

# 果实套袋对黄冠梨花斑病的发生及果皮钙形态变化的影响

王迎涛<sup>1,2</sup>, 李 晓<sup>2</sup>, 李 勇<sup>2</sup>, 李六林<sup>1</sup>, 张绍铃<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>南京农业大学园艺学院, 南京 210095; <sup>2</sup>河北省农林科学院石家庄果树研究所, 石家庄 050061)

**摘 要:** 为进一步阐明套袋黄冠梨果面“花斑病”发生与钙营养变化的关系, 在调查不同套袋处理果实“花斑病”发生率动态变化的基础上, 采用逐级提取不同溶性钙的方法, 对黄冠梨果实发育过程中果皮中各形态钙含量及其变化进行了分析。结果表明: 套 3 层袋果实“花斑病”的发病率为 22.5%, 而对照果实的发生率仅为 1.5%; 在花后 70 d 内, 即果实快速膨大前, 各处理果皮中总钙含量及不同形态钙含量无显著差异; 进入膨大期后, 套 3 层袋处理果皮中总钙含量、水溶性钙、NaCl 溶性钙和醋酸溶性钙含量低于不套袋处理, 而盐酸溶性钙含量高于其他处理; 在果实发育后期, 不套袋处理果皮中以水溶性钙为主, 在成熟果实中占总钙量的 45.6%, 3 层袋处理则以盐酸溶性钙的比例最大, 为 47.7%。多元线性逐步回归和通径分析发现, 水溶性钙、NaCl 溶性钙、醋酸溶性钙与“花斑病”的发生呈显著负相关, 其中以 NaCl 溶性钙负效应最大, HCl 溶性钙呈显著的正相关, 而总钙与“花斑病”发生无显著关系。

**关键词:** 梨; 套袋; 钙; 花斑病

**中图分类号:** S 661.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2011) 08-1507-08

## Effects of Bagging on Browning Spot Incidence and Content of Different Forms of Calcium in ‘Huangguan’ Pear Fruits

WANG Ying-tao<sup>1,2</sup>, LI Xiao<sup>2</sup>, LI Yong<sup>2</sup>, LI Liu-lin<sup>1</sup>, and ZhANG Shao-ling<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup>Institute of Fruit Tree Research, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050061, China)

**Abstract:** In order to further explore the relation between browning spot incidence on fruit peel of ‘Huangguan’ pear and calcium nutrition, Ca compounds in ‘Huangguan’ pear fruit were gradually extracted and determined under investigation of browning spot. The results showed that browning spot incidence on fruit peel of three-layer bagged mature fruit was 22.5%, and the rate of non-bagged mature fruit was 1.5%. There were no significant differences in the contents of calcium in total and different forms in fruit with different bagging treatment before the stage of enlargement. However, from the stage of fruit enlargement till mature, contents of total calcium, water-soluble calcium, NaCl soluble calcium and acerate calcium were significant lower, while the content of hydrochloric soluble calcium was significant higher in three-layer bagged fruit than that in non-bagged fruit. In the later stage of fruit development, water-soluble

收稿日期: 2011 - 02 - 21; 修回日期: 2011 - 07 - 28

基金项目: 国家科技支撑计划项目子课题 (2008BAD92B01-5)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: nnzsl@njau.edu.cn)

calcium in non-bagged mature fruit was dominated, accounting for 45.6% of total calcium, however, instead of water-soluble calcium, hydrochloric soluble calcium was dominated and accounted for 47.7% of total calcium in three-layer bagged mature fruit. Through multiple stepwise regression analysis and path analysis, it was found that water soluble calcium, NaCl soluble calcium and acetate soluble calcium had significant negative correlation with browning spot incidence, among which negative effect of NaCl soluble calcium was the largest. HCl soluble calcium had significant positive correlation, and total calcium had not significant effect on browning spot incidence.

