园　艺　学　报　2013，40（2）：341 – 349　　http: // www. ahs. ac. cn
Acta Horticulturae Sinica　　E-mail: yuanyixuebao@126.com

猕猴桃 3 个品种果实耐冷性差异研究

王玉萍[1]，饶景萍[1,*]，杨青珍[1,2]，李　萌[1]，索江涛[1]，赵海亮[1]

（[1]西北农林科技大学园艺学院，陕西杨凌 712100；[2]运城学院生命科学系，山西运城 044000）

摘　要：以猕猴桃早熟红肉品种‘红阳’、中熟黄肉品种‘华优’和晚熟绿肉品种‘徐香’的果实为试材，研究其在 0 ℃（RH 90%～95%）低温贮藏过程中冷害发生情况及相关生理生化变化。结果表明：不同品种耐冷性不同，中华猕猴桃‘红阳’和‘华优’耐冷性较弱且冷害表现早于美味猕猴桃‘徐香’。贮藏后期‘红阳’和‘华优’冷害指数、冷害率、MDA 含量和 LOX 活性显著高于‘徐香’，且乙烯释放量及前期的呼吸速率也较高；而‘徐香’冷害程度较轻，整个贮期始终保持较高的 POD 活性和较低的 PPO 活性，好果率高且失重率低，贮藏效果好于‘红阳’和‘华优’，且‘华优’硬度下降较快。表明‘红阳’和‘华优’对低温的耐性弱于‘徐香’，这种耐冷性差异为今后选育耐冷性品种提供一定的依据。

关键词：猕猴桃；品种；低温贮藏；冷害；耐冷性

中图分类号：S 663.4　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：0513-353X（2013）02-0341-09

Chilling Tolerance Difference Among Three Kiwifruit Cultivars

WANG Yu-ping[1]，RAO Jing-ping[1,*]，YANG Qing-zhen[1,2]，LI Meng[1]，SUO Jiang-tao[1]，and ZHAO Hai-liang[1]

（[1]*College of Horticulture*，*Northwest A & F University*，*Yangling*，*Shaanxi* 712100，*China*；[2]*Department of Life Sciences*，*Yuncheng University*，*Yuncheng*，*Shanxi* 044000，*China*）

Abstract：Kiwifruit of three different cultivars（early-ripening red pulp type‘Hongyang’，mid-ripening yellow pulp type‘Huayou’and late-ripening green pulp type‘Xuxiang’）were stored at 0 ℃（90% – 95% RH）to study the differences of chilling injury（CI）development，relative physiological and biochemical indexes among three cultivars. The results indicated that chilling tolerance of the kiwifruits showed differences among three cultivars.‘Hongyang’and‘Huayou’（*Actinidia chinensis*）exhibited more chilling-sensitive and occurred chilling injury earlier than‘Xuxiang’（*Actinidia deliciosa*）. The chilling injury index，chilling injury incidence，malonaldehyde（MDA）content and lipoxygenase（LOX）activity of‘Hongyang’and‘Huayou’were significantly higher than that of‘Xuxiang’at later storage，while ethylene production and respiratory rate maintained in high levels at earlier stage.‘Xuxiang’exhibited lighter chilling injury，maintained higher peroxidase（POD）activity and lower polyphenol oxidase（PPO）activity than that of‘Hongyang’and‘Huayou’during storage. It also had higher accepted fruit percentage and lower weight loss than that of‘Hongyang’and‘Huayou’，and the firmness of‘Huayou’decreased quickly. Results suggested that‘Hongyang’and‘Huayou’were more sensitive to CI than‘Xuxiang’，

收稿日期：2012 – 10 – 18；**修回日期**：2013 – 01 – 15

基金项目：陕西省科技统筹创新工程计划项目（2012KTJD03-05）

* 通信作者 Author for correspondence（E-mail：dqr0723@163.com）

which may be useful in breeding cultivars with improved storage life at low temperatures.

Key words：kiwifruit；cultivar；low temperature storage；chilling injury；chilling tolerance

‘红阳’（*Actinidia chinensis*）是早熟红肉型中华猕猴桃品种，果皮绿褐色，果毛柔软较易脱落，果皮薄。‘华优’（*Actinidia chinensis*）是中熟黄肉中华猕猴桃品种，果皮棕褐色或绿褐色，茸毛细小、稀少、易脱落，果皮较厚难剥离。‘徐香’（*Actinidia deliciosa*）是晚熟绿肉美味猕猴桃品种，果皮黄绿色，被黄褐色茸毛，果皮薄易剥离。

