

套袋对红肉脐橙果肉中色素、糖及内源激素的影响*

王贵元^{1,2} 夏仁学^{1**} 曾祥国¹ 胡利明¹

(¹华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; ²长江大学园艺园林学院, 荆州 434025)

【摘要】 以红肉脐橙为试材, 研究幼果期套袋至果实着色前拆袋对果肉中色素、糖及内源激素的影响。结果表明, 套袋显著或极显著地提高了成熟果实的番茄红素、 β -胡萝卜素含量; 套袋处理与对照果实的 GA 和 ABA 含量变化趋势一致, 表现为 GA 含量在果实膨大期迅速下降, 着色期至果实成熟期保持在较低水平, ABA 含量在拆袋时达到最高峰, 然后迅速下降, 于果实成熟前又出现一小高峰; 套袋极显著降低了脐橙果肉的葡萄糖含量, 显著降低了果糖含量, 提高了蔗糖含量, 但总糖含量与对照无显著差异。

关键词 套袋 番茄红素 β -胡萝卜素 葡萄糖 果糖 蔗糖 总糖 GA ABA
文章编号 1001-9332(2006)02-0256-05 **中图分类号** S666.4 **文献标识码** A

Effects of bagging on pigment, sugar and endogenous hormone contents of Cara Cara orange flesh. WANG Guiyuan^{1,2}, XIA Renxue¹, ZENG Xiangguo¹, HU Liming¹ (¹College of Horticulture and Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; ²Horticulture & Landscape Architecture College, Yangtze University, Jingzhou 434025, China) .-Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(2):256~260.

This paper studied the effects of bagging during the period from young fruit formation to fruit coloration on the contents of pigment, sugar and endogenous hormone in Cara Cara orange flesh. The results showed that bagging could significantly increase the lycopene and beta-carotene contents of matured fruit, but didn't have any effects on its GA and ABA contents. The GA content decreased rapidly during fruit-expanding period, and maintained at a lower level in the period from fruit coloration to maturing. The ABA content reached the maximum when the bag was removed, decreased rapidly then, and there was a small peak before fruit maturation. Glucose and fructose contents were decreased, while sucrose content was increased significantly. No significant change was observed in total sugar content.

Key words Bagging, Lycopene, Beta-carotene, Glucose, Fructose, Sucrose, Total sugar, GA, ABA.

1 引言

套袋使果实与外界隔离, 可改变果际微域环境, 减少病虫害危害, 避免机械擦伤, 防止阳光直射, 减少水分蒸发, 进而影响到果实生长发育的一系列生理生化过程。目前果实套袋栽培已广泛应用于苹果^[18]、梨^[4]、桃^[8]、葡萄^[10]等果树以改善果实品质, 因此套袋已成为果树生产者提高果品品质的常规措施之一。前人研究表明, 果实套袋可提高果实的外观品质, 使果实含糖量降低^[12], 并可改善果实着色, 提高果实的商品价值^[6, 17]。柑橘果实套袋栽培试验近来已有较多报道^[15, 21], 但大都集中在套袋对果实品质的影响, 对果实发育过程中色素、糖含量及内源激素的影响却少见报道。本试验探讨套袋对红肉脐橙 (*Citrus sinensis*) 果实发育过程中色素、糖含量和内源激素的影响, 为生产上合理运用套袋技术以提高脐橙果实品质提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 材料和药品

试验在湖北省秭归县柑橘良种示范场进行, 红肉脐橙于1999年春季高接于以枳 (*Poncirus trifoliata*) 为基础的13年生罗伯逊脐橙 (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Robertson) 上。试验地处于南坡, 土壤为红黄壤土。树体实施常规的栽培管理措施。2003年红肉脐橙主要物候期为: 盛花期4月25日~29日, 幼果期5月上旬~7月上旬, 果实膨大期7月中旬~9月下旬, 果实转色期10月上旬~11月中旬, 完熟期11月下旬~12月下旬。所用套袋材料为单层纸袋, 外黄内黑, 购自四川成都凯丰果业有限公司; 番茄红素、 β -胡萝卜素、GA3和ABA等标样购自Sigma公司; 乙腈、二氯甲烷和甲醇等色谱纯试剂购自Fisher公司; 丙酮、石油醚等化学试剂为国产分析纯。