**Key words:** pear; fruit bagging; calcium; browning spot

梨是中国具有出口竞争优势的农产品, 其果实品质和商品性越来越受到关注。梨套袋栽培可有效改善果实外观品质, 显著降低农药残留量和病虫危害程度, 提高商品果率, 增加栽培经济效益, 已成为无公害果品生产的主要技术手段(王少敏, 1999; 张琦, 2002; 吴翠云, 2003)。

黄冠梨(*Pyrus* spp. 'Huangguan') 以其果形端正, 品质优良, 适应性好, 在我国华北、西北以及长江中下游地区广泛栽植。套袋技术已在黄冠梨生产上大面积推广应用, 但套袋影响果实生长发育的微环境, 降低果实的蒸腾速率, 改变果实周围的温湿度条件(潘增光和辛培刚, 1995; 张建光 等, 2005a, 2005b), 导致在黄冠梨套袋果实表面产生一些褐色的斑纹——“花斑病”(因形状不规则, 形似鸡爪印迹, 梨农称之为“鸡爪病”), 严重影响商品价值。近几年的研究表明, “花斑病”的发生大多与套袋果实的钙素营养相关(王文辉 等, 2005; 刘国胜 等, 2006; 关军锋 等, 2008)。同位素示踪试验表明, 套袋及果袋种类影响果实对钙素的吸收(东忠方 等, 2007)。钙不仅是植物生长发育所必需的营养元素, 而且是果实中许多代谢的重要调节者(Ilmi et al., 2006; Christine et al., 2007; Victoria et al., 2009)。钙的生理功能不仅与钙含量的多少有关, 还与钙的形态有关。钙在果实细胞中以水溶性  $\text{Ca}^{2+}$ 、果胶酸钙、磷酸钙、草酸钙、硅酸钙等多种形态存在(龚天池 等, 1992), 而有关不同形态钙与“花斑病”发生的关系尚未见报道。因此, 研究果实发育过程中的钙形态及其变化, 对于深入了解钙与黄冠梨果实表面花斑形成的关系有重要意义。

本研究中对不同套袋处理的黄冠梨果实进行了不同形态钙素动态变化分析, 以期了解梨果实套袋钙素营养吸收与转化的特点, 并进行多元线性逐步回归和通径分析, 进一步阐明套袋黄冠梨果实表面花斑的发生与钙形态变化的关系, 为优化套袋栽培技术提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设计

试验于 2007—2008 年在河北省石家庄果树研究所梨园内进行。供试品种为 8 年生的黄冠梨, 株行距  $3\text{ m} \times 4\text{ m}$ , 树势中庸, 生长发育正常, 常规田间管理。土壤为黄壤土, pH 7.26, 速效氮含量  $105.7\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效磷  $7.49\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $85.6\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 土壤交换性钙  $3.97\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 总钙  $10.52\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

果实套袋设 3 个处理: ①套 3 层袋, 采用灰纸 + 黑纸 + 白绵纸纸袋, 实质透光率为 0; ②套单层白色蜡纸袋(简称白袋), 透光率近 60%; ③不套袋作为对照。于盛花后选择长势一致的黄冠梨树 27 株, 每 3 株为一小区, 3 次重复, 随机区组设计。花后 30 d 定果后, 选择果台枝长度相近, 大小一致的向阳面树冠的中部外围短果枝上的果实进行套袋处理。

于花后 40 d 开始, 隔 10 d 调查 1 次果实的发病情况, 每次各处理随机调查果实 200 个。发病

率 (%) = 发病果实数量 / 调查果实数量  $\times 100$ 。同时，每次每株树取 10 个果，将果实清洗干净，削取果皮，用液态氮处理后冷冻，用于不同形态钙含量的分析。

## 1.2 测定方法

按小西茂毅和葛西善三郎 (1963) 方法，分别用  $H_2O$  (去离子水)、 $1 \text{ mol} \cdot L^{-1} NaCl$ 、2% HAC、5% HCl 逐级提取水溶性钙 (水溶钙)、氯化钠溶性钙 (果胶钙)、醋酸溶性钙 (磷酸钙) 和盐酸溶性钙 (草酸钙)，最后剩余残渣中用马弗炉灰化后用于硅酸钙等残余钙的分析。称取 4 g 左右样品于研钵，将样品研磨至匀浆状，再将鲜浆置于离心管中，加无离子水 25 mL，静置 1 h 后离心 10 min，取上清液于 100 mL 容量瓶中，加 10 mL 无离子水洗涤沉淀，摇匀后再离心 10 min，取上清液于容量瓶，反复 4 次，定容过滤后用于水溶性钙分析；加  $1 \text{ mol} \cdot L^{-1} NaCl$  溶液于残渣中，重复上步操作，得 NaCl 溶性钙溶液；加 2% 醋酸于上一步产生的残渣中，并重复第二步的反复提取操作，可得到醋酸溶性钙溶液；加 25 mL 的 5% HCl 于离心管中，静置 1 h，离心吸出上清液后，将残渣移入漏斗中，用 25 mL 5% HCl 淋洗并定容在 100 mL 容量瓶中，制出盐酸溶性钙溶液；将残渣用无离子水洗入坩锅，烘干，用干灰化法提取残余钙溶液。上述提取液中的钙用 AA-6200 型原子吸收分光光度计测定。某一形态钙相对含量为某一形态钙含量除以同一时期同一处理钙的总量。

