

热激处理对冷藏枇杷果实冷害的生理作用

吴光斌, 陈发河, 张其标, 杨 娇

(集美大学生物工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要 枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)果实采后经48~52℃、10 min的热激处理,然后2~5℃贮藏,通过对贮藏期间果实冷害级别、呼吸速率、过氧化物酶、过氧化氢酶、苯丙氨酸解氨酶活性和质膜相对透性变化的分析,研究贮前热激处理对冷藏枇杷果实冷害的生理作用。结果表明,2~5℃低温可诱导枇杷果实呼吸速率和苯丙氨酸解氨酶活性异常升高,果实冷害程度与苯丙氨酸解氨酶活性之间呈正相关,相关系数 $r=0.926$ 。热激处理能降低冷藏条件下(2~5℃)枇杷果实呼吸速率的异常升高,减轻由于低温胁迫造成的果肉细胞膜损伤,提高枇杷果实的过氧化物酶和过氧化氢酶活性,降低苯丙氨酸解氨酶的活性。贮前热激处理有推迟和减轻枇杷果实冷害症状发生、降低果肉低温劣变的作用。贮前热激处理结合低温冷藏是延长枇杷果实贮藏寿命的有效措施之一。

关键词: 枇杷; 果实; 热激处理; 冷藏; 冷害

中图分类号: TS205.9; S667.309+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2004)02-0001-05

Effects of heat shock treatment on chilling injury and physiological responses of *Eriobotrya japonica* fruit during cold storage WU Guang-bin, CHEN Fa-he, ZHANG Qi-biao, YANG Jiao (College of Bioengineering, Jimei University, Xiamen 361021, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2004, 13(2): 1~5

Abstract: The *Eriobotrya japonica* Lindl. fruit was treated with heat shock of 48~52℃ for 10 min, and then stored at 2~5℃. Physiological effects of this heat shock treatment on chilling injury of the fruit were studied by analyzing periodically the changes in the degree of chilling injury, respiratory rate, peroxidase activity, catalase activity, phenylalanine ammonialyase activity and plasmalemma relative permeability of the fruit during cold storage. The results showed that the respiratory rate and the phenylalanine ammonialyase activity of the fruit sharply increased under low temperature stress condition (2~5℃). The degree of chilling injury of fruit was significantly positive correlation with the activity of the phenylalanine ammonialyase ($r=0.926$). The heat shock treatment could lower the respiration rising, lighten the chilling injury of membrane, enhance the peroxidase activity and catalase activity and reduce the phenylalanine ammonialyase activity of the fruit stored at low-temperature (2~5℃). The heat shock treatment can enhance resistance to chilling injury of the fruit, postpone the symptom of chilling injury appearing and lighten the degree of chilling injury. The heat shock treatment (48~52℃ for 10 min.) before cold storage (2~5℃) is a effective method of prolonging the shelf life of *E. japonica* fruit.

Key words: *Eriobotrya japonica* Lindl.; fruit; heat shock treatment; cold storage; chilling injury

枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)是我国南方著名的特产水果之一,果实成熟于春末夏初,果肉滑软多汁,营养丰富,风味佳美,且具有止咳润肺等医疗功效,倍受人们的喜爱。但枇杷果实采后生理活动旺盛,常温下极易失水皱缩和变质腐烂^[1];低温(1~5℃)贮藏虽然可以抑制果实腐烂的发生,但会出现果皮和果肉粘连、果肉褐变、质地粗糙少汁等低温冷害现象^[2]。关于枇杷果实采后的研究报道多数集中在贮藏保鲜技术方面^[3~7],枇杷果实冷藏过程中果肉低温劣变的原因尚不十分清楚。有研究表明,冷

敏感型果实冷害症状的产生,是低温导致细胞膜结构的损伤,进而引起细胞代谢异常所致^[8,9]。冷敏感型果蔬的冷害机理与控制一直是采后生理学研究的热点之一,通过变温处理^[10,11]、贮前热处理^[12,13]等方法可以减轻甜椒(*Capsicum frutescens* L.)、番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)、柿果(*Diospyros kaki* L.)