* 科技部三峡移民科技开发专项资助项目(2002EP090016)。

** 通讯联系人。

2005-01-11 收稿, 2005-05-02 接受。

2.2 研究方法

选生长势一致的 6 棵红肉脐橙树,花期进行疏花,使 6 棵树负载量相近,于第 2 次生理落果基本结束后的 7 月 13 日对其中 3 棵树的果实进行全树套袋,并于果实转色前的 10 月 10 日拆袋,另 3 棵树不套袋作为对照.分别于 2003 年 7 月 13 日,8 月 13 日,9 月 12 日,10 月 10 日,10 月 25 日,11 月 12 日,11 月 25 日和 12 月 22 日取所选植株树冠外围的果实及套袋果(果肉),液氮速冻后带回实验室,贮存于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中备用.

色素提取参照王贵元等^[16]的方法.

内源 GA 和 ABA 的提取与测定参考谈锋^[13]、陈雪梅和王沙生^[5]的方法并加以改进.称取 3 g 左右的红肉脐橙果肉,在冰浴上用 25 ml 左右 80% 的冷甲醇研磨匀浆,4 $^{\circ}\text{C}$ 过夜,过滤,滤液冷冻干燥后用 5 ml 80% 的冷甲醇溶解,经微孔滤膜过滤后上机测定.高效液相色谱测定条件为:反相 C18 柱(4.6 mm \times 150 mm),流动相为甲醇:乙腈:水(含 1% 醋酸)=55:10:35(v/v/v),流速 $0.8\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$,进样量 20 μl ,柱温 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$,紫外可见检测器,波长 254 nm.

葡萄糖、果糖、蔗糖的提取参考毛多斌等^[11]的方法,并加以改进.称取果肉鲜样 1 g 左右,用咪唑-盐酸缓冲液(含 80% 甲醇, pH 7)研磨匀浆,过滤并加 1 ml 内标(甲基- α -D-葡萄糖苷, 2.5 g 溶于 100 ml 重蒸水,少量乙醇助溶)定容至 25 ml,取 5 ml 溶液 $10000\times g$ 离心 10 min,取上层液 0.5 ml 冻干,放入五氧化二磷干燥器里,用 0.5 ml 无水吡啶超声波溶解,依次加 0.2 ml 六甲基二硅氨烷和 0.1 ml 三甲基氯硅烷,30 $^{\circ}\text{C}$ 振荡 3 h,在冰浴中加正己烷 0.6 ml 和重蒸水 0.5 ml,静置分层,取上层液进样.气相色谱条件参考 Bartolozzi 等^[1]的方法,并加以改进. FID 检测器,进样口温度 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$,检测器温度 $270\text{ }^{\circ}\text{C}$, H_2 流量 $40\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, N_2 流量 $25\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$,空气流量 $400\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$,柱头压 15 psi,进样量 1 μl ,分流比 60:1,升温程序为:130 $^{\circ}\text{C}$ 保温 1 min, $8\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 152 $^{\circ}\text{C}$, $12\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 176 $^{\circ}\text{C}$, $16\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 198 $^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 238 $^{\circ}\text{C}$, $24\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 280 $^{\circ}\text{C}$,最后在 290 $^{\circ}\text{C}$ 保持 2 min.总糖含量以葡萄糖、果糖和蔗糖的含量之和计算.

以上各指标重复测定 3 次,取平均值.应用 SAS 软件中的 ANOVA 过程作处理间差异显著性测定,并用 LSD 法作多重比较分析.

