

涂抹钙处理对套袋苹果果皮钙浓度与抗氧化特性的影响

李方杰, 王磊, 刘成连, 原永兵, 李培环, 王永章

(莱阳农学院 果树分子与发育生物学实验室, 山东 青岛 266109)

摘 要:以红富士苹果(*Malus domestica* Borkh cv. Fuji)为试材, 研究了花后 30 d 在幼果果面涂抹 0.5%Ca(NO₃)₂ 对套袋苹果果皮钙吸收和抗氧化特性的影响。结果表明: 套袋使苹果果皮的钙浓度和抗氧化酶活性都产生了影响, 降低了果皮的钙浓度, 同时在套袋期间, 果皮的 MDA 含量以及 SOD、POD 活性均低于对照, 而去袋后, MDA 含量以及 SOD、POD 活性均有提高, 高于对照。而果实进行涂抹钙处理后, 提高了苹果果皮的钙浓度, 同时也增高了果皮 SOD、POD 的活性, 降低了 MDA 的含量, 增强了果皮细胞清除超氧自由基的能力, 抑制了膜脂过氧化过程, 有利于减轻套袋苹果在去袋后环境胁迫所造成的伤害。

关键词:套袋; 苹果; 钙; MDA; SOD; POD

中图分类号:S 661.1; S 605⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2007)09-0033-03

苹果套袋栽培作为无公害果品生产的关键技术, 可显著提高果实的外观品质^[1,2], 已成为当前我国优质苹果生产的主要技术手段。但是, 果实套袋后, 由于微域生态环境条件的改变, 致使果实生长发育特性也随之发生变化^[3], 引发了一系列的生理病害, 如日灼、黑点病以及果实皴裂等^[4,5]。从抗性生理角度讲, 果实的环境胁迫伤害与果实抗氧化特性直接相关^[6,7]。此外, 钙处理苹果果实后, 能够提高抗氧化酶的活性, 使细胞清除活性氧自由基的能力增强, 减少自由基对膜系统的损伤^[8]。现探讨套袋苹果果皮的钙含量变化和抗氧化特性的变化规律以及钙处理对套袋苹果抗氧化酶活性的影响, 以便为进一步优化套袋栽培技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料处理

研究于 2004~2006 年在莱西市河头店果园进行, 以 13 a 生红富士(*Malus domestica* Borkh cv. Fuji)为试材, 从盛花后 30 d(5 月 22 日)开始取样, 每隔 30 d 取样一次。6 月 1 日(40 d)套袋, 9 月 29 日(140 d)去袋, 取 2 次样, 共取 7 次样, 以不套袋果实为对照。每次随机取样。

涂抹钙试验于花后 30 d(5 月 22 日)进行, 以侧枝为试验小区, 每株选 4 个生长基本一致的侧枝, 每侧枝选取位置较一致的果实进行处理, 每个处理重复 5 次。果实于去袋后 10 d(10 月 10 日)取回测定。试验处理分别为: 清水+不套袋; 清水+套袋; 0.5%Ca(NO₃)₂+不套

袋; 0.5%Ca(NO₃)₂+套袋。

1.2 试验方法

1.2.1 钙的测定 每次取样后依次用自来水、蒸馏水、重蒸水洗净, 削取苹果果皮切成小块, 在 80℃烘箱烘干。称取烘干的果实干样 1.000 g, 放入瓷坩埚在 550℃灰化 10 h, 冷却后用浓 HNO₃ 硝化, 定容至 25 mL, 用原子吸收法测定。

1.2.2 抗氧化酶的测定 每次取样后, 削取果皮, 立即用液氮速冻处理, 在超低温冰箱保存。丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法; 过氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照李合生的方法; 过氧化物酶(POD)的测定采用愈创木酚法。

2 结果与分析

2.1 果皮钙含量的变化

由图 1 可以看出, 不同处理苹果果实的果皮钙浓度变化趋势一致, 套袋后均随着果实的生长发育而逐渐升高。对照果实与套袋果实的果皮钙浓度变化差异比较明显。以对照果实的果皮钙含量最高, 套纸袋的最低。花后 60 d(套袋 20 d)后, 果皮的钙浓度就开始逐渐升高; 花后 140(去袋)~150 d, 无论套袋果实还是对照果实的果皮钙浓度都有明显的提高。