试验结果采用 SAS 8.0 统计软件进行分析，Duncan's 新复极差检验法进行多重比较，显著水平为  $P < 0.05$ ，并进行多元逐步回归分析和通径分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 套袋对黄冠梨花斑病发生率的影响

对照果实在花后 90 d 一直未见花斑病的发生，在果实成熟时发生率为 1.5%，且果面上发生的数量少，面积小 (表 1)。

套白袋的果实在花后 80 d，即果实膨大过程中发病率达到 2.5%，以后随果实的继续膨大和成熟，花斑发生率有少量增加，在果实成熟时为 5.5%。

套 3 层袋果实，在果实膨大前期，即花后 70 d 以前与其他处理一样，没有花斑发生。从果实迅速膨大开始，即花后 80 d 开始，有 8.0% 果实表明出现花斑，花斑发生面积较少。随后果实花斑发生率快速增长，在花后 90 d 达到了 17.0%。以后随着果实生长减缓，花斑发生率增长速度减缓，但同一个果实发生面积和数量依然增加，在果实成熟时发生率达到 22.5%，明显高于不套袋和套白袋的处理。

表 1 套袋处理不同时期的果实花斑病发生率  
Table 1 Frequency of browning spot in different stage of bagging

处理 Treatment	花后天数 Days after flowering								/%
	40 d	50 d	60 d	70 d	80 d	90 d	100 d	110 d	
不套袋 (对照) Non-bagged (Control)	-	-	-	-	-	-	1.0 $\pm$ 0.5 c	1.5 $\pm$ 0.8 c	
套白袋 White one-layer bagged	-	-	-	-	2.5 $\pm$ 1.5 b	3.0 $\pm$ 1.2 b	3.0 $\pm$ 1.8 b	5.5 $\pm$ 2.3 b	
套 3 层袋 Three-layer bagged	-	-	-	-	8.0 $\pm$ 3.2 a	17.0 $\pm$ 4.5 a	19.5 $\pm$ 5.2 a	22.5 $\pm$ 6.5 a	

注：不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note: Means within a column followed by the different letter are significantly different ( $P < 0.05$ ).

## 2.2 套袋对黄冠梨果皮内钙形态及其含量的影响

### 2.2.1 总钙

套袋果实发育过程中果皮总钙含量变化趋势基本一致, 呈现出先下降, 而后随果实成熟逐渐升高(图1)。套白袋与对照相比果实果皮中总钙含量无差异。而套3层袋的果实在花后60~70 d, 果皮中总钙含量显著地高于对照和套白袋处理( $P < 0.05$ ), 在果实开始迅速膨大后, 即花后80 d开始, 果皮中钙含量显著低于对照和套白袋处理。由此可以看出, 果袋种类影响钙的吸收, 在花后80 d后, 套3层纸袋的吸收能力最差, 不套袋的最强。

### 2.2.2 水溶性钙

从图2可以看出, 总体上在花后40~90 d内水溶性钙含量随果实生长而逐渐降低, 之后逐渐增加。方差分析表明, 在0.05水平上3个处理的果实在花后40~80 d间均无差异; 花后90 d套3层袋处理的果皮水溶性钙含量低于对照果和白袋处理果, 在成熟期(花后110 d)水溶性钙含量仅为对照果含量的48.6%。

从相对含量上分析, 3种处理果皮中水溶性钙占总钙的比例变化趋势基本一致, 表现为随着果实发育, 水溶性钙占总钙的比例逐渐增加。但以3层袋处理的果实中水溶性钙所占的比例最低, 仅为31.7%, 而对照果和套白袋处理果分别为45.6%和37.6%。