3 结果与分析

3.1 套袋对番茄红素和 β -胡萝卜素含量的影响

从图 1 可以看出,果实迅速膨大期(7 月 13 日至 9 月 12 日),对照与套袋果实的番茄红素含量均处于上升趋势,但果实套袋后的 8 月 13 日和 9 月 12 日,套袋果实的番茄红素含量均显著高于对照($P < 0.05$);9 月 12 日至 10 月 10 日,套袋果实番茄红素含量略有下降,而对照果实的番茄红素含量迅速

上升,10 月 10 日套袋果实的番茄红素含量极显著低于对照($P < 0.01$);10 月 10 日套袋果实拆袋后,番茄红素含量急剧上升,10 月 25 日拆袋果实的番茄红素含量高达 $85.87\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (图 1),此期对照果实番茄红素含量也上升,但 10 月 25 日番茄红素含量显著低于套袋果实($P < 0.05$);10 月 25 日至果实成熟,对照与拆袋果实番茄红素含量均处于下降趋势,开始时拆袋果实比对照下降地快,之后对照下降更快,果实成熟期对照与拆袋果实的番茄红素含量均缓慢下降,果实成熟时拆袋果实的番茄红素含量极显著高于对照($P < 0.01$).

由图 1 可知,7 月 13 日套袋果实与对照均未检测到 β -胡萝卜素,7 月 13 日至 8 月 13 日,两处理的 β -胡萝卜素含量都缓慢上升,8 月 13 日套袋果实的 β -胡萝卜素含量略高于对照但两处理间没有显著差异;8 月 13 日至 9 月 12 日,对照和套袋果实的 β -胡萝卜素含量均迅速上升,但套袋果实上升的更快,9 月 12 日套袋果实的 β -胡萝卜素含量显著高于对照($P < 0.05$);果实转色前的 9 月 12 日至 10 月 10 日,对照果实的 β -胡萝卜素含量仍迅速上升,而套袋果实上升缓慢,10 月 10 日对照果实的 β -胡萝卜素含量极显著高于套袋果实($P < 0.01$);10 月 10 日套袋果实拆袋后, β -胡萝卜素含量急剧上升,而对照果实的 β -胡萝卜素含量有所下降,10 月 25 日拆袋果实的 β -胡萝卜素含量极显著高于对照($P < 0.01$);果实着色期对照与套袋果实的 β -胡萝卜素含量均处于下降趋势,但果实成熟期(11 月 25 日至 12 月 22 日)套袋果实的 β -胡萝卜素含量又迅速上升,对照也

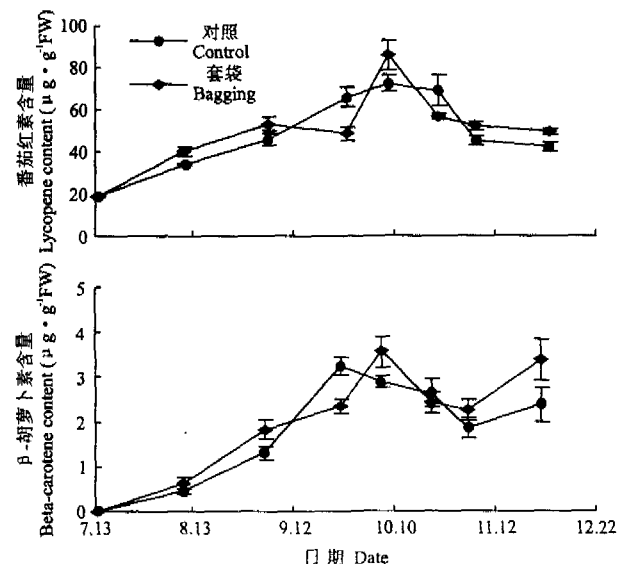


图 1 套袋对红肉脐橙果肉番茄红素和 β -胡萝卜素含量变化的影响
Fig. 1 Effects of bagging on changes of lycopene and β -carotene content in flesh of Cara Cara orange.