猕猴桃属于呼吸跃变型果实，采后冷藏可以有效抑制其软化，延长贮藏时间。然而多数猕猴桃品种对低温比较敏感且品种间冷敏性差异较大，在采后长期低温贮藏中易造成生理代谢失调等冷害现象。发生冷害的果实抗病性和耐贮性下降造成严重腐烂和品质劣变（周云 等，1997；Mohammed & Brecht，2002；高慧和饶景萍，2007；庞学群 等，2008；Lim & Woolf，2010；张宇 等，2010；Concellón et al.，2012；Martínez-García et al.，2012）。国外对猕猴桃采后冷害的研究仅集中在冷害症状、采前温度调控及采收成熟度对其冷害的影响上（Bauchot et al.，1999； Maguire et al.，2005；Sfakiotakis et al.，2005；Burdon et al.，2007）。

本试验中对‘红阳’、‘华优’和‘徐香’3 个不同品种猕猴桃果实在低温贮藏过程中的耐冷性及相关生理变化进行了研究与探讨，为生产中的冷害识别与控制提供参考，为今后选育耐冷性品种提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选择早熟红肉‘红阳’、中熟黄肉‘华优’和晚熟绿肉‘徐香’3 个品种猕猴桃果实作为试材。均于其可溶性固形物（TSS）达 6.5 ~ 7.5 时分别采收。‘红阳’于 2011 年 9 月 14 日采自眉县陈家庄一管理良好的果园，‘华优’和‘徐香’分别于 2011 年 9 月 27 日和 10 月 12 日采自眉县青化镇管理良好的果园。

果实采后当天运回实验室，挑选大小均一，无伤、残、次、病虫害的果实，直接放入温度（0 ± 0.5）℃、相对湿度为 90% ~ 95%的冷库中贮藏，每品种 3 次重复，每次重复 500 个果。入库当天及此后每 10 d 各取 10 个果实测定相关指标，用于相关酶活性的测定的样品保存于 − 80 ℃的超低温冰箱中。另外每 10 d 各取出 30 个果于 20 ℃下放置 5 d 用于统计冷害指数和冷害率，直至 90 d。应用 Excel 2003 和 SPSS 20.0 进行数据统计分析，显著性差异比较采用 *LSD* 法。

1.2 失重率和好果率的测定

失重率参照吴彬彬等（2008）方法，从每重复中随机取 100 个，入贮前称质量，失重率（%）= [（入贮时质量 − 结束时质量）/入贮时质量] × 100；贮藏结束时统计好果率，以未软烂、未发生冷害的完好果数占统计总果数的百分比计算。

1.3 果实冷害指数和冷害率的测定

冷害指数（CII）参照高慧和饶景萍（2007）的方法。冷害程度分为 5 级：0 级，无冷害发生；1 级，冷害发生面积 ≤ 25%；2 级，冷害发生面积为 25% ~ 50%；3 级，冷害发生面积 50% ~ 75%；4 级，冷害面积 ≥ 75%；按公式计算 CII = Σ（冷害级数 × 果实数）/（4 × N）；冷害率（%）：冷害果数/总果数 × 100。

1.4 果肉硬度测定

用 GY-4 数显式水果硬度计测定，测果实赤道部两侧去皮果肉硬度，每次测定 10 个果实，取平均值。

1.5 呼吸速率和乙烯释放速率的测定

呼吸速率测定参照董晓庆等（2009）方法，用 TEL-7001 型红外线 CO_2 分析仪测定，单位：CO_2 mg · kg^{-1} · h^{-1}。乙烯释放速率用岛津 GC-14A 型气相色谱仪法测定，单位：μL · kg^{-1} · h^{-1}。

1.6 PPO、POD、LOX 和 MDA 测定

PPO、POD、LOX 和 MDA 测定参照曹建康等（2007）的方法，PPO、POD 和 LOX 活性以每克果肉每分钟 OD 值变化 1 所需的酶量为一个酶活单位。测定重复 3 次，取平均值。

2 结果与分析

2.1 低温贮藏 90 d 后 3 个品种猕猴桃果实的失重率和好果率

果实贮藏过程中随贮藏时间延长质量不断减少，蒸腾失水是其主要原因。好果率是判别果实贮藏效果的重要指标。由图 1 可以看出，贮藏 90 d 后，‘红阳’的失重率最高，‘华优’次之，‘徐香’最低，三者间差异显著（$P < 0.05$）（图 1，A）。0 ℃贮藏 90 d，20 ℃放置 5 d 后，‘徐香’好果率显著高于‘华优’和‘红阳’（$P < 0.01$），后两者差异不显著（图 1，B）。