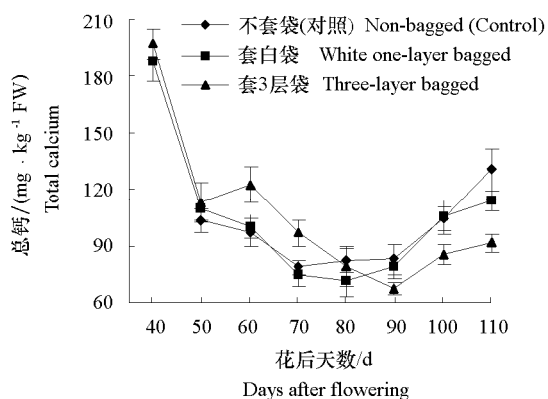


图1 不同处理果皮中总钙的含量变化

Fig. 1 The change of total calcium content of fruit peel in different treatment

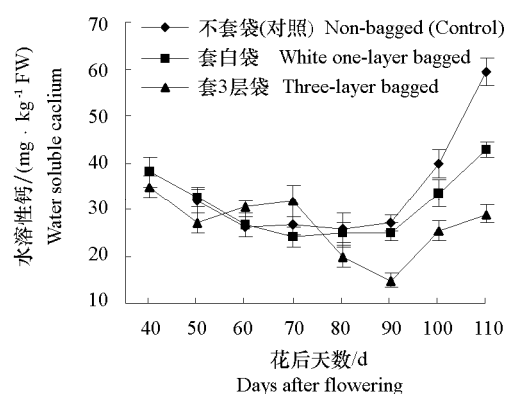


图2 不同处理果皮中水溶性钙的含量变化

Fig. 2 The change of water-soluble calcium content of fruit peel in different treatment

### 2.2.3 NaCl 溶性钙

NaCl 溶性钙主要是果胶钙, 3种处理其含量的变化趋势基本相同。随着果实发育, 3种处理果皮中 NaCl 溶性钙含量逐渐增加, 于花后60 d达到高峰, 之后缓慢降低。随着果实快速生长期的到来, 即从花后80 d开始, 其含量迅速降低, 而后又缓慢增加或降低(图3)。

对照果中 NaCl 溶性钙含量最高, 其次是套白袋处理, 以套3层袋的处理含量最低。果实成熟期套3层袋的果皮中 NaCl 溶性钙含量显著低于对照果和套白袋果。

NaCl 溶性钙相对含量较低。在成熟果实中, 3层袋果皮中 NaCl 溶性钙相对总钙含量最低, 然后是套白袋果实和对照果, 分别为1.5%、4.2%和5.3%。

### 2.2.4 醋酸溶性钙

对照果和套白袋果皮中醋酸溶性钙含量的大小和变化趋势基本相同, 基本呈下降趋势。醋酸溶性钙含量于花后60 d出现小高峰, 而后逐渐下降, 在花后80 d出现低谷, 之后随着果实的膨大而升高, 并维持在一定水平上。套3层袋果实从花后60 d开始一直到采收, 醋酸溶性钙基本上呈下降趋势;

60 ~ 70 d 时醋酸溶性钙含量显著高于套白袋和对照果。而从果实快速生长期开始, 套 3 层袋果皮中醋酸溶性钙含量低于其他两种处理 (图 4)。

对照果和套白袋果皮中醋酸溶性钙含量占总钙比例除花后 80 ~ 90 d 较低外, 其他时期则相对稳定, 变化幅度分别为 21.5% ~ 31.5% 和 22.0% ~ 32.2%。而套 3 层袋果皮中醋酸溶性钙所占总钙比例逐渐下降, 在果实成熟期所占比例仅为 14.4%, 低于对照果和套白袋果皮中醋酸溶性钙所占比例。

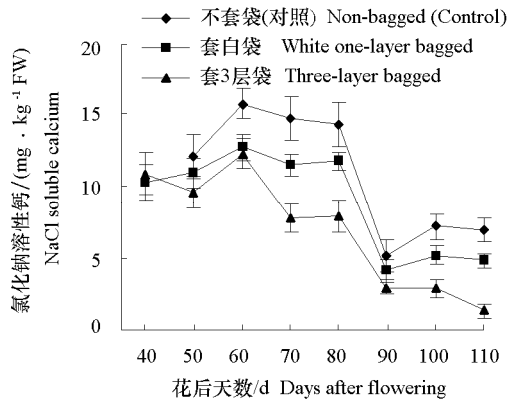


图 3 不同处理果皮中 NaCl 溶性钙的含量变化  
Fig. 3 The change of NaCl soluble calcium content of fruit peel in different treatment

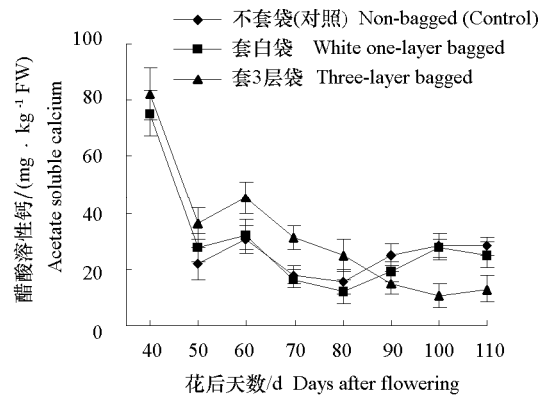


图 4 不同处理果皮中醋酸溶性钙的含量变化  
Fig. 4 The change of acetate soluble calcium content of fruit peel in different treatment