有所上升,果实成熟时(12月22日)拆袋果实的 β -胡萝卜素含量显著高于对照($P < 0.05$).

3.2 套袋对 GA 和 ABA 含量变化的影响

由图2可见,果实拆袋(10月10日)前,对照与套袋果实的内源 GA 含量均迅速下降,除10月10日套袋果实 GA 含量极显著高于对照外($P < 0.01$),果实拆袋前的其它时期套袋与对照果实的 GA 含量无显著性差异;拆袋后1个月,对照与拆袋果实的 GA 含量均有所上升,10月25日两处理的 GA 含量无显著性差异,但11月12日拆袋果实的 GA 含量极显著高于对照($P < 0.01$);此后对照与拆袋果实的 GA 含量均缓慢下降,一直到果实成熟,11月25日和12月22日拆袋与对照果实的 GA 含量

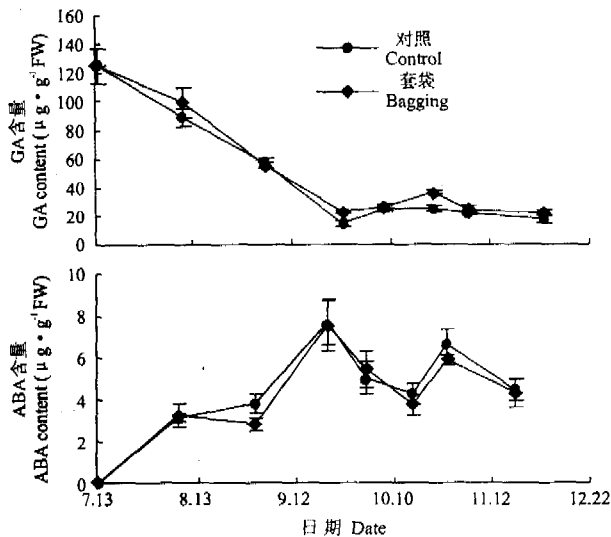


图2 套袋对红肉脐橙果肉 GA 和 ABA 含量变化的影响
Fig. 2 Effects of bagging on changes of GA and ABA content in flesh of Cara Cara orange.

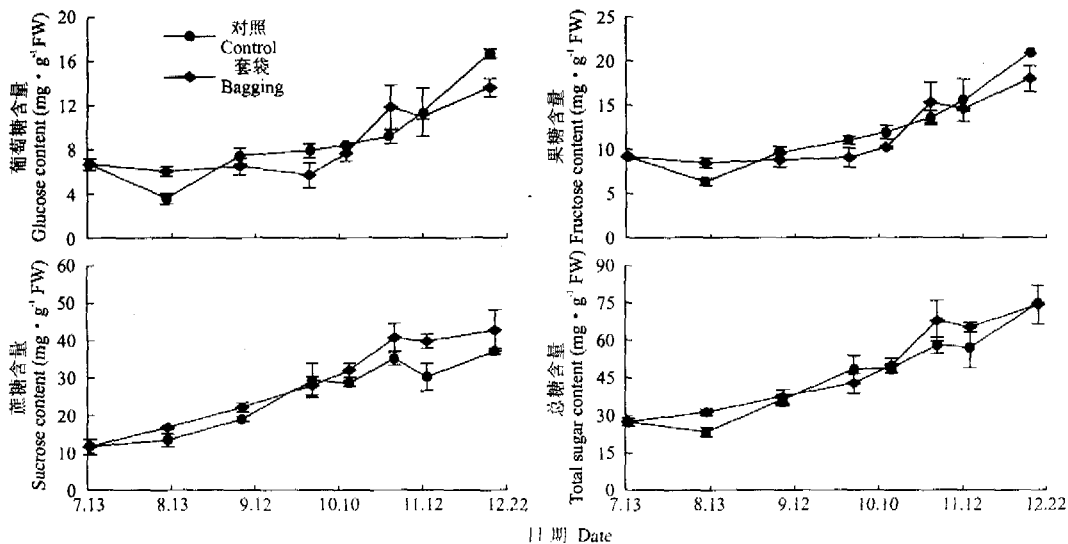


图3 套袋对红肉脐橙果肉葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖含量变化的影响
Fig. 3 Effects of bagging on changes of glucose, fructose, sucrose and total sugar content in flesh of Cara Cara orange.