收稿日期: 2003-12-05

基金项目: 厦门市科技计划资助项目(3502Z20031088)

作者简介: 吴光斌(1967-),女,重庆人,大学,工程师,主要从事农产品贮藏加工等方面的研究。

f.)等冷敏感型果蔬的冷害症状,但将贮前热激处理用于减轻枇杷果实低温贮藏期间冷害的研究尚未见报道。本文研究了热激处理后枇杷果实在冷害温度下的生理反应,旨在为枇杷果实采后保鲜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料与处理

实验用枇杷品种为解放钟(*Eriobotrya japonica* Lindl. cv. Jiefangzhong),采自福建省莆田县常太镇。采后立即运回实验室,在室温下放置24 h后,选择成熟度基本一致,大小均匀,无机械损伤和病虫害侵染的果实,随机分成4组,每组600~650个果实,然后进行下列4组处理。处理1:枇杷果实置于室温(22~30℃)贮藏;处理2:枇杷果实置于2~5℃贮藏;处理3:先将枇杷果实置于48~52℃处理10 min,然后移至室温(22~30℃)贮藏;处理4:先将枇杷果实置于48~52℃处理10 min,然后移至2~5℃贮藏。每组处理重复2次。

1.2 方法

1.2.1 呼吸速率测定 按李喜宏的方法^[14]进行测定。

1.2.2 过氧化物酶活性测定 用Kochba等人的愈创木酚法^[15]测定,以 $OD_{470} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ 表示酶活性的大小。

1.2.3 过氧化氢酶活性测定 按波钦诺克的方法^[16]测定,以被分解的 H_2O_2 的量($\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)表示酶活性的大小。

1.2.4 苯丙氨酸解氨酶活性测定 按薛应龙的方法^[17]测定,以 $OD_{290} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 表示酶活性的大小。

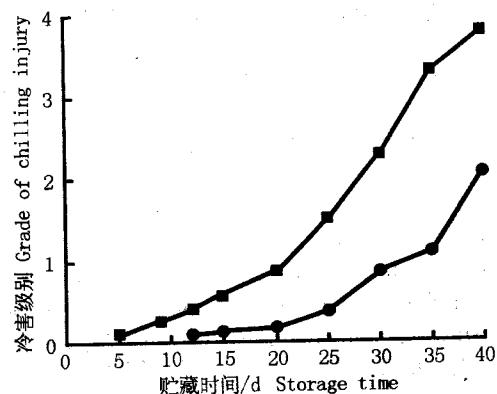
1.2.5 质膜相对透性测定 参照文献[18]的方法测定。

1.2.6 果肉低温冷害级别的确定 参照文献[10]确定冷害级别,以出汁率、硬度、果皮剥离的难易程度等指标综合评价果肉低温冷害级别,将其分为5级,即0级:无冷害症状,果肉出汁率的降低在5%以下,硬度的增加在5%以下,果皮容易剥离;1级:轻微冷害,果肉出汁率的降低在5%~10%之间,硬度的增加在5%~15%之间,果皮较易剥离;2级:中轻度冷害,果肉出汁率的降低在10%~15%之间,硬度的增加在15%~25%之间,果皮与果肉部分粘连;3级:中度冷害,果肉出汁率的降低在15%~20%之间,硬度的增加在25%~35%之间,果皮较难剥离;4级:重度冷害,果肉出汁率的降低在20%以上,硬度的增加在35%以上,果皮难剥离。

2 结果与分析

2.1 冷藏枇杷果实的冷害症状及热激处理的效应

枇杷果实在2~5℃冷藏至20 d时低温冷害症状显现,表现为果肉硬度增加,质地向粗糙化发展,果皮剥离难度增加,果肉出汁率下降,果实表面色泽轻微变深,但低温下果实外观冷害症状发展比较缓慢;热激处理后贮于2~5℃的枇杷果实30 d时才呈现轻微冷害症状(图1),冷害级别也显著低于未经热激处理而直接贮于2~5℃的果实,这表明热激处理钝化了枇杷果实对低温(2~5℃)的敏感程度,从而推迟了果实冷害症状的起始时间,使冷害发生的级别降低。



—■— 2~5℃冷藏 Stored at 2~5℃; —●— 热激处理后2~5℃冷藏 Heat shock treatment of 48~52℃ for 10 min and stored at 2~5℃
0: 无冷害症状 No chilling injury; 1: 轻微冷害 Slight chilling injury; 2: 中轻度冷害 Light middle chilling injury; 3: 中度冷害 Middle chilling injury; 4: 重度冷害 Serious chilling injury