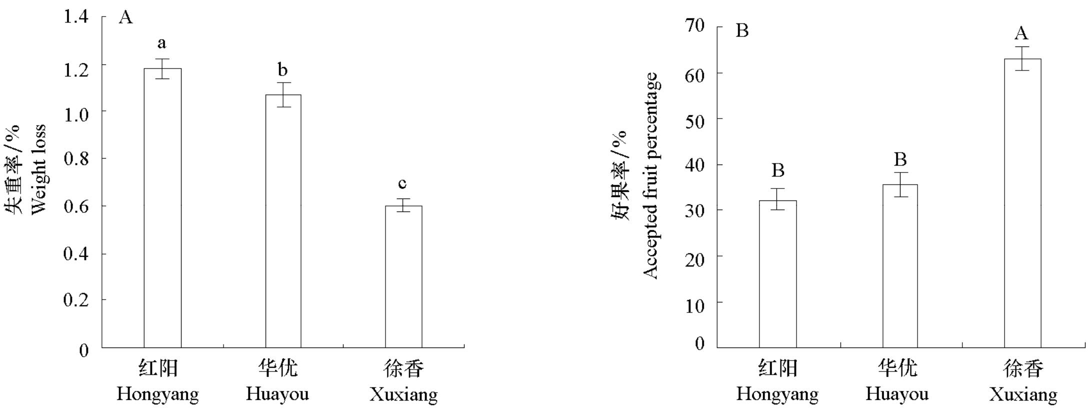

图 1 0 ℃贮藏 90 d 后 3 个品种猕猴桃果实的失重率（A）和好果率（B）

Fig. 1 Weight loss rate（A）and accepted fruit percentage（B）of three kiwifruit cultivars after 90 days storage at 0 ℃

2.2 低温贮藏下 3 个品种猕猴桃果实的冷害症状及冷害程度比较

猕猴桃果实 0 ℃贮藏期间无明显冷害症状，当移到 20 ℃后熟时，冷害症状逐渐表现出来，不同品种间冷害症状不同。‘红阳’贮藏 50 d 时开始出现皮下果肉组织木质化，近果柄处最早褐变，并伴随皮下果肉组织木质化，随着贮藏时间的延长（90 d），果面褐变面积及果肉木质化范围逐渐扩展（图 2，A2）。‘华优’贮藏 60 d 左右出现冷害症状，也表现皮下果肉组织木质化，但冷害果实表皮无明显症状，随冷藏时间延长，皮下果肉组织木质化程度加重，果实腐烂（图 2，B2）。‘徐香’在 70 d 左右部分果实表现表皮凹陷，皮下果肉组织呈现水渍状斑块（图 2，C2），随着贮藏时间的延长果皮局部褐变，皮下果肉组织伴有轻微木质化。

图 2 猕猴桃果实 0 ℃贮藏 90 d 后 20 ℃后熟 5 d 时的冷害症状

A：红阳；B：华优；C：徐香。1：正常果；2：冷害果。b：表皮褐变；l：果肉组织木质化；p：表皮凹陷；w：果肉水浸状。

Fig. 2 Chilling injury symptom of three kiwifruit cultivars after 90 days at 0 ℃ and 5 days at 20 ℃

A：Hongyang；B：Huayou；C：Xuxiang. 1：Normal fruit；2：Chilling fruit. b：Skin browning；l：Pulp tissue lignification；p：Skin pit；w：Water soaked in pulp tissue.

冷藏 50 d 后，‘红阳’、‘华优’和‘徐香’相继表现出冷害症状，‘红阳’出现最早，其次是‘华优’，‘徐香’最晚。贮藏后期（70 ~ 90 d），‘徐香’冷害率和冷害指数显著低于‘红阳’和‘华优’（P < 0.05），后两者间差异不显著（图 3），说明‘徐香’对低温胁迫的耐性最强，‘红阳’和‘华优’较弱。

