

# 砀山酥梨不同发育时期套袋对石细胞发育的影响

张振铭, 施泽斌, 张绍铃\*, 乔勇进, 陶书田

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

**摘 要:** 以不同发育时期套袋处理的砀山酥梨为试材, 研究了果实石细胞团的密度、大小、含量、几种相关酶的活性变化及果实品质等。结果表明, 套袋后果实可滴定酸含量显著高于对照, 而可溶性固形物、可溶性总糖含量、单果质量及果实内石细胞含量等均低于对照; 果实内石细胞团的分布密度在幼果期较高, 随着果实发育膨大密度渐低, 接近成熟前两个月左右趋于稳定, 石细胞团的纵径、横径是随着果实发育先增大后减小, 而后又稍有增大, 果实石细胞含量也是先增加后减少, 在盛花后 49 d 达到最大值。不同时期套袋的果实内苯丙氨酸解氨酶、过氧化物酶及多酚氧化酶的活性均低于对照, 其活性变化是在果实发育初期较高, 盛花后 63 ~ 77 d 处于低水平, 且缓慢下降, 这与果实内石细胞最终含量成正相关。

**关键词:** 梨; 套袋; 果实品质; 石细胞; 酶

中图分类号: S 661.2 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2007) 03-0565-04

## Bagging at Different Developmental Stages on Sclereid Formation in 'Dangshansu' Pear Fruit

ZHANG Zhen-ming, SHI Ze-bin, ZHANG Shao-ling\*, QIAO Yong-jin, and TAO Shu-tian

(Department of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Fruit of pear cultivar Dangshansu were used as materials for investigating the relationship among sclereids, related enzymes and fruit quality. The results showed that fruit had the similar developmental course either bagged or not, the density of sclereid group was high at the early stage, then decreased with the fruit development, and became stable two months before ripeness. The size of sclereid group increased gradually during early stage, then decreased and increased again with fruit development, while the quantity of sclereid increased also during early stage and decreased, but reached to max 49 d after anthesis, in accordance with the activities decline of POD (Peroxidase), PAL (Phenylalanine ammonia-lyase), and PPO (Polyphenol oxidase) enzymes. In control and bagging treatments, the content of titratable acid in bagged fruit was higher, but TSS (total soluble solid), total soluble sugars and fruit mass were lower than that in unbagged fruit. Especially the quantity of sclereid in bagged fruits were markedly decreased than that in unbagged fruit at all stages. Meanwhile, compared with that of bagged fruit, activities of all the three enzymes were more lower in bagged fruit, indicating that the activities of POD, PAL and PPO were positively related to the formation of sclereids.

**Key words:** Pear; Bagging; Fruit quality; Sclereid; Enzyme

砀山酥梨是我国栽培面积和产量最多的梨品种, 约占全国梨树总面积的 30%, 其适应性强, 丰产性好, 果个大, 风味甜, 但果皮较粗, 果心较大, 石细胞含量较高, 严重影响其鲜果品质和加工性状, 也是其市场售价低的主要原因。因此, 如何提高砀山酥梨果实品质是生产经营者及消费者共同关

收稿日期: 2007 - 01 - 29; 修回日期: 2007 - 04 - 25

基金项目: 农业部 '948' 项目 (2006-G27)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: nnzsl@sina.com)

心的问题。有关梨果实石细胞的问题, 20多年前就有学者对库尔勒香梨等进行过研究(吴少华, 1985), 但还不够深入。本文旨在探讨不同时期套袋对砀山酥梨果实品质和石细胞形成的影响, 期望能为砀山酥梨的合理套袋提供一些参考。