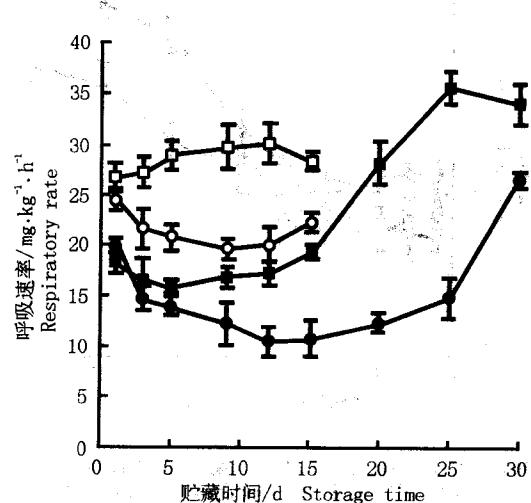
图1 热激处理对冷藏枇杷果实冷害的影响
Fig. 1 Effects of heat shock treatment on chilling injury of *Eriobotrya japonica* Lindl. fruit during cold storage

室温贮藏15 d后,枇杷果实腐烂率升高,至20 d时已无商业贮藏价值,所以处理1和处理3的常温贮藏实验到20 d时结束;2~5℃贮藏至50 d时,因果肉冷害劣变较严重,品质下降,商品率降低。热激处理可使果肉冷害劣变得到缓解,提高果实的商品率。实验中还观察到,枇杷果实在低温下贮藏至后期,果面发生病原微生物的侵染病斑,腐烂程度

增加,贮前热激处理可使果实的腐烂程度有所减轻。在常温贮藏的枇杷果实上,热激处理对果面病原微生物的抑制效应也很明显,其腐烂率低于未经热激处理的果实(另文发表)。

2.2 枇杷果实贮藏期间呼吸速率变化及贮前热激处理的影响

室温贮藏的枇杷果实在整个贮藏期间呼吸速率变化不明显(图2),表现为非呼吸跃变型果实的呼吸代谢模式。2~5℃贮藏的枇杷果实(处理2),15 d前其呼吸速率较室温下贮藏的果实低,15 d后呼吸速率明显上升,25 d后趋于平缓。经热激处理后贮于室温的枇杷果实,其呼吸速率逐渐呈下降趋势,明显低于未经热激处理而贮藏在室温下的果实;热激处理后贮藏于2~5℃的枇杷果实,其呼吸速率前期持续降低,嗣后轻微上升,贮藏至25 d后明显升高(图2)。上述结果说明,冷藏期间低温持续作用于枇杷果实后,当冷蓄积达到某一临界值时,同样可刺激非跃变型的枇杷果实呼吸速率上升;而贮前热激处理既可降低低温胁迫引起的枇杷果实呼吸速率的上升,也可使常温下贮藏的枇杷果实的呼吸速率降低。



—□— 室温下贮藏 Stored at 22~30℃; —■— 2~5℃冷藏 Stored at 2~5℃; —○— 热激处理后室温贮藏 Heat shock treatment of 48~52℃ for 10 min and stored at 22~30℃; —●— 热激处理后2~5℃冷藏 Heat shock treatment of 48~52℃ for 10 min and stored at 2~5℃

图2 热激处理对枇杷果实贮藏期间呼吸速率的影响

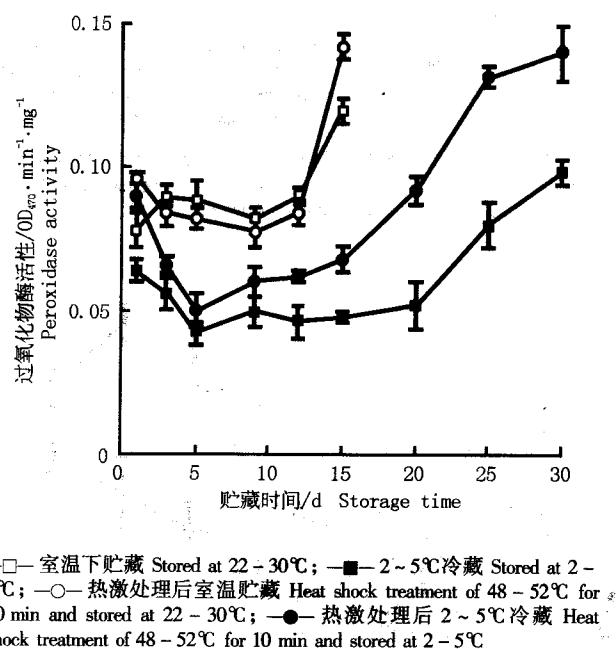
Fig. 2 Effects of heat shock treatment on respiratory rate of *Eriobotrya japonica* Lindl. fruit during storage