2.2 果皮丙二醛含量的变化

MDA 是膜脂过氧化的最终产物, 也是反映细胞膜系统受害程度的重要指标。由图 2 可以看出, 在摘袋前, 对照与套袋果实的果皮丙二醛含量的变化趋势大致相同。套袋期间(花后 60~140 d), 对照果实果皮丙二醛含量高于套袋果实; 而果实摘袋后, 套袋苹果丙二醛含量明显增加, 高于对照果实。花后 140 d 时, 对照是套袋的 1.29 倍, 而花后 150 d(摘袋 10 d)时, 套袋是对照的

第一作者简介: 李方杰(1981-), 男, 在读硕士, 研究方向: 果树学。
E-mail: lfjet81@yahoo.com.cn

通讯作者: 刘成连。

收稿日期: 2007-04-03

1.03倍。结果表明套袋期间,套袋阻止了外界因子对果皮的刺激,减少了果皮内自由基的产生,减轻了膜脂过

氧化,丙二醛含量低于对照;而套袋果实摘袋后由于环境胁迫的增加,果皮丙二醛含量显著增加,高于对照。

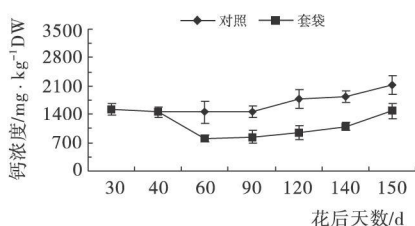


图1 果皮钙浓度变化

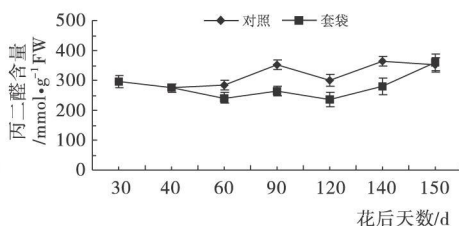


图2 果皮丙二醛含量变化

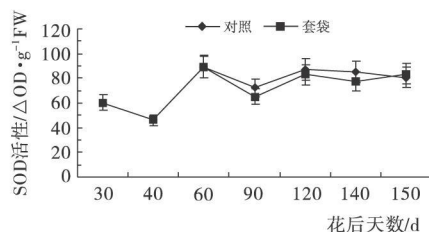


图3 果皮 SOD 活性变化

2.3 果皮 SOD 活性变化

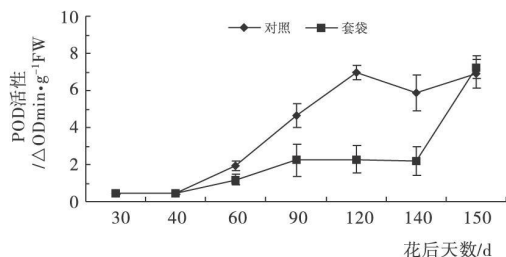


图4 果皮 POD 活性变化

SOD 是清除超氧自由基酶系统中最重要的一种酶,能够维持活性氧的代谢平衡、保护膜结构,从而使植物在一定程度上能忍耐、减缓或抵御逆境胁迫伤害。由图

3 可以看出不同处理果实果皮 SOD 活性的变化趋势是一致的。套袋后,对照果实的果皮 SOD 活性一直高于套袋果实,摘袋后套袋果实果皮 SOD 活性明显提高,此时套袋果实的果皮 SOD 活性高于对照果实。花后 150 d 时,套袋果实果皮 SOD 活性比未摘袋(花后 140 d)时提高了 8.5%,而对照则下降了 5.3%。