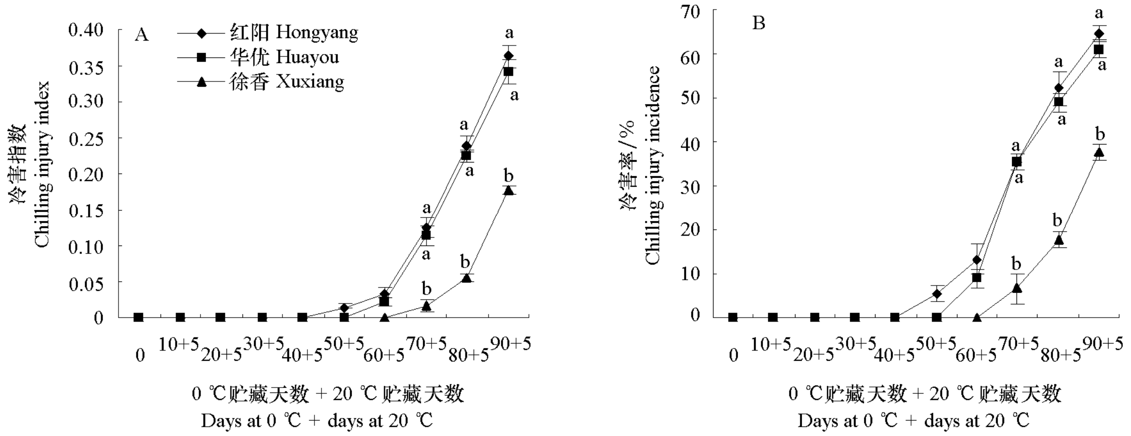

图 3　低温贮藏下 3 个品种猕猴桃果实的冷害指数（A）和冷害率（B）比较

Fig. 3　Compare of chilling injury index（A）and chilling injury incidence（B）of three kiwifruit cultivars during low temperature storage

2.3　冷藏期间 3 个品种猕猴桃果实的硬度变化

在冷藏条件下，随着贮藏时间的延长，各品种果实硬度都呈下降趋势，且贮藏前期下降较快，后期下降较缓慢（图 4）。贮藏结束（90 d）时‘红阳’、‘华优’和‘徐香’硬度分别下降了 81.93%、88.11%和 77.16%。其中‘华优’在整个贮藏过程中硬度下降最快，表明该品种果实对低温的适应性较弱。

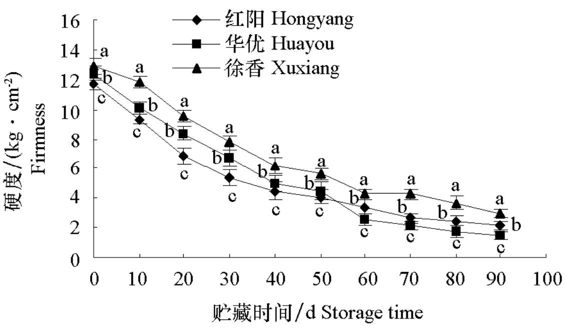

图 4　0 ℃贮藏过程中 3 个品种猕猴桃果实的硬度变化

Fig. 4　Changes in firmness of three kiwifruit cultivars during storage at 0 ℃

2.4　冷藏期间 3 个品种猕猴桃果实呼吸速率和乙烯释放速率的变化

低温抑制猕猴桃果实的呼吸作用（图 5，A），贮藏至 10 d 时三品种均有 1 个呼吸高峰，其中‘红阳’最高，‘华优’次之，‘徐香’最低（P < 0.05）。呼吸峰后，三者均呈下降趋势，之后维持在较低水平，但后期‘红阳’和‘华优’的呼吸反而低于‘徐香’。

贮藏前期果实产生的乙烯量很少，随着贮藏时间的延长，乙烯释放速率逐渐上升。‘华优’和‘红阳’乙烯释放速率在 50 d 时达高峰，‘徐香’的乙烯释放高峰晚 10 d 出现，且前两者的峰值显著高于后者（$P < 0.05$）（图 5，B）。

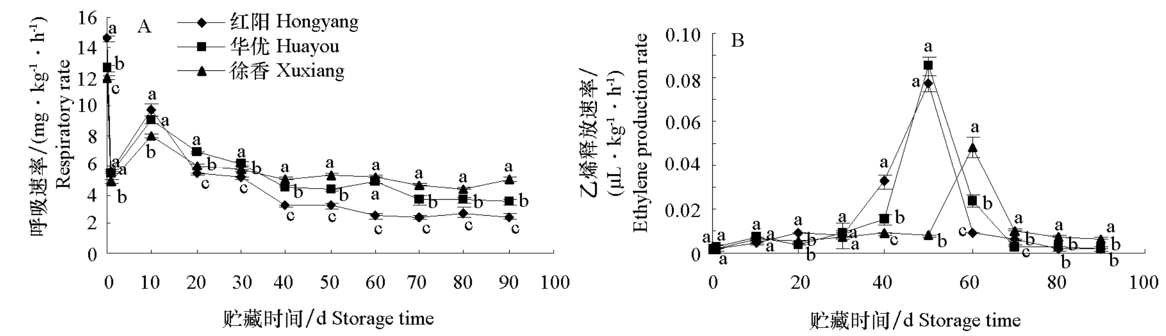

图 5　0 ℃贮藏过程中 3 个品种猕猴桃果实的呼吸速率和乙烯释放速率变化

Fig. 5　Changes in respiratory rate and ethylene production rate of three kiwifruit cultivars during storage at 0 ℃

2.5　冷藏期间 3 个品种猕猴桃果实脂氧合酶（LOX）活性和丙二醛（MDA）含量变化

LOX 催化 O_2 与膜脂不饱和脂肪酸反应，启动膜脂过氧化。MDA 作为膜脂过氧化产物，常用来表示采后果实衰老或冷害发生过程中细胞膜脂过氧化程度和逆境伤害的程度。