## 1 材料与方法

以江苏省高邮市果树实验场 48 年生的砀山酥梨为试材, 果园土质为沙壤土, 管理水平良好, 株行距 6 m × 7 m。分别于盛花后 14、21、28、35、42 d 套袋, 每次选取 250 个果进行套袋处理, 均选用树干外围通风透光良好的枝组上果实。果袋选用上一年试验筛选出来的内袋黑、外袋里黑外黄的双层袋(江苏省丰县果袋厂)。以不套袋果为对照。于盛花后 14 d 至成熟定期采集样品, 各处理每次采集 10~25 个果实(幼果时要多采), 用以测定石细胞含量、密度及大小。取果肉混合用液态氮速冻后置于 -20℃ 冰箱中用于测定酶活性。用于品质测定的果实是在各处理果实成熟时分别进行带袋采收, 每个处理随机抽查 10 个果, 进行外观品质感官评定并测定可溶性固形物、可溶性总糖、可滴定酸、石细胞含量等内在品质指标。

采用石蜡切片法观察石细胞, 采用冷冻法和酸解法(吴少华, 1985; 李玲等, 2004)相结合测定石细胞含量。测定苯丙氨酸解氨酶(PAL)(张芝芬等, 2001)、过氧化物酶(POD)(Quiroga et al, 2000)、多酚氧化酶(PPO)(Das et al, 1997)活性; 用 GY-1 型果实硬度计测定硬度; 用 WYT-4 型手持折光仪测定可溶性固形物; 用改良 DNS 法测定可溶性总糖; 用滴定法测定可滴定酸; 用钼蓝比色法测定还原型维生素 C。

## 2 结果与分析

### 2.1 套袋时期对砀山酥梨果实品质的影响

从单果质量看, 各处理均显著低于对照, 且套袋越早果实越小(表 1)。这与袋内的弱光和高湿环境不利于果实自身的营养积累有关, 袋内的弱光因子导致果皮叶绿素含量降低, 同化能力降低; 反之, 套袋时期越晚, 果皮接受光照时间越长, 果皮光合产物对果实发育有促进作用。

表 1 不同套袋时期对砀山酥梨果实品质的影响

Table 1 Effect of different times of fruit bags on qualities of Dangshansu pear fruit

盛花后天数 Days after floral(d)	可溶性总糖 Total soluble sugars(%)	可溶性固形物 Total soluble solid(%)	可滴定酸 Titratable acidity(%)	还原型维生素 C Deoxidize vitamin C(mg · g <sup>-1</sup> )	石细胞含量 Content of sclereid (g · kg <sup>-1</sup> )	果心/果肉 Core diameter/ flesh diameter	单果质量 Mass on average(g)
对照 Control	8.317 a	11.4 a	0.1596 b	0.0073 b	3.79 a	0.279 a	398.5 a
14	7.649 d	10.6 c	0.1608 a	0.0087 a	2.47 e	0.298 a	301.0 e
21	7.847 c	10.7 c	0.1607 a	0.0085 a	2.52 e	0.296 a	339.5 d
28	7.988 b	11.0 b	0.1605 a	0.0083 a	2.64 d	0.285 a	356.5 c
35	7.988 b	11.0 b	0.1604 a	0.0077 b	2.71 c	0.282 a	360.5 c
42	8.297 a	11.0 b	0.1597 b	0.0075 b	3.50 b	0.281 a	391.5 b

注: 采用 SPSS 分析方法, 用不同字母标记的数值在  $P=0.05$  水平差异显著。

Note: Data in the table marked with different letters mean significant difference at  $P=0.05$  level by SPSS

套袋果实内可溶性总糖及可溶性固形物含量均低于对照, 只有盛花后 42 d 套袋的果实可溶性总糖含量与对照没有差异。套袋果的果心/果肉均高于对照, 但各处理间差异并不显著。各处理果实的可滴定酸含量, 除了盛花后 42 d 套袋处理以外, 均显著高于对照。这与黄新忠等(1998)的研究结果一致。这可能是由于套袋后袋内微环境的改变对光合产物的转化产生一定的影响, 使其更多的转化为可滴定酸等物质。套袋使还原型维生素 C 含量也有不同程度提高, 如盛花后 14、21 和 28 d 套袋处理显著高于对照。