2.3 热激处理对枇杷果实贮藏期间酶活性的影响

热激处理对枇杷果实贮藏期间过氧化物酶、过

氧化氢酶和苯丙氨酸解氨酶活性的影响见图3、图4和图5。

贮藏于室温(处理1)和热激处理后贮藏于室温(处理3)的枇杷果实,过氧化物酶活性在12 d前变化不大,热激处理虽对酶活性有影响,但差异不明显;在12 d后过氧化物酶活性急剧升高,热激处理的果实酶活性的上升幅度更大(图3),这可能与枇杷的衰老进程有关。处理1的枇杷果实在室温下过氧化氢酶活性逐渐下降;处理3的枇杷果实,过氧化氢酶活性在整个贮藏期间变化不明显,且维持在相对较高的水平(图4)。贮藏于2~5℃(处理2)和热激处理后贮藏于2~5℃(处理4)的枇杷果实,过氧化物酶和过氧化氢酶活性在贮藏初期均轻微下降,随后2种酶的活性均上升,这是枇杷果实对冷藏期间低温持续作用的适应性反应;而经热激处理后贮藏于2~5℃的枇杷果实,过氧化物酶和过氧化氢酶的活性则明显增高(图3和图4)。



—□— 室温下贮藏 Stored at 22~30℃; —■— 2~5℃冷藏 Stored at 2~5℃; —○— 热激处理后室温贮藏 Heat shock treatment of 48~52℃ for 10 min and stored at 22~30℃; —●— 热激处理后2~5℃冷藏 Heat shock treatment of 48~52℃ for 10 min and stored at 2~5℃

图3 热激处理对枇杷果实贮藏期间过氧化物酶活性变化的影响

Fig. 3 Effects of heat shock treatment on peroxidase activity of *Eriobotrya japonica* Lindl. fruit during storage

室温贮藏的枇杷果实,苯丙氨酸解氨酶活性变化不明显(图5),而热激处理虽然对该酶活性有降低作用,但差异不显著;2~5℃贮藏的枇杷果实,苯丙氨酸解氨酶活性在15 d前变化幅度不大,15 d后该酶活性迅速增加,25 d时达到最高值,嗣后有所下降,但仍处于较高水平。而经热激处理后冷藏的枇

杷果实,苯丙氨酸解氨酶活性增加缓慢。这表明热激处理可明显减轻低温引起的苯丙氨酸解氨酶活性的急剧增加,这种效应可以保持到枇杷果实冷藏的后期。受到低温冷害的枇杷果实出现果肉褐变、质地糙硬少汁等现象同低温刺激果实内部苯丙氨酸

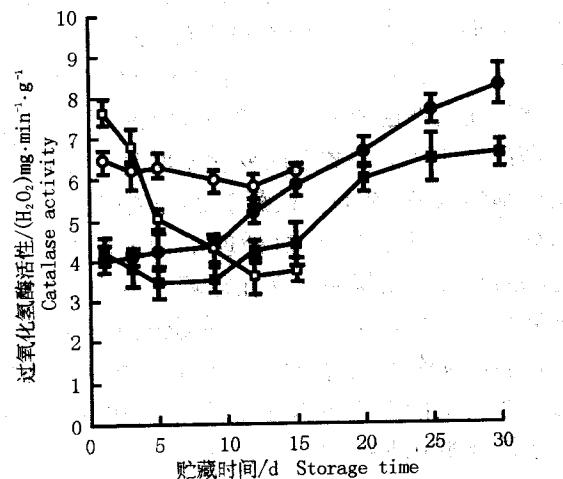


图4 热激处理对枇杷果实贮藏期间过氧化氢酶活性变化的影响
Fig. 4 Effects of heat shock treatment on catalase activity of *Eriobotrya japonica* Lindl. fruit during storage

