C, Xu C J, Chen K S. Characteristics of photosynthate translocation and partitioning and sugar accumulation in developing satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. Acta Phytophysiologica Sinica, 2001, 27 (2): 186 ~ 192 (in Chinese)
- 9 Souleyre E J F, Iannetta P P M, Ross H A, Hancock R D, Shepherd L V T, Viola R, Taylor M A, Davies H V. Starch metabolism in developing strawberry (*Fragaria xananassa*) fruit. Physiol Plant, 2004, 121: 369 ~ 376
- 10 赵智中, 张上隆, 徐昌杰, 陈昆松, 刘栓桃. 蔗糖代谢相关酶在温州蜜柑果实糖积累中的作用. 园艺学报, 2001, 28: 112 ~ 118
- Zhao Z Z, Zhang S L, Xu C J, Chen K S, Liu S T. Roles of activities of sucrose metabolizing enzymes in accumulation of sugars in satsuma mandarin fruit. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28 (2): 112 ~ 118 (in Chinese)
- 11 Qin Q P, Zhang S L, Chen J W, Xie M, Jin Y F, Chen K S, Syed A. Isolation and expression analysis of fructokinase genes from citrus. Acta Botanica Sinica, 2004, 46 (12): 1408 ~ 1415
- 12 Davies H, Oparka K J. Hexose metabolism in developing tubers of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Maris Piper). J. Plant Physiol, 1985, 119: 311 ~ 316
- 13 Yamaki S, Ishikawa K. Roles of four sorbitol related enzymes and invertase in the seasonal alteration of sugar metabolism in apple tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1986, 111: 134 ~ 137
- 14 Ho L C. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1988, 39: 355 ~ 378
- 15 Tang G Q, Lüscher M, Stum A. Antisense repression of vacuolar and cell wall invertase in transgenic carrot alters early plant development and sucrose partitioning. Plant Cell, 1999, 11: 177 ~ 189
- 16 Zrenner R, Salanoubat M, Wilmitzer L, Sonnewald U. Evidence of the crucial role of sucrose synthase for sink strength using transgenic potato plants (*Solanum tuberosum* L.). Plant J., 1995, 7: 97 ~ 107
- 17 Nguyen-Quoc B, N Tchobo H, Foyer C, Foyer C H, Yelle S. Overexpression of sucrose phosphate synthase increases sucrose unloading in transformed tomato fruit. J. Exp. Bot., 1999, 50: 785 ~ 779
- 18 Odanaka S, Bennett A B, Kanayama Y. Distinct physiological roles of fructokinase isozymes revealed by gene-specific suppression of *Fk1* and *Fk2* expression in tomato. Plant Physiol., 2002, 129: 1119 ~ 1126
- 19 Perez F J, Gomez M. Possible role of soluble invertase in the gibberellic acid berry-sizing effect in Sultanina grape. Plant Growth Regul., 2000, 30: 111 ~ 116
- 20 Cano-Medrano R, Damell R L. Sucrose metabolism and fruit growth in parthenocarpic vs seeded blueberry (*Vaccinium ashei*) fruits. Physiol Plant, 1997, 99: 439 ~ 446

新书推荐**《园艺作物基因组学研究》 屈冬玉 主编**

《园艺作物基因组学研究》一书收集了中英文论文 38 篇, 涉及了旨在提高蔬菜作物营养品质、抗病性和产量的基因组学、功能基因组学和生物信息学等方面的研究, 突出体现了甘蓝显性雄性不育基因定位与基因表达、马铃薯晚疫病病毒力基因克隆、番茄抗白粉病基因表达、白菜类作物遗传作图与微量营养成分含量遗传分析等方面的研究进展。

本书是中国农业科学院与荷兰瓦赫宁根大学开展的“蔬菜基因组学——从作物生产到健康食品”计划 (2001 ~ 2005) 的最新成果汇总, 作为一部学术性著作, 该书反映了蔬菜作物基因组学与功能基因组学的最新研究动态, 对从事蔬菜作物遗传学、病理学、基因组学和功能基因组学等研究的人员具有很高的参考价值。定价: 143 元 (含邮费)。

购书者请通过邮局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。