### 2.2.5 盐酸溶性钙

3 种处理果皮中盐酸溶性钙含量变化一致, 随着果实生长发育含量逐渐降低, 于花后 70 d 出现低谷, 而后随果实膨大逐渐增加, 在果实成熟期达到高峰 (图 5)。果实膨大后, 以套 3 层袋处理果皮中盐酸溶性钙含量最高, 对照果最低, 套白袋处理果皮含量居中。

对照果果实发育过程中盐酸溶性钙含量占总钙比例变化幅度为 21.7% ~ 25.6%。套白袋和 3 层袋果皮中盐酸溶性钙所占总钙比例从花后 70 d 逐渐上升, 在果实成熟期所占比例分别为 33.5% 和 47.7%, 高于对照果盐酸溶性钙所占比例。

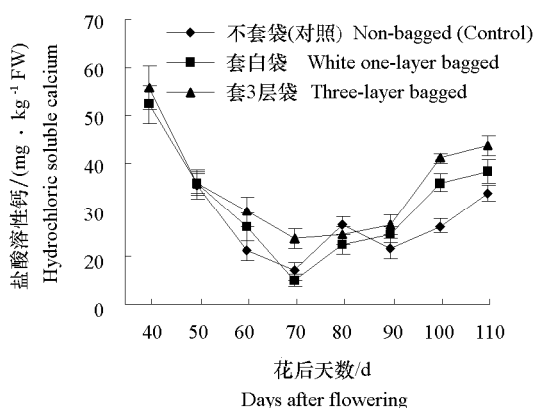


图 5 不同处理果皮中盐酸溶性钙的含量变化  
Fig. 5 The change of hydrochloric soluble calcium content in different treatment

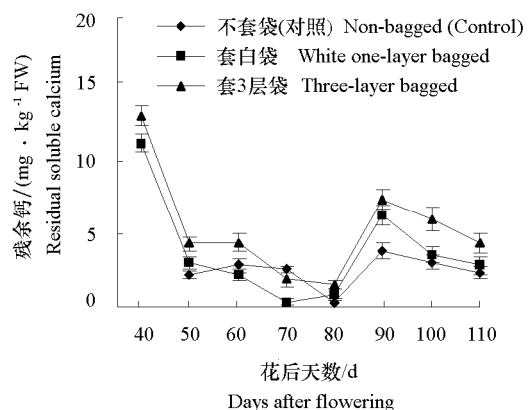


图 6 不同处理果皮中残余钙的含量变化  
Fig. 6 The change of residual calcium content of fruit peel in different treatment

### 2.2.6 残余钙

3 种处理果皮中残余钙含量与其他形态钙相比, 其含量均较低 (图 6)。随着果实生长发育含量逐渐降低, 于花后 80 d 出现低谷, 而后逐渐增加, 随着果实成熟逐渐下降。从花后 90 d 开始, 套 3 层袋果皮中残余钙含量显著高于对照果, 套白袋的花后 100 d 到成熟也明显高于对照果。

### 2.3 套袋黄冠梨花斑病与不同形态钙的关系

多元线性逐步回归分析表明, 花斑病的发生率与水溶性钙、NaCl 溶性钙、醋酸溶性钙和 HCl 溶性钙的偏回归系数分别为 -0.2586、-0.7071、-0.2508 和 0.3686。说明水溶性钙、NaCl 溶性钙、醋酸溶性钙花斑病的发生呈显著负相关, HCl 溶性钙呈显著的正相关, 而总钙和残余钙与花斑病的发生关系不显著。

花斑病的发生率与水溶性钙、NaCl 溶性钙、醋酸溶性钙和 HCl 溶性钙的直接通径系数分别为 -0.3402、-0.4392、-0.3184 和 0.4110, 表明 NaCl 溶性钙含量增加对减少花斑病的作用最大, 其次是水溶性钙和醋酸溶性钙, 而 HCl 溶性钙含量的增加促进了花斑病的发生。