无显著性差异.

7月13日果实的 ABA 含量甚微,未被仪器检测到,对照果实的 ABA 含量于7月13日至8月13日迅速上升,8月13日至9月12日缓慢上升,9月12日至10月10日又快速上升,而套袋果实的 ABA 含量于8月12日至9月12日略有下降,9月12日套袋果实的 ABA 含量极显著低于对照($P < 0.01$);对照与套袋果实的 ABA 含量均于果实转色前迅速上升并于10月10日达到最大值;拆袋后至果实成熟,对照与拆袋果实的 ABA 含量呈相同的变化趋势,均先迅速下降,然后迅速上升,到果实成熟时又迅速下降,在此期间对照与拆袋果实的 ABA 含量无显著性差异.

相关分析表明,无论是对照还是套袋果实,整个果实发育期间的 GA 和 ABA 含量变化呈极显著的负相关($r = -0.88^{**}$, $r = -0.84^{**}$);番茄红素和 GA 含量的变化呈负相关,番茄红素和 ABA 含量的变化呈正相关,但均未达到显著水平. β -胡萝卜素与 ABA 和 GA 的相关性与番茄红素类似.

3.3 套袋对葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖含量变化的影响

红肉脐橙果实含糖量基本随果实的生长发育而增加,但前期增加较慢,果实成熟前增加较快,对照果实在成熟前1个月葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖的含量分别增加了46.49%、34.82%、23.14%、30.98%.从图3可以看出,在果实迅速膨大期的7月13日至8月13日,果实套袋减慢了葡萄糖和果糖含量的降低,但加快了蔗糖含量的提高,8月13日套袋果实的葡萄糖、果糖和总糖的含量均极显著

高于对照($P < 0.01$),蔗糖含量也显著高于对照($P < 0.05$);果实膨大后期的8月13日至9月12日,对照果实的葡萄糖、果糖和蔗糖含量均迅速上升,但套袋果实的葡萄糖和果糖含量基本保持不变,蔗糖含量则继续迅速上升,9月12日套袋果实除蔗糖含量显著高于对照外,葡萄糖、果糖和总糖含量与对照相比无显著差异(图3);9月12日至10月10日,对照果实的葡萄糖、果糖和蔗糖含量继续以较快的速度上升,而套袋果实的葡萄糖和果糖含量继续保持在平稳的状态,蔗糖含量则继续上升,10月10日对照果实的葡萄糖和果糖含量显著高于对照($P < 0.05$);10月10日果实拆袋后1个月,拆袋果实的葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖含量均迅速上升,11月12日套袋果实的葡萄糖和蔗糖含量显著高于对照($P < 0.05$);11月12日至11月25日,套袋果实的葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖含量均有所下降,对照果实的蔗糖和总糖含量也有所下降,11月25日,套袋果实除蔗糖含量极显著高于对照外,其它糖含量与对照相比无显著差异;11月25日至12月22日,果实进入成熟期,套袋与对照果实各种糖含量均迅速上升,成熟时套袋果实的葡萄糖含量极显著低于对照,果糖含量显著低于对照,但蔗糖含量显著高于对照,总糖含量与对照相比无显著差异(图3)。