## 2.2 梨套袋果实石细胞的变化

果实内石细胞含量在果实发育初期逐渐增加, 盛花 49 d 之后减少。直到盛花后 91 d 基本保持稳定。套袋时期越早果实内石细胞含量越少 (图 1), 而且从幼果期至成熟期均呈现出这种变化趋势。

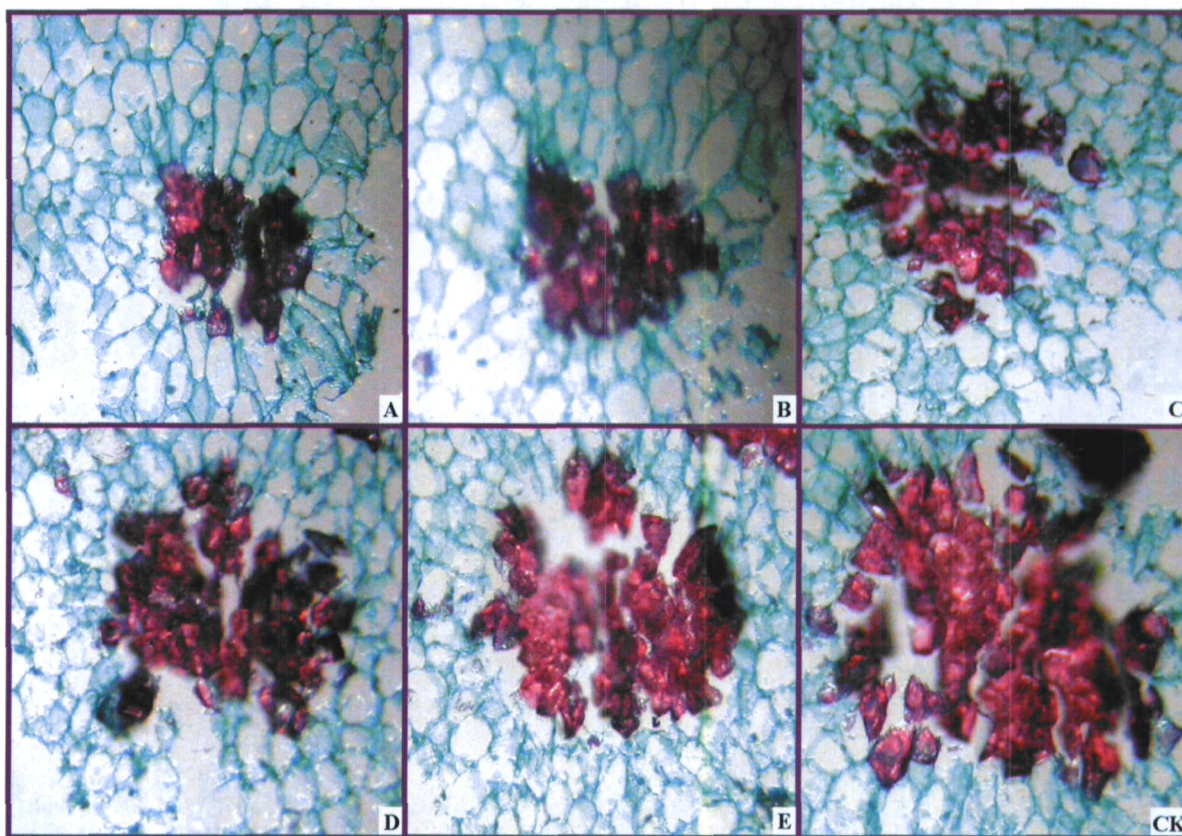


图 1 套袋时期对砀山梨石细胞团的影响

A ~ E 和 CK 分别表示盛花后 14、21、28、35、42 d 套袋果实和砀山酥梨果实成熟时的石细胞团 (10 × 10 倍显微镜下拍摄)。

Fig. 1 Bagging stage on content of sclereid group of Dangshansu pear fruit

A - E and CK separately show the sclereid group of 14、21、28、35、42 days after floral and ripe Dangshansu (×100).