贮藏期间 3 品种果实 LOX 活性均表现为先上升后下降再上升的变化趋势（图 6，A），且贮藏后期（70 d）‘徐香’的 LOX 活性显著低于‘红阳’和‘华优’，而后两者之间无显著差异。三者贮藏过程中 MDA 逐渐积累，从 50 d 开始‘红阳’MDA 上升速度加快，60 d 时显著高于‘华优’和‘徐香’，之后‘华优’也快速上升，‘徐香’增速相对要缓慢得多（图 6，B）；贮藏后期‘红阳’和‘华优’显著高于‘徐香’（$P < 0.05$），表明‘徐香’冷伤害程度较轻。

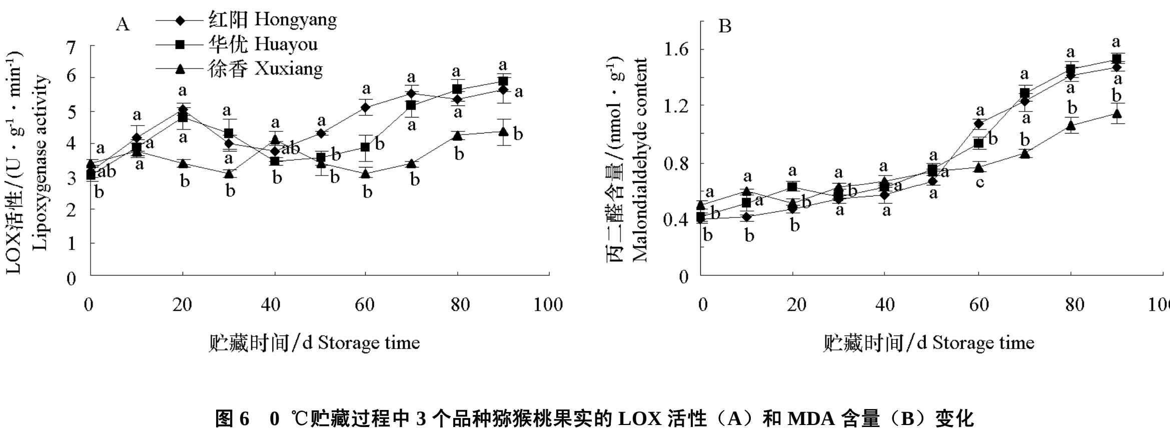

图 6　0 ℃贮藏过程中 3 个品种猕猴桃果实的 LOX 活性（A）和 MDA 含量（B）变化

Fig. 6　Changes in LOX activity（A）and MDA content（B）of three kiwifruit cultivars during storage at 0 ℃

2.6　冷藏期间 3 个品种猕猴桃果实 POD 和 PPO 活性变化

POD 是细胞内清除活性氧的保护酶之一，可降低低温胁迫下活性氧在植物体内的产生和积累导

致的伤害。冷害导致果肉褐变，而褐变主要是酚类物质在多酚氧化酶（PPO）参与下的氧化结果。

贮藏过程中‘徐香’的 POD 活性始终维持在较高水平且显著高于‘红阳’和‘华优’（图 7，A），50 d 时达活性高峰，‘华优’和‘红阳’的 POD 活性高峰出现在 60 d，此时‘华优’的活性峰值最低，‘徐香’最高，三者间峰值差异显著（$P < 0.05$）。

从图 7，B 可以看出，整个贮藏过程中‘徐香’的 PPO 活性始终维持在较低水平且无明显的活性高峰出现，而‘红阳’和‘华优’分别在 50 d 和 60 d 时达到 PPO 活性高峰，前者峰值显著高于后者（$P < 0.05$）。

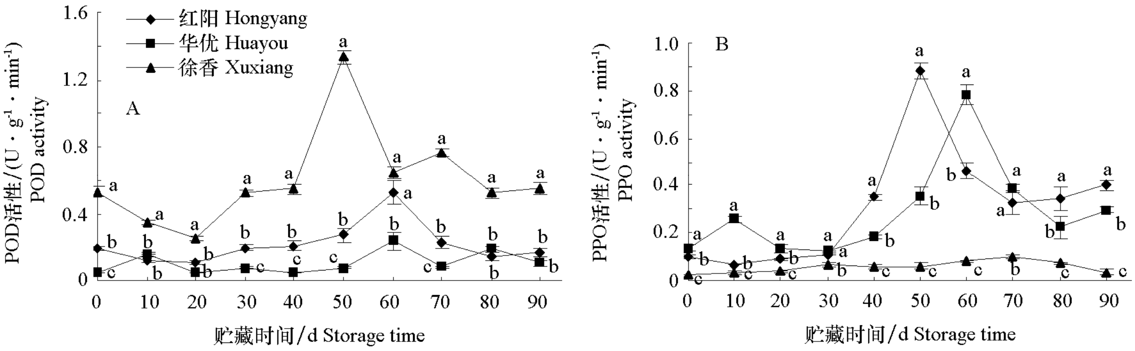

图 7　0 ℃贮藏过程中 3 个品种猕猴桃果实的 POD（A）和 PPO 活性（B）变化

Fig. 7　Changes in POD（A）and PPO activity（B）of three kiwifruit cultivars during storage at 0 ℃