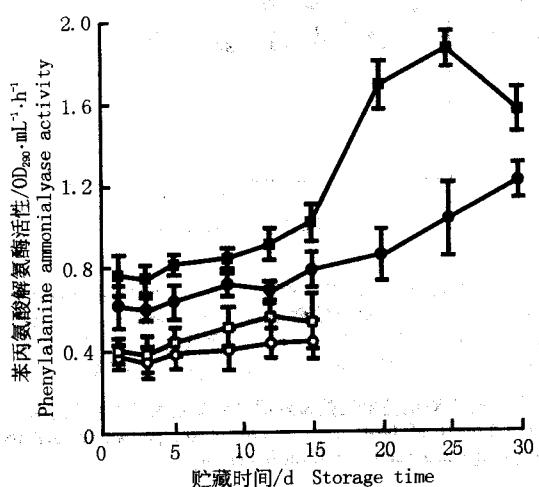


图5 热激处理对枇杷果实贮藏期间苯丙氨酸解氨酶活性变化的影响
Fig. 5 Effects of heat shock treatment on phenylalanine ammonialyase activity of *Eriobotrya japonica* Lindl. fruit during storage

解氨酶活性升高有关,将冷害级别与苯丙氨酸解氨酶活性之间进行线性回归,发现两者之间存在显著的正相关关系,相关系数 $r = 0.926$ 。

2.4 热激处理对枇杷果实贮藏期间质膜透性的影响

室温下,枇杷果实细胞质膜相对透性随贮藏时间的延长而增加(图6),但趋势较平缓,在12 d以后增加幅度变大;2~5°C,果实质膜透性随低温持续时间的延长明显增高。热激处理后贮藏于2~5°C的枇杷果实细胞膜透性低于直接贮藏于2~5°C的果实,说明热激处理降低了细胞膜对低温胁迫的敏感性,细胞膜受伤害程度降低;热激处理后贮藏于常温和低温2种温度条件下的枇杷果实,初期细胞膜透性均略高于未经热激处理的果实,而且呈缓慢下降趋势,说明热激处理时果实所受到的短时热胁迫环境造成的膜损伤是可逆的,在贮藏过程中膜轻微的热损伤逐渐得到恢复。直接贮藏于室温的枇杷果实贮藏至12 d后细胞膜透性有较明显的增加,这可能与果实的软化和衰老过程有关。

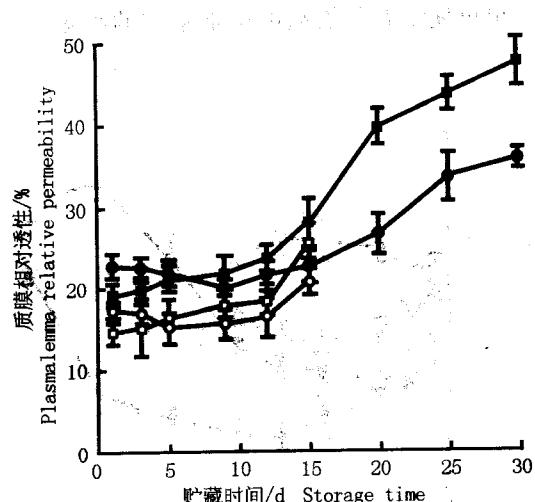


图6 热激处理对枇杷果实贮藏期间质膜相对透性变化的影响
Fig. 6 Effects of heat shock treatment on plasmalemma relative permeability of *Eriobotrya japonica* Lindl. fruit during storage

3 讨论

枇杷果实无后熟作用,只有在植株上成熟后采收才能获得最佳的食用品质。枇杷果实采后虽无呼

吸跃变现象,但在室温下呼吸速率仍处于较高水平,物质分解代谢旺盛,很快失去枇杷果实特有的风味,而且易腐烂变质。低温冷藏能明显延长枇杷的贮藏期,但冷藏超过一定时间果肉则出现低温劣变现象。近年来,热激逆境效应在果蔬贮藏保鲜中的应用越来越受到重视^[19]。枇杷果实对低温比较敏感,2~5℃的贮藏温度对枇杷果实而言则属于低温胁迫条件,因此会造成果实呼吸速率异常升高和细胞膜透性增加,从而导致果实冷害发生。热激处理后贮于2~5℃的枇杷果实,低温引起的呼吸速率异常升高得到缓解,细胞膜抗冷性增加,冷害症状发生的时间被推迟,冷害程度明显减轻。