2.4 果皮 POD 活性变化

由图 4 可以看出,不同处理果实果皮 POD 活性的变化趋势是一致的。套袋后,POD 活性逐渐升高,对照果实的果皮 POD 活性一直高于套袋果实,摘袋后套袋果实果皮 POD 活性变化剧烈,花后 150 d 的比未摘袋(花后 140 d)升高 3.8 倍,而对照只升高 17.4%,此时套袋果实果皮的 POD 活性比对照高 5.1%。

2.5 钙处理对果皮钙浓度及抗氧化酶活性的影响

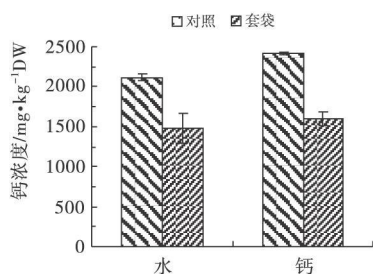


图5 果皮钙浓度变化

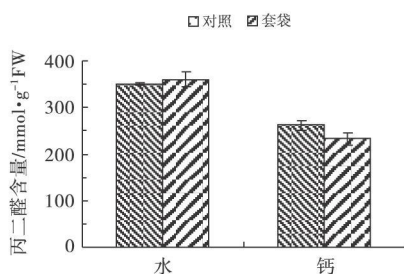


图6 果皮丙二醛含量变化

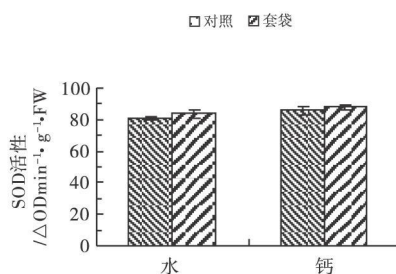


图7 果皮 SOD 活性变化

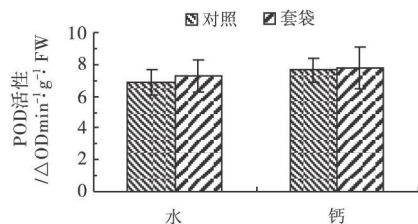


图8 果皮 POD 活性变化

由图 5 可以看出,经过涂抹钙处理后对照与套袋苹果的果皮钙浓度均有提高,其中对照苹果的钙浓度提高

了 14.2%,而套袋提高了 7.9%。钙处理有助于苹果果皮对钙素的吸收与积累。由图 6 可以看出,钙处理后对照与套袋苹果果实都减少了果实膜脂过氧化产物 MDA 的含量,说明钙处理抑制了苹果果皮的膜脂过氧化作用。其中套袋苹果果皮 MDA 含量的减少量高于对照。

由图 7、8 可以看出,钙处理增大了对照与套袋果实果皮 SOD 和 POD 的活性,而钙处理又减少 MDA 的含量,这说明 SOD 和 POD 活性高的时候,能够抑制 MDA 的生成和积累,减少果实膜脂过氧化的程度。

3 讨论

苹果套袋后由于所处微域环境的改变,致使果实的生长发育特性随之发生变化,能够引起一系列的生理特性的改变^[3]。研究表明,套袋对苹果果皮的钙浓度和抗氧化酶活性都产生了影响,套袋降低了果皮的钙浓度(图1),同时在套袋期间,果皮的MDA含量以及SOD、POD活性均低于对照,而去袋后,MDA含量以及SOD、POD活性均有提高,高于对照(图2、3、4)。可能的原因是套袋阻止了外界因子对果皮的刺激,减少了果皮内自由基的产生,而果实去袋后遭受强光胁迫,引起组织内抗氧化酶活性变化及一些保护物质含量的增加^[9]。也有研究认为套袋使果实长期处在特殊的微域环境胁迫中,其主要特点是温度变化比较迟缓,高温持续时间长、光照强度低。摘袋时,果实突然暴露在温度变化较大和自然光较强烈的自然环境中,容易造成新的环境胁迫,果实的抗氧化能力能够从环境胁迫中得到增强^[12],但这种胁迫必须“适度”^[13]。