3　讨论

本试验发现，3 种熟性和果肉颜色不同品种猕猴桃果实耐冷性不同，‘徐香’耐冷性较强，而‘红阳’和‘华优’耐冷性较弱。冷害可诱导乙烯的大量释放，随着冷害程度的加深，乙烯的生成量不再增加，反而急剧下降，直到最低水平（Woolf et al.，1997）；冷敏性植物在冷害临界点下贮藏时呼吸速率迅速显著升高（Balandrán-Quintana et al.，2003）。本试验中 3 品种果实在冷害症状出现的前期乙烯释放速率均异常升高，随冷害发展迅速下降，之后一直保持在较低水平；贮藏初期（10 d），受低温刺激三者呼吸速率显著升高，‘红阳’和‘华优’升高幅度较大，‘徐香’相对缓慢，但后期‘徐香’呼吸反而最高。可能由于低温冷害使果实受到严重生理伤害，正常的生理代谢功能受到限制的原因。这与在柑橘（Lafuente et al.，2003）和甜柿（张宇　等，2010）上的研究结果一致。

脂氧合酶（LOX）是一种广泛存在于植物体内的含非血红素铁的蛋白质，启动膜脂过氧化，降低膜脂脂肪酸的不饱和程度，加剧对植物组织细胞结构和功能的破坏；MDA 是膜脂过氧化的产物，损伤大分子生命物质，引起一系列生理生化代谢紊乱，最终导致膜的损伤和冷害发生。本试验发现贮藏前期‘华优’和‘红阳’LOX 活性快速升高，比‘徐香’增速快，且后期随着 LOX 活性升高，‘华优’和‘红阳’MDA 增速加快，膜脂过氧化加剧，膜完整性丧失，冷害症状逐渐表现出来，而‘徐香’MDA 增速缓慢，冷害程度较轻。‘华优’和‘红阳’冷害发生较严重，LOX 活性较高，导致膜脂过氧化作用加强，说明较高的 LOX 活性与猕猴桃冷害有一定关系。这与在柿（罗自生，2006）和橄榄（孔祥佳　等，2012）上的研究结果相似。

冷敏性植物组织的冷害与活性氧大量积累有关，活性氧攻击细胞膜系统，引发膜脂过氧化，细

胞代谢紊乱。POD 是细胞内清除活性氧的保护酶之一，POD 对减少活性氧积累、抵御膜脂过氧化和维护膜结构的完整性有重要作用，可降低低温胁迫下活性氧在植物体内的产生和积累导致的伤害。本试验中发现耐冷性较强的‘徐香’POD 活性在整个贮期始终保持在较高水平，冷害症状较轻，表明其清除活性氧的能力较强。这与 POD 活性越高，辣椒冷害程度越轻（Boonsiri et al.，2007）；POD 酶活性的高低与果实的抗冷性正相关（赵丹莹 等，2009）；较高的 POD 活性与水蜜桃果实的抗冷性有一定关系（郜海燕 等，2009）的报道相似。

低温引起植物组织褐变主要是多酚氧化酶（PPO）起作用，冷害使细胞膜完整性丧失，为组织内 PPO 与底物的接触同时发生褐变提供了必备条件（Boonsiri et al.，2007）。本研究中发现，‘徐香’整个贮期 PPO 活性较低且无显著变化，‘红阳’和‘华优’PPO 活性较高且均出现活性峰值，峰值过后均表现出明显的冷害症状。这与在鳄梨（Hershkovitz et al.，2005）、甜柿（张宇 等，2010）、李（Luo et al.，2011）和番茄（解静和罗自生，2011）上的研究结果一致。

冷害加速茄子失重率上升（赵云峰和郑瑞生，2010）。本试验发现‘徐香’果实 0 ℃下贮藏效果好于‘红阳’和‘华优’，表现为好果率高而失重率低；而‘红阳’和‘华优’好果率低贮藏效果较差，且‘华优’硬度下降较快。

综上所述，‘徐香’的耐冷性强于‘红阳’和‘华优’，这种品种间耐冷性差异除与生长条件等环境因素有关外，可能还与本身的生理特性有关，这为今后选育耐冷性品种提供一定的理论依据。

References

Balandrán-Quintana R R，Mendoza-Wilson A M，Gardea-Béjar A A，Vargas-Arispuro I，Martínez-Téllez M A. 2003. Irreversibility of chilling injury in zucchini squash（*Cucurbita pepo* L.）could be a programmed event long before the visible symptoms are evident. Biochemical and Biophysical Research Communications，307 (3)：553－557.