4 讨 论

本试验结果显示,红肉脐橙果实(果肉)在其发育过程中无论套袋与否,番茄红素和 β -胡萝卜素的含量都呈现出有规律的变化,即在果实发育初期,番茄红素和 β -胡萝卜素的含量均很低(尤其是 β -胡萝卜素的含量几乎为0,主要是因为前期生成的 β -胡萝卜素迅速转变成其下游产物,如紫黄质、新黄质和ABA等^[7]);但随着果实的发育,两种色素含量均迅速增加,至10月中下旬(10月10日~25日)两种色素含量均达到最大值;此后逐渐下降到9月中、下旬至10月上旬的水平,不过 β -胡萝卜素含量到成熟时略有回升。尽管如此,但套袋明显影响了果实转色期至成熟期两种色素的含量水平,如在果实转色期(10月10日~25日)拆袋时,无论是番茄红素还是 β -胡萝卜素,对照的含量均显著高于套袋处理,但此后约两个星期,套袋处理的两种色素含量反过来显著高于对照。此后虽有不同的变化,但到成熟时,套袋处理的番茄红素和 β -胡萝卜素含量均显著或极显著地高于对照的含量。由此可见,套袋处理能明显地增加红肉脐橙果肉番茄红素和 β -胡萝卜素的含量。

从本试验结果中还可以看到,红肉脐橙果肉中GA和ABA的含量无论是套袋处理还是对照均呈相似的变化规律,并且互为消长关系,同时GA、ABA与番茄红素和 β -胡萝卜素的含量分别呈负相关和正相关关系(但未达到显著水平)。这一结果说明,果实中的内源GA和ABA可能影响其番茄红素和 β -胡萝卜素的合成^[14,22]。

虽然套袋对果实含糖量的影响有较多的报道^[3,9,19,20],但本研究结果表明,套袋虽然极显著或显著地降低了红肉脐橙果实中葡萄糖和果糖的含量,但显著地提高了蔗糖的含量,并且总糖含量与对照无明显差异,这说明套袋影响了脐橙果实糖的组分,从而可能影响其风味;此外,果实成熟时,与对照相比套袋处理的番茄红素和 β -胡萝卜素含量显著增加,这是否与其葡萄糖含量下降有关还值得研究,因为二者的合成需葡萄糖作基础物质^[2]。

就本试验结果来看,果实套袋是提高红肉脐橙果实品质的途径之一,可在生产中应用,但有关套袋果实着色机理和糖组分的变化还需进一步研究。

参考文献

- 1 Bartolozzi F, Bertazza G, Bassi D, et al. 1997. Simultaneous determination of soluble sugars and organic acids as their trimethylsilyl derivatives in apricot fruits by gas-liquid chromatography. *J Chromatogr A*, **758**(1):99~107
- 2 Benedict CR, Rosenfield CL, Mahan JR, et al. 1985. The chemical regulation of carotenoid in citrus. *Plant Sci*, **41**:169~173
- 3 Chen J-W(陈俊伟), Zhang S-L(张上隆), Zhang L-C(张良诚), et al. 2001. Effects of fruit shading on photosynthate partitioning, sugar metabolism and accumulation in developing Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. *Acta Phyto Physiol Sin* (植物生理学报), **27**(6):499~504(in Chinese)
- 4 Chen J-Y(陈敬宜), Li H-M(李贺明), Wang Y-M(王彦敏). 2000. Study on light and temperature characteristic of bags of pear fruit and Yali bagging. *China Fruits* (中国果树), (3):6~9(in Chinese)
- 5 Chen X-M(陈雪梅), Wang S-S(王沙生). 1992. Quantitative analysis of ABA, IAA and NAA in plant tissues by HPLC. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), **28**(5):368~371(in Chinese)
- 6 Chen Z-J(陈志杰), Zhang S-L(张淑莲), Zhang F(张 锋), et al. 2003. Ecological effects of bagging on actinidia fruits. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(11):1829~1832(in Chinese)
- 7 Fruser PD, Truesdale MR, Bird CR, et al. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. *Plant Physiol*, **105**:405~413
- 8 Guo B-L(郭宝林), Yang J-X(杨俊霞), Lu R-Q(鲁韧强), et al. 2000. Study on improving fruit quality of Yanhong peach after bagging. *China Fruits* (中国果树), (3):19~20(in Chinese)
- 9 Liu X-H(刘晓海), Ma W-H(马文会), Liu C-Y(刘承晏). 1998. Effect of bagging on fruit sugar content and coloration of Kyoho grape. *Hebei J For Orchard Res* (河北林果研究), **13**(1):69~71(in Chinese)
- 10 Ma C-Z(马成战). 2001. Bagging technology of Japanese grape. *For Sci Technol* (林业科技通讯), (6):42(in Chinese)
- 11 Mao D-B(毛多斌), Qu Z-G(曲志刚), Zhang J-S(张俊松), et al. 2003. Capillary gas chromatography of dissociative sugar in tobacco. *Chin J Chrom* (色谱), **21**(4):437(in Chinese)