梨果实内石细胞团的数量、大小以及分布随果实的发育时期而异。盛花后 21 d 石细胞团就已经达到一定数量, 但是随着果实发育膨大, 石细胞团的密度逐渐下降, 且不同时期套袋处理间除了盛花后 49 d 外, 无显著差异。从石细胞团的纵径来看, 随着果实发育逐渐增加, 盛花后 63 d 到达最大值, 套袋的果实内石细胞团纵径都显著地小于对照, 其中盛花后 14 和 21 d 套袋处理最小, 石细胞团横径的变化与纵径相似。综上所述, 不同时期套袋对石细胞的影响, 是影响石细胞团的大小即石细胞团的纵横径而不是石细胞团的密度。

## 2.3 梨套袋果实发育过程中 POD、PAL 和 PPO 活性的变化

POD 活性先增加后下降, 各处理总体上比对照低, 但盛花后 14 和 21 d 套袋在处理 1 周后高于对照, 这可能是套袋后产生的一种生理应激反应。盛花后 14 d 套袋处理的果实 POD 活性高峰出现在盛花后 28 d, 比对照推迟了一周左右 (图 2)。从花后 77 d 开始, 各处理均保持较低水平直至成熟。

梨幼果期 PAL 活性普遍较高, 但都明显低于对照, 这可能是由于袋内的弱光环境抑制了光诱导酶 PAL 的活性。套袋时期越早 PAL 活性越低, 在幼果期 (盛花后 14 ~ 35 d) 活性降低较为缓慢, 随着

果实快速生长其活性迅速降低, 盛花后 63 d 以后均保持低水平降低直至果实成熟 (图 2)。

PPO 活性整体上表现出与 POD 活性相似的变化趋势, 盛花后 14 d 套袋的果实在盛花后 21 d 比对照稍高, 这可能是 PPO 对套袋处理的一种适应性反应。盛花后 14 d 套袋果实的 PPO 峰值出现在盛花后 28 d, 较对照提前一周 (图 2)。

梨果实石细胞是由薄壁细胞木质化形成的, POD、PAL 和 PPO 是果实中形成木质素的关键酶, 因此推测这些酶与梨果实石细胞含量相关 (李玲等, 2004)。本研究证实了此推测, 不同时期套袋对这 3 种酶的酶活性有不同程度的抑制作用, 而且套袋时期越早, 这些酶活性的降低就越显著, 因而早期套袋能够降低梨果实中石细胞含量和缩小石细胞团大小, 这与在莱阳茌梨上研究结果 (张华云等, 1996) 相似。进一步分析发现, 这 3 种酶与石细胞的形成是相对应的, 在果实发育初期 (盛花后 21 ~ 63 d) 石细胞含量高, 各处理的果实 POD、PAL 和 PPO 活性也较高 (图 2)。回归相关性分析结果表明, 果实石细胞最终含量分别与果实整个发育过程中的 POD、PAL

和 PPO 活性平均值呈正相关, 回归方程分别为:  $Y = 0.8246331X - 0.89347$ ;  $Y = 0.003451484X - 0.1221005$ ;  $Y = 0.2048621X - 0.163399$ , 相关系数分别为:  $R_{\text{POD, Sclereid content}} = 0.8035$ ;  $R_{\text{PAL, Sclereid content}} = 0.8134^*$ ;  $R_{\text{PPO, Sclereid content}} = 0.9186^{**}$ 。这与陶书田等 (2004) 的研究相一致。因此认为, 不同时期套袋能够降低砀山酥梨果实石细胞含量的原因之一是其抑制了果实内 POD、PAL 和 PPO 酶的活性。