Bauchot A D，Hallett I C，Redgwell R J，Lallu N. 1999. Cell wall properties of kiwifruit affected by low temperature breakdown. Postharvest Biology and Technology，16：245－255.

Boonsiri K，Ketsa S，van Doorn W G. 2007. Seed browning of hot peppers during low temperature storage. Postharvest Biology and Technology，45：358－365.

Burdon J，Lallu N，Francis K，Boldingh H. 2007. The susceptibility of kiwifruit to low temperature breakdown is associated with pre-harvest temperatures and at-harvest soluble solids content. Postharvest Biology and Technology，43 (3)：283－290.

Cao Jian-kang，Jiang Wei-bo，Zhao Yu-mei. 2007. Experiment guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables. Beijing：China Light Industry Press：101－107，154－155. (in Chinese)

曹建康，姜微波，赵玉梅. 2007. 果蔬采后生理生化实验指导. 北京：中国轻工业出版社：101－107，154－155.

Concellón A，Zaro M J，Chaves A R，Vicente A R. 2012. Changes in quality and phenolic antioxidants in dark purple American eggplant（*Solanum melongena* L. cv. Lucía）as affected by storage at 0 ℃and 10 ℃. Postharvest Biology and Technology，66：35－41.

Dong Xiao-qing，Rao Jing-ping，Tian Gai-ni，Zhang Ju-yin，Liao Xiao-yue. 2009. Effects of oxalic acid compound cleaning agent on storage quality of fruits of apple‘Red Fuji’. Acta Horticulturae Sinica，36 (4)：577－582. (in Chinese)

董晓庆，饶景萍，田改妮，张举印，廖小月. 2009. 草酸复合清洗剂对红富士苹果贮藏品质的影响. 园艺学报，36 (4)：577－582.

Gao Hai-yan，Chen Hang-jun，Chen Wen-xuan，Song Li-li，Mao Jin-lin，Zhou Yong-jun，Zheng Yong-hua. 2009. Effects of harvest maturity on quality and chilling injury of juicy peaches during low temperature storage. Scientia Agricultura Sinica，42 (2)：612－618. (in Chinese)

郜海燕，陈杭君，陈文烜，宋丽丽，毛金林，周拥军，郑永华. 2009. 采收成熟度对冷藏水蜜桃果实品质和冷害的影响. 中国农业科学，42 (2)：612－618.

Gao Hui，Rao Jing-ping. 2007. Effect of chilling injury on membrane fatty acid and enzymatic activity of stored nectarines. Acta Bot Boreal-Occident Sin，27 (4)：710－714. (in Chinese)

高 慧，饶景萍. 2007. 冷害对贮藏油桃膜脂脂肪酸及相关酶活性的影响. 西北植物学报，27 (4)：710－714.

Hershkovitz Vera，Saguy Sam I，Pesis Edna. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. Postharvest

Biology and Technology，(37)：252 – 264.

Kong Xiang-jia，Lin He-tong，Zheng Jun-feng，Lin Yi-fen，Chen Yi-hui. 2012. Hot-air treatment induced chilling tolerance of cold-stored Chinese olive fruits and its relation to the metabolism of membrane lipids. Scientia Agricultura Sinica，45 (4)：752 – 760. (in Chinese)

孔祥佳，林河通，郑俊峰，林艺芬，陈艺晖. 2012. 热空气处理诱导冷藏橄榄果实抗冷性及其与膜脂代谢的关系. 中国农业科学，45 (4)：752 – 760.

Lafuente María T，Zacarias L，Martínez-Téllez M A，Sanchez-Ballesta M T，Granell A. 2003. Phenylalanine ammonia-lyase and ethylene in relation to chilling injury as affected by fruit age in citrus. Postharvest Biology and Technology，29：308 – 317.

Lim C S，Woolf A B. 2010. Varietal differences of chilling-induced physiological responses and quality attributes in pepper（*Capsicum annuum* L.）cultivars during low temperature storage. Horticulture Environment and Biotechnology，51 (6)：531 – 538.

Luo Zisheng，Chen Chun，Xie Jing. 2011. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of‘Qingnai’plum fruit. Postharvest Biology and Technology，62 (2)：115 – 120.