枇杷冷藏时果肉硬度的增加和出汁率的减少都与细胞壁物质代谢异常有关,是一种低温失调现象。过氧化物酶和过氧化氢酶被认为是植物在逆境中的保护体系,这些酶活性的提高并形成较高的稳定性,特别是在低温条件下保持较高的活性,可以减轻逆境胁迫对植物的伤害^[9]。热激处理后枇杷果实过氧化物酶和过氧化氢酶活性增高,说明这一物理处理技术加强(或激活)了果实组织内抗逆境伤害的酶防御系统,使其对冷害的抗性增强,从而降低了低温对细胞膜的伤害程度,代谢异常现象和冷害程度随之减轻。苯丙氨酸解氨酶是植物木质素合成的关键酶之一,热激处理降低了此酶的活性,也使枇杷果实低温劣变症状明显减轻。本实验结果表明,热激处理技术结合低温冷藏是保持枇杷果实品质新鲜,延长贮藏寿命的有效措施之一。

参考文献:

- [1] 郑永华. 水果保鲜及商品化处理[M]. 北京:中国农业出版社, 1998. 212~260.
- [2] 郑永华,席巧芳,应铁进. 枇杷果实采后生理与贮藏[J]. 浙江林学院学报, 1993, 10:278~281.
- [3] 刘勤,俞炳果,王薛修. 贮藏条件对枇杷贮藏期主要品质和生理变化的影响[J]. 南京农业大学学报, 1994, 17(1): 27~31.
- [4] 章泳,俞炳果,王薛修. 氯化钙对枇杷贮藏期的效应及其作用机理[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(1): 104~105.
- [5] 苏云中,李敏清,林杰等. 枇杷保鲜技术研究及应用[J]. 中国南方果树, 1999, 28(2): 32~33.
- [6] 郑永华,席巧芳. 枇杷薄膜包装贮藏效果研究[J]. 食品科学, 2000, 21(9): 56~58.
- [7] 何志刚,魏勤,胡昌泉等. 枇杷果盒装低温贮鲜技术初探[J]. 福建果树, 1997(1): 24~27.
- [8] Raison J K, Orr G R. Proposals for a better understanding of the molecular basis of chilling injury [A]. Wang C Y. Chilling Injury of Horticultural Crops [M]. Boca Raton, FL: CRC Press, 1990. 145~164.
- [9] 康国章,王正询,孙谷畴. 植物的冷调节蛋白[J]. 植物学通报, 2002, 19(2): 239~246.
- [10] 陈发河,张维一,吴光斌. 变温处理后甜椒果实对低温胁迫的生理反应[J]. 园艺学报, 1994, 23(4): 119~124.
- [11] Kader A A, Moeen L L. Amelioration of chilling injury symptoms on tomato fruits[J]. HortScience, 1975, 10: 324~328.
- [12] 罗自生,席巧芳,楼健. 热处理减轻柿果冷害与内源多胺的关系[J]. 中国农业科学, 2003, 36(4): 429~432.
- [13] 罗自生,席巧芳,金勇丰等. 贮前热处理减轻柿果实冷害与细胞壁水解酶活性的关系[J]. 园艺学报, 2001, 28(6): 554~556.
- [14] 李喜宏,陈丽. 实用果蔬保鲜技术[M]. 北京:科学技术文献出版社, 2000. 488~492.
- [15] Kochba J, Lavee S, Spigel-Roy P. Differences in peroxidase activity and isoenzyme in embryogenic and nonembryogenic 'Shangut' orange ovarian callus lines[J]. Plant and Cell Physiol, 1977, 18: 463~466.
- [16] 波钦诺克 X H. 植物生物化学方法[M]. 荆家海,丁钟荣译. 北京:科学出版社, 1981. 203~207.
- [17] 薛应龙. 植物生理学实验[M]. 北京:高等教育出版社, 1985. 104~115.
- [18] 陈发河,张维一. 低温胁迫对甜椒果实游离脯氨酸的影响[J]. 植物生理学通讯, 1991, 25(5): 365~368.
- [19] 刘愚,吴有梅. 果蔬贮藏中的逆境效应及应用[J]. 中国农业科学, 1992, 25(5): 1~4.