## 3 讨论

大量研究结果表明, 果实对钙的吸收高峰期主要发生在幼果期 (周卫 等, 1999; White & Broadley, 2003), 随着细胞膨大, 钙吸收速度减缓, 因而果实中钙的相对含量随果实体积的增大而下降 (Drazeta et al., 2001)。如 ‘黄花’ 和 ‘湘南’ 果肉细胞中总钙和  $\text{Ca}^{2+}$  含量在幼果发育前期较高, 以后呈下降趋势 (刘剑锋 等, 2003)。果实对钙吸收的消长动态, 随树种、品种的不同而异 (Buwalda & Meekings, 1990)。如鸭梨果实整个生育期钙都能进入果实, 但以果实生长中后期为多, 在盛花后 140 d 进入果实的钙可达 90% (罗志军和田秀英, 2006)。本试验结果表明, 在黄冠梨幼果期果实中总钙含量处在很高水平, 随着果实膨大而逐渐降低, 在果实成熟时又逐渐升高。说明在果实发育后期有一个明显的钙吸收积累高峰, 这与郑伟尉等 (2005) 在苹果上的研究结果基本一致。

本试验结果显示, 果实在花后 70 d 以前, 即果实迅速膨大期之前, 3 种处理果皮中钙含量基本无差异, 而进入果实膨大期之后, 套 3 层袋和白袋果皮中总钙含量低于未套袋处理的果皮。说明套袋处理抑制了果实发育后期对钙的吸收, 且套 3 层纸袋比套白袋的抑制程度更大。梨果实套袋时, 果实的细胞分裂期已结束, 也进一步说明果实钙的缺乏是幼果期以后, 尤其是在果实膨大期对钙吸收障碍所引起的。White 和 Broadley (2003) 认为树体对钙的吸收主要受蒸腾作用控制, Quintana 等 (1999) 也证实, 不同品种豆类钙含量的差异主要是由于品种间蒸腾流速的差异所致。张建光等 (2005a, 2005b) 研究认为果实套袋后, 果实处在封闭的环境中, 空气流通性差, 光照弱, 导致了袋内微环境湿度大, 果实表面的水分蒸腾量减小。本试验中套 3 层袋对钙吸收减少可能与其蒸腾速率变化有关。

钙在果实细胞中以水溶性  $\text{Ca}^{2+}$ 、果胶酸钙、草酸钙、磷酸钙等多种形态存在, 它们在果实中的含量随果实发育的时期不同而不断变化 (罗志军和田秀英, 2006)。本试验中也发现不同发育时期套袋果皮中不同形态钙的组成比率不同, 不同处理成熟果实中钙的组成均以水溶性钙及盐酸溶性钙为主, 醋酸溶性钙所占比例低, 氯化钠溶性钙则更低。不同套袋处理与未套袋的黄冠梨水溶性和盐酸溶性钙含量在果实膨大期前差异不明显, 进入膨大期后, 套 3 层袋果皮中水溶性钙含量显著地低于不套袋果, 而盐酸溶性钙则显著高于后者。龚云池等 (1992) 认为  $\text{Ca}^{2+}$  可中和在代谢过程中产生的有机酸如草酸等, 有助于避免因有机酸过量累积而产生毒害。套袋果实的果袋内温度较高, 有时比自然温度高 10 °C (Fallahi et al., 2001), 果实呼吸代谢较不套袋的旺盛, 形成的羧酸类物质多, 需

要有更多水溶性钙与果实呼吸过程中产生的有机酸结合形成草酸钙, 导致水溶性钙量减少, 而盐酸溶性钙含量和组成百分率明显升高。

王文辉等(2005)和关军锋等(2008)研究发现套袋黄冠梨果实表面花斑病发生与果实表皮钙的总量有密切关系, 本试验研究发现果皮中总钙含量对花斑病的发生无显著效应, 这与前人的研究结果存在一定差异。存在于细胞壁中的胶层果胶钙和质膜外表面的  $\text{Ca}^{2+}$  能与多聚半乳糖醛酸的  $\text{RCOO}$  基结合形成易交换态钙, 调节膜透性及相关过程, 并能增加细胞壁强度; 而草酸钙的形成减少了草酸对细胞的毒害作用。因此认为水溶性  $\text{Ca}^{2+}$ 、果胶酸钙和草酸钙含量的增加有助于增强果实表皮细胞对外界不良环境的适应能力从而减少病害的发生。本研究通过多元线性逐步回归分析和通径分析也发现, 水溶性钙、 $\text{NaCl}$  溶性钙和醋酸溶性钙对花斑病的发生有负效应。而  $\text{HCl}$  溶性钙与花斑病的发生有显著正效应, 这可能与  $\text{HCl}$  溶性钙的增加影响了细胞磷酸根离子水平, 从而影响了细胞的能量代谢和正常的生理活动有关。