- 12 Pan Z-G(潘增光), Wang G-B(王国宾), Li K-M(李奎明), *et al.*. 1996. Changes of some pigment contents and their correlation during skin coloring stage in "Starkrimson" apple. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 32(5): 347~349(in Chinese)
- 13 Tan F(谈锋). 1986. High-performance liquid chromatograph of plant hormones. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 15: 15~23(in Chinese)
- 14 Tao J(陶俊), Zhang S-L(张上隆), Chen K-S(陈昆松), *et al.*. 2002. Effect of GA₃ treatment on changes of pigments in peel of citrus fruit. *Acta Hort Sin* (园艺学报), 29(6): 566~568(in Chinese)
- 15 Wang G-Y(王贵元), Jin L(金铃), Xia R-X(夏仁学). 2003. Effect of bagging on fruit quality of Newhall navel orange. *Subtro Plant Sci* (亚热带植物科学), 32(4): 8~10(in Chinese)
- 16 Wang G-Y(王贵元), Xia R-X(夏仁学), Zhang H-Y(张红艳), *et al.*. 2004. Changes of lycopene and β -carotene in flesh of Cara Cara (*Citrus sinensis* Osbesk) and effects of exogenous ABA on changes of their contents. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 37(12): 1986~1989(in Chinese)
- 17 Wang J-W(王建武), Chen H-B(陈厚彬), Zhou Q(周强), *et al.*. 2003. Effects of bagging on the fruit quality in *Litchi chinensis* fruit and pesticide residues in it. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(5): 710~712(in Chinese)
- 18 Wang S-M(王少敏), Gao H-J(高华君), Liu J-F(刘嘉芬), *et al.*. 2000. Changes of inclusions in fruits and pigments of peels after bagging short-twig Red Fuji apple. *J Fruit Sci* (果树科学), 17(1): 76~77(in Chinese)
- 19 Wang S-M(王少敏), Gao H-J(高华君), Zhang X-B(张骁兵). 2002. Effects of bagging on pigment, sugar and acid development in "Red Fuji" apple fruits. *Acta Hort Sin* (园艺学报), 29(3): 263~265(in Chinese)
- 20 Wu ZJ. 2004. Effect of bag encasing conditions on fruit quality of pomegranate. *Agric Sci & Tech Newsletter*, 5(2): 17~19
- 21 Zhang Q-M(张秋明), Ding W-P(丁伟平), Zheng Y-S(郑玉生), *et al.*. 2002. Effects of bagging on fruit quality in navel. *J Hunan Agric Univ* (Nat Sci) (湖南农业大学学报·自然科学版), 28(5): 402~404(in Chinese)
- 22 Zhou Y-C(周玉婵), Tang Y-L(唐友林), Tan X-J(谭兴杰), *et al.*. 1996. Effects of exogenous ABA, GA₃ and cell-wall-degrading enzyme activity, carotenoid content in ripening mango fruit. *Acta Phyto Physiol Sin* (植物生理学报), 22(4): 421~426(in Chinese)

作者简介 王贵元,男,1978年生,博士.主要从事柑橘品质生理研究,发表论文11篇. E-mail:guiyuanwang@163.com

责任编辑 肖红