Luo Zi-sheng. 2006. Relationship between heat shock alleviating chilling injury and lipoxygenase of persinlmon fruit. Journal of Fruit Science，23 (3)：454 – 457. (in Chinese)

罗自生. 2006. 热激减轻柿果冷害及其与脂氧合酶的关系. 果树学报，23 (3)：454 – 457.

Maguire K M，Amos N，Kelly D. 2005. Influence of storage temperature and at-harvest maturity on incidence of chill-related disorders in‘Hort16A’kiwifruit. Proceedings of the International Conference Postharvest Unlimited Downunder，687：57 – 61.

Martínez-García P J，Peace C P，Parfitt D E，Ogundiwin E A，Fresnedo-Ramírez J，Dandekar A M，Gradziel T M，Crisosto C H. 2012. Influence of year and genetic factors on chilling injury susceptibility in peach［*Prunus persica*（L.）Batsch］. Euphytica，185：267 – 280.

Mohammed M，Brecht J K. 2002. Reduction of chilling injury in‘Tommy Atkins’mangoes during ripening. Scientia Horticulturae，95：297 – 308.

Pang Xue-qun，Chen Yan-ni，Huang Xue-mei，Wang Yue-hua，Hu Wei-rong，Zhang Zhao-qi. 2008. Chilling temperature enhances quality reduction in postharvest‘Shatangju’（*Citrus reticulata* Blanco）fruit. Acta Horticulturae Sinica，35 (4)：509 – 514. (in Chinese)

庞学群，陈燕妮，黄雪梅，汪跃华，胡位荣，张昭其. 2008. 冷害导致砂糖橘果实品质劣变. 园艺学报，35 (4)：509 – 514.

Sfakiotakis E，Chlioumis G，Gerasopoulos D. 2005. Preharvest chilling reduces low temperature breakdown incidence of kiwifruit. Postharvest Biology and Technology，38：169 – 174

Woolf A B，Ball S，Spooner K J，Lay-Yee M，Ferguson I B，Watkins C B，Gunson A，Forbes S K.1997. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon‘Fuyu’during storage by dry air heat treatments. Postharvest Biology and Technology，(11)：155 – 164.

Wu Bin-bin，Rao Jing-ping，Li Bai-yun，Lai Qin-yi，Zhang Hai-yan. 2008. Effect of harvest date on fruit quality and storage duration of kiwifruit. Acta Bot Boreal-Occident Sin，28 (4)：788 – 792. (in Chinese)

吴彬彬，饶景萍，李百云，赖勤毅，张海燕. 2008. 采收期对猕猴桃果实品质及其耐贮性的影响. 西北植物学报，28 (4)：788 – 792.

Xie Jing，Luo Zi-sheng. 2011. Effect of 1-methylcyclopropene on chilling injury of tomato fruit. Acta Horticulturae Sinica，38 (2)：281 – 287. (in Chinese)

解　静，罗自生. 2011. 1 – 甲基环丙烯对番茄冷害的影响. 园艺学报，38 (2)：281 – 287.

Zhang Yu，Rao Jing-ping，Sun Yun-jing，Li Shan-shan. 2010. Reduction of chilling injury in sweet persimmon fruit by 1-MCP. Acta Horticulturae Sinica，37 (4)：547 – 552. (in Chinese)

张　宇，饶景萍，孙允静，李珊珊. 2010. 1 – 甲基环丙烯对甜柿贮藏中冷害的控制作用. 园艺学报，37 (4)：547 – 552.

Zhao Dan-ying，Shen Lin，Yu Meng-meng，Zheng Yang，Sheng Ji-ping. 2009. Relationship between activities of antioxidant enzymes and cold tolerance of postharvest tomato fruits. Journal of Food and Science，24 (6)：869 – 870. (in Chinese)

赵丹莹，申　琳，于萌萌，郑　杨，生吉萍. 2009. 采后番茄果实抗氧化酶活性与抗冷性的关系. 食品科学，24 (6)：869 – 870.

Zhao Yun-feng，Zheng Rui-sheng. 2010. Effect of chilling injury on storage quality of postharvest eggplant fruits. Journal of Food and Science，31 (10)：321 – 325. (in Chinese)

赵云峰，郑瑞生. 2010. 冷害对茄子果实贮藏品质的影响. 食品科学，31 (10)：321 – 325.

Zhou Yun，Ji Zuo-liang，Lin Wei-zhen. 1997. Study on the optimum storage temperature and chilling injury mechanism of longan fruit. Acta Horticulturae Sinica，24 (1)：13 – 18. (in Chinese)

周　云，季作梁，林伟振. 1997. 龙眼冷藏适温及其冷害的研究. 园艺学报，24 (1)：13 – 18.