综合上述, 套 3 层袋影响了果实发育后期对钙的吸收, 使水溶性钙、 $\text{NaCl}$  溶性钙和醋酸溶性钙的含量也减少, 而盐酸溶性钙增加, 导致了果实在遇到不良环境时容易在果皮表面出现异常而形成花斑。因此, 在生产上除坚持早期补钙, 也应加强套袋果实发育后期管理的研究, 以调节不同形态钙的比例, 对减少花斑病发生具有重要意义。

## References

- Buwalda J G, Meekings J S. 1990. Seasonal accumulation of mineral nutrients in leaves and fruit of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.) . *Scientia Horticulturae*, 41 (3): 209 - 222.
- Christine F, Jeroen L, Quang T H, Pieter V, Bert V, Bart M N. 2007. Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 43 (1): 1 - 13.
- Dong Zhong-fang, Wang Yong-zhang, Wang Lei, Liu Cheng-lian, Dong Xiao-ying, Liu Geng-sen, Yuan Yong-bing. 2007. Effects of different bag treatments on the absorption of calcium in 'Red Fuji' apple fruit. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (4): 835 - 840. (in Chinese)
- 东忠方, 王永章, 王磊, 刘成连, 董晓颖, 刘更森, 原永兵. 2007. 不同套袋处理对'红富士'苹果果实钙素吸收的影响. *园艺学报*, 34 (4): 835 - 840.
- Drazeta L, Lang A, Morgan L, Volz R, Jameson P E. 2001. Bitter pit and vascular function in apples. *Acta Horticulturae*, 564: 387 - 392.
- Fallahi E, Colt W M, Baird C R. 2001. Influence of nitrogen and bagging on fruit quality and mineral concentrations of BC-2 apple. *Hort Technology*, 11 (3): 462 - 466.
- Gong Yun-chi, Xu Ji-e, Lü Rui-jiang. 1992. Content of different forms of calcium in pear fruit. *Acta Horticulturae Sinica*, 19 (2): 129 - 134. (in Chinese)
- 龚云池, 徐季娥, 吕瑞江. 1992. 梨果实中不同形态钙的含量及其变化的研究. *园艺学报*, 19 (2): 129 - 134.
- Guan Jun-feng, Ji Hua, Feng Yun-xiao, Li Li-mei, Sun Yu-long, Liu Li-qin, Zhang Zhen-li, Gao Zhi-huo. 2008. Effects of fruit-bag kinds on browning spot and nutrition of Ca, Mg and K in Huangguan pear. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 36 (5): 1758 - 1759. (in Chinese)
- 关军锋, 及华, 冯云霄, 李丽梅, 孙玉龙, 刘丽琴, 张振力, 高志货. 2008. 果袋类型对黄冠梨褐斑病及 Ca-Mg-K 营养的影响. *安徽农业科学*, 36 (5): 1758 - 1759.
- Ilmi G N, Shanthi W W, Ravindra L C W. 2006. Pre-harvest application of calcium to control black heart disorder in mauritius pineapples during low-temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (3): 420.
- Liu Guo-sheng, Han Yan-xiao, Li Yong, Li Xiao, Wang Ying-tao. 2006. Effects of druit bags on the Ca contents and peel spots incidence in Huangguan pears. *Journal of Hebei Agricultural Science*, 10 (2): 16 - 18. (in Chinese)
- 刘国胜, 韩彦肖, 李勇, 李晓, 王迎涛. 2006. 果实袋对黄冠梨果皮 Ca 含量和花斑病发生的影响. *河北农业科学*, 10 (2): 16 - 18.
- Liu Jian-feng, Zhang Hong-yan, Peng Shu-ang. 2003. Changes of calcium in flesh, seeds and pectin content during pear fruit development. *Acta Horticulturae Sinica*, 30 (6): 709 - 711. (in Chinese)
- 刘剑锋, 张红艳, 彭抒昂. 2003. 梨果实发育中果肉及种子钙和果胶含量的变化. *园艺学报*, 30 (6): 709 - 711.