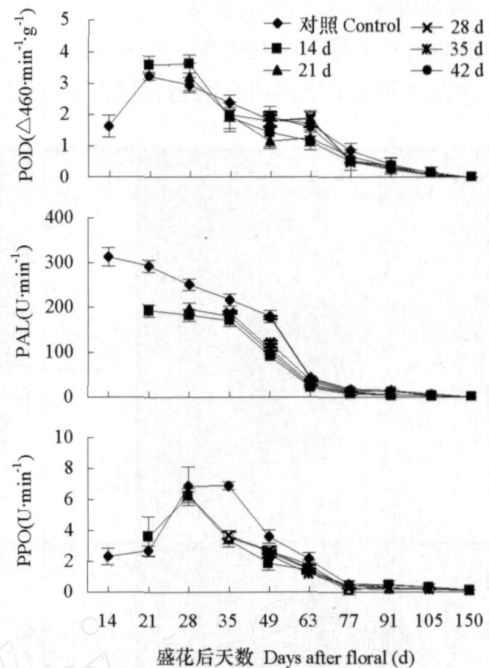


图 2 不同时期套袋砀山酥梨果实发育过程中果肉 POD、PAL 和 PPO 活性变化

Fig. 2 Changes of POD, PAL and PPO activity during the development of Dangshansu pear fruit bagged at different stages

## References

- Das J R, Bhat S G, Gowda L R. 1997. Purification and characterization of a polyphenol oxidase from the Kew cultivar of Indian pineapple fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 45: 2031 - 2035.
- Huang Xin-zhong, Wang Jie, Chen Hai-jiang. 1998. The bagging influence of volatility of Ya pear. *Acta Horticulturae Sinica*, 25 (4): 393 - 394. (in Chinese)
- 黄新忠, 王 颀, 陈海江. 1998. 套袋对鸭梨果实内挥发性物质的影响. *园艺学报*, 25 (4): 393 - 394
- Li Ling, Cai Yong-ping, Liu Xiao-yang. 2004. Stone cell of pear fruit. *Plant Physiol. Commun.*, (10): 629 - 632. (in Chinese)
- 李 玲, 蔡永萍, 刘小阳. 2004. 梨果实的石细胞. *植物生理学通讯*, (10): 629 - 632.
- Quiroga M, Guerrero C, Botella M A. 2000. A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. *Plant Physiology*, 122: 1119 - 1123.
- Tao Shu-tian, Zhang Shao-ling, Qiao Yong-jin, Sheng Bao-long. 2004. Study on sclereids and activities of several related enzymes during the development of pear fruit. *Journal of Fruit Science*, 21 (6): 516 - 520. (in Chinese)
- 陶书田, 张绍铃, 乔勇进, 盛宝龙. 2004. 梨果实发育过程中石细胞团及几种相关酶活性变化的研究. *果树学报*, 21 (6): 516 - 520.
- Wu Shao-hua. 1985. The analysis of the content of pear fruit. *China Fruits*, (3): 50 - 51. (in Chinese)
- 吴少华. 1985. 梨果肉石细胞含量的分析方法. *中国果树*, (3): 50 - 51.
- Zhang Hua-yun, Wang Shan-guang, Mu Qi-yun. 1996. Effect of bagging on the peel structure and PPO, POD activity of *Pyrus bretschneideri*. *Acta Horticulturae Sinica*, 23 (1): 23 - 26. (in Chinese)
- 张华云, 王善广, 牟其芸. 1996. 套袋对莱阳茌梨果皮结构和 PPO, POD活性的影响. *园艺学报*, 23 (1): 23 - 26.
- Zhang Zhi-fen, Yang Wen-ge, Han Su-zhen. 2000. Variation in phenylalanine ammonia-lyase activity of bamboo shoot under different storage conditions. *Journal of Ningbo College (Science)*, 13 (4): 35 - 38. (in Chinese)
- 张芝芬, 杨文鸽, 韩素珍. 2000. 不同贮藏条件下竹笋苯丙氨酸解氨酶的活性变化. *宁波大学学报 (理工版)*, 13 (4): 35 - 38.