果实进行涂抹钙处理后,提高了苹果果皮的钙浓度,同时也增高了果皮SOD、POD的活性,降低了MDA的含量(图5、6、7、8)。而SOD是生物体内重要的保护酶,具有清除超氧自由基的作用^[10],POD也是清除植物体过氧化物的防御性酶。果实去袋后,易遭受环境胁迫。而各种环境胁迫往往会造成植物体内自由基的累积,导致植物膜伤害,而Ca²⁺可对外界胁迫条件下苹果果肉细胞膜完整性具有维持作用,减少组织自由基的积累,从而抑制了膜脂过氧化作用^[11]。研究表明钙处理能够维持套袋苹果果皮较高的SOD、POD活性,降低了MDA的含量,维持了果皮细胞膜完整性,进而说明涂抹钙增强了苹果果皮细胞清除超氧自由基的作用,抑制了

膜脂过氧化过程,有利于减轻套袋苹果在去袋后环境胁迫所造成的伤害。

参考文献

[1] 刘成连,王永章,原永兵.套袋时间对红富士苹果着色及其它品质性状的影响[J].两高一优农业研究,1997:751-755.
[2] Beasley D R, Joyce D C, Hofman P J. Effect of preharvest bagging and of embryo abortion on calcium levels in 'Kensington Pridemango' fruit. Aust [J]. J. Exp. Agri., 1999, 39: 345-349.
[3] 潘增光,辛培刚.不同套袋处理对果实品质形成的影响及微域环境分析[J].北方园艺,1995,101(2):21-22.
[4] 关于套袋苹果黑点病问题的探讨[J].山西果树,2000,82(4):26-27.
[5] Schrader L, Zhang J G. Two types of sunburn in apple caused by high fruit surface (peel) temperature[J]. Plant Health Progress, 2001, (10): 15.
[6] Andrews P K, Johnson J R. Physiology of sunburn development in apples[J]. Good Fruit Grower, 1996, 47(12): 33-36.
[7] 王爱国,罗光华.植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系[J].植物生理学通讯,1990(6):55-57.
[8] 关军锋. Ca²⁺对苹果果实细胞膜透性、保护酶活性和保护物质含量的影响[J].植物学通报,1999,16(1):72-74.
[9] Merzlyak M N, Chivkunova O B. Light-stress-induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apple[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology, 2000, 55: 155-163.
[10] Fridovich L. The biology of oxygen radical; the superoxide radical is an agent of oxygen toxicity; superoxide dismutase provides an important defense [J]. Science, 1978, 201: 875-880.
[11] 关军锋.钙对苹果果实膜透性及膜脂过氧化作用的影响[J].山东农业大学学报,1990(2):47-53.
[12] 陈立松,刘星辉.果树逆境生理[M].北京:中国农业出版社,2000:731-732.
[13] 张建光,邱保,李英丽,等.套袋对苹果果实表皮组织抗氧化特性的影响[J].华北农学报,2005,20(3):54-56.

Effects of Daubing with Ca²⁺ on Ca Concentration and Antioxidative Capacity of Bagged Apple Fruit Peel

LI Fang-jie, WANG Lei, LIU Cheng-lian, YUAN Yong-bing, LI Pei-huan, WANG Yong-zhang

(Fruit Molecular & Development Biological Laboratory, Laiyang Agricultural College, Qingdao, Shandong 266109, China)

Abstract: Apple (*Malus domestica* Borkh cv. Fuji) fruit was used as material to study the effect of daubing with 0.5%Ca (NO₃)₂ on Ca concentration and antioxidative capacity of apple fruit peel. The young fruit were daubed with 0.5%Ca (NO₃)₂ on 30 days after full blossom. The result showed bagging could reduce the Ca concentration of apple peel, MDA content and the SOD, POD activities of bagged apple peel were lower than the control treatment. After removing bag, MDA content and the SOD, POD activities of bagged apple peel were higher than the control treatment. After the treatment of calcium, the Ca concentration of apple fruit peel increased, the SOD, POD activities increased, MDA content reduced. These enhanced the capacity of scavenging superoxide radical, inhibited membrane peroxidation, reduced the damage of environmental stress after removing bag.

Key words: Bagging; Apple; Calcium; MDA; SOD; POD