- Luo Zhi-jun, Tian Xiu-ying. 2006. Research advances of the calcium nutrition in fruits. *Northern Horticulture*, (1): 56 - 58. (in Chinese)
- 罗志军, 田秀英. 2006. 果树钙素营养研究进展. *北方园艺*, (1): 56 - 58.
- Pan Zeng-guang, Xin Pei-gang. 1995. Effect of bag on apple fruit quality and analysis of ecological micro environments. *Northern Horticulture*, (2): 21 - 22. (in Chinese)
- 潘增光, 辛培刚. 1995. 不同套袋处理对苹果品质形成的影响及微域生境分析. *北方园艺*, (2): 21 - 22.
- Quintana J M, Harrison H C, Palta J P. 1999. Xylem flow rate differences are associated with genetic variation in snap bean pod calcium concentration. *J Amer Soc Hort Sci*, 124 (5): 488 - 491.
- Victoria F, Azahara D, Álvaro B, Jesús V. 2009. Surface application of calcium-containing gels to improve quality of late maturing peach cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (13): 2323 - 2330.
- Wang Shao-min. 1999. Study on improving quality of bagged apple-pear fruit. *Deciduous Fruits*, (3): 11 - 12. (in Chinese)
- 王少敏. 1999. 提高套袋苹果梨果实质量效果研究初报. *落叶果树*, (3): 11 - 12.
- Wang Wen-hui, Li Zhen-ru, Wang Zhi-hua, Tong wei, Qi Li-ping. 2005. Study on the relationship between the black spot disease of bagged Huangguan pear fruit and the fruit calcium content and senescence. *Journal of Fruit Science*, 22 (6): 658 - 661. (in Chinese)
- 王文辉, 李振茹, 王志华, 佟伟, 齐丽萍. 2005. 套袋黄冠梨黑点病与钙素营养和果实衰老的关系. *果树学报*, 22 (6): 658 - 661.
- White P J, Broadley M R. 2003. Calcium in plants. *Annals of Plant*, 92: 487 - 511.
- Wu Cui-yun. 2003. Study on fruit bagging of Xinli-7. *China Fruit*, (3): 16 - 18. (in Chinese)
- 吴翠云. 2003. 新梨7号套袋栽培试验. *中国果树*, (3): 16 - 18.
- 小西茂毅, 葛西善三郎. 1963. タバコの Ageing にもとたうカルシカグムの代謝. *七肥志*, 34 (3): 646 - 647.
- Zhang Jian-guang, Sun Jian-she, Liu Yu-fang, Larry Schrader. 2005a. Effects of bag and bag-removing techniques on fruit microenvironment in apple. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (4): 673 - 676. (in Chinese)
- 张建光, 孙建设, 刘玉芳, Larry Schrader. 2005a. 苹果套袋及除袋技术对果实微域温湿度及光照的影响. *园艺学报*, 32 (4): 673 - 676.
- Zhang Jian-guang, Wang Hui-ying, Wang Mei, Sun Jian-she, Liu Yu-fang, Larry Schrader. 2005b. Effect of bagging on microenvironments of apple fruits. *Acta Ecologica Sinica*, 25 (5): 1082 - 1087. (in Chinese)
- 张建光, 王惠英, 王梅, 孙建设, 刘玉芳, Larry Schrader. 2005b. 套袋对苹果果实微域生态环境的影响. *生态学报*, 25 (5): 1082 - 1087.
- Zhang Qi. 2002. Effect of bagging treatment on the quality of Xiangli paper fruit. *Journal of Tarim University of Agricultural Reclamation*, 12 (1): 20 - 21. (in Chinese)
- 张琦. 2002. 套袋对香梨品质影响初探. *塔里木农垦大学学报*, 12 (1): 20 - 21.
- Zheng Wei-wei, Zhai Heng, Xu Yue-hua, Zhang Jing, Wang Xiao-fang. 2005. Analysis of the changes of calcium content of several apple cultivars in developing season. *Scientia Agricultura Sinica*, 38 (11): 2296 - 2300. (in Chinese)
- 郑伟尉, 翟衡, 徐月华, 张静, 王晓芳. 2005. 几个苹果主栽品种生长季钙含量动态的比较研究. *中国农业科学*, 38 (11): 2296 - 2300.
- Zhou Wei, Wang Hong, Zhao Lin-ping, Lin Bao. 1999. Study on characteristics of calcium uptake by young fruit of apple (*Malus pumila*) and its regulation by hormone. *Scientia Agricultura Sinica*, 32 (3): 52 - 58. (in Chinese)
- 周卫, 汪洪, 赵林萍, 林葆. 1999. 苹果 (*Malus pumila*) 幼果钙素吸收特性与激素调控. *中国农业科学*, 32 (3): 52 - 58.