

外源腐胺对油桃采后生理及与其相关酶活性的影响

张海燕, 饶景萍*, 戴斯琴, 王婷, 吴彬彬, 刘丽丽

西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100

提要: 研究外源腐胺(Put)对油桃品种‘秦光2号’果实采后生理及与其相关酶活性影响的结果表明: 在0℃贮藏条件下Put处理的油桃冷害比未经Put处理的延迟10 d发生, 冷害发生率和冷害指数下降, 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)的活性均提高, 脂氧合酶(LOX)活性受抑, 果实的乙烯释放量和呼吸速率下降, 二者跃变高峰出现推迟, 果实硬度下降延缓, 可溶性固形物(TSS)含量保持在较高水平, 但Put对油桃中可滴定酸(TA)含量影响不显著。

关键词: 油桃; 腐胺; 冷害; 采后生理

Effect of Exogenous Putrescine (Put) on Postharvest Physiology and Its Related Enzyme Activity of Nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch var. *nectarina* Maxim.]

ZHANG Hai-Yan, RAO Jing-Ping*, DAI Si-Qin, WANG Ting, WU Bin-Bin, LIU Li-Li

College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

Abstract: In this paper, the effect of exogenous putrescine (Put) on chilling injury rate, chilling injury index, flesh firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), respiration, ethylene production, and activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) and lipoxygenase (LOX) of the nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*) variety ‘Qinguang 2’ were studied. The results showed that the chilling injury of nectarine fruits stored at 0℃ was delayed for 10 d by exogenous Put treatment, the chilling injury rate and chilling injury index were different from control. Put significantly raised the activities of membrane SOD, CAT and POD and inhibited the LOX activity, meantime, the Put decreased the ethylene production and the respiration rate, delayed the respiration peak and the ethylene peak, slowed down the decrease in the flesh firmness, and made the content of TSS at a high level. However, it showed no remarkable effect on the contents of TA.

Key words: nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*); putrescine; chilling injury; postharvest physiology

油桃属呼吸跃变型冷敏性果实, 常温下贮藏易腐烂变质, 而低温冷藏又易产生冷害, 丧失商品价值(高慧和饶景萍 2005; 彭丽桃等 2001; 王俊宁等 2005)。细胞膜结构的损伤是组织衰老的主要特征之一, 细胞内膜系统遭破坏后, 组织结构和细胞区域化丧失, 从而导致细胞内部物质平衡失调和功能丧失(李丽萍和韩涛 2000)。多胺(polyamine, PA)是生物代谢过程中产生的一类具有生物活性的低分子量脂肪族含氮碱, 高等植物中的多胺主要包括腐胺(putrescine, Put)、亚精胺(spermidine, Spd)和精胺(spermine, Spm)、尸胺(cadaverine, Cad)等。已有研究表明, 内源和外源多胺均能起稳定细胞膜和延缓果实衰老的作用, 所以有人用作果实采后贮藏的保鲜剂(王晓云和邹琦 2002; 冯磊等 2004; Jiang 和 Chen 1995),

在果蔬冷害中可能起一定的调节作用(Galston 1983; 郑永华等 2000), 但外源多胺对油桃采后生理及与其相关酶活性影响的研究迄今尚未见报道。本文以油桃品种‘秦光2号’为试材, 研究外源Put与冷藏的油桃果实采后生理及与其相关酶活性的关系, 探讨多胺在油桃果实保鲜中的作用, 以期能为多胺在油桃贮藏中的应用提供参考。

材料与方法

材料为油桃[*Prunus persica* (L.) Batsch var.

收稿 2007-09-17 修订 2007-11-13

资助 陕西省科技攻关项目(2005K01-G11-04)。

* 通讯作者(E-mail: dpr0723@public.xa.sn.cn; Tel: 029-87032577)。

nectarina Maxim.]品种‘秦光2号’果实,于2006年7月29日采自杨凌一农家果园,果实由绿转白和果顶微泛红时(八成熟左右的果实)采收,采后立即运回实验室。选择色泽均匀,大小均一,成熟度一致,无伤、虫、病害的果实,在浓度选择预备试验的基础上随机分为2类:一类用10 mmol·L⁻¹ Put (Sigma)溶液浸果20 min,另一类清水浸果20 min为对照。浸果后晾干分装于0.03 mm厚的聚乙烯薄膜打孔塑料袋(打孔率为1.5%)中,贮藏于0℃冷库中。每处理5 kg果,重复3次,整个贮藏期间每5 d取样测定各种指标。

此外,在贮藏期间另放30个果,参照马俊莲等(2000)文中的方法按果实表面的腐烂程度将油桃冷害分为5个级别:0级,0%;I级,<25%;II级,25%~50%;III级,50%~75%;IV级,75%~100%。冷害指数=(冷害发生果个数×级别数值)/最高级数×总果数×100%;冷害发生率=(冷害发生果个数/调查果总个数)×100%。果实硬度用FT327型硬度计(意大利BREUZZI公司生产)测定;可溶性固形物(total soluble solids, TSS)用手持折光仪法测定;可滴定酸(titratable acid, TA)用酸碱滴定法测定(高俊凤2000);呼吸速率用HEL-7100型CO₂分析仪(美国TIR公司生产)测定;乙烯(赵博和饶景萍2006)用岛津GL-9APTF气相色谱仪测定,氢火焰离子化检测器(FID),N₂为载气,柱温70℃,进样口温度150℃,外标法定量。超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性参照高俊凤(2000)书中的方法测定;过氧化物酶(peroxidase, POD)和过氧化氢酶(catalase, CAT)活性参照陈建勋和王小峰(2002)等介绍的方法测定;脂氧合酶(lipoxygenase, LOX)活性参照罗云波等(1999)文中的方法测定。以上测

定均重复3次,取其平均值。

结果与讨论

1 Put对冷藏中油桃冷害发生率及冷害指数的影响

如表1所示,各时期Put处理与否的果实冷害发生率和冷害指数之间的差异达极显著水平($P<0.01$)。未作处理的果实连续冷藏35 d时出现明显的冷害症状,且随贮藏时间的延长而加重;Put处理的果实(45 d)比未作处理的晚10 d出现冷害,而且在贮藏期间始终保持较高的硬度。由此说明,Put能有效地降低冷藏的油桃果实冷害发生率和冷害指数,并延迟冷害的发生。在整个贮藏期间,油桃果实冷害的主要特征是表面组织呈现水渍状斑,果肉褐变,表皮凹陷,冷害发生后果实迅速软化,严重时果肉质粗糙、色泽晦暗,果汁粘稠等。

2 Put对冷藏的油桃果实硬度、TSS和TA含量的影响

从图1可知:(1)随着贮藏时间的延长,Put处理与否的果实硬度均逐渐下降,贮藏35 d时,未作处理的硬度迅速下降,而经Put处理的果实硬度则下降缓慢,明显高于未作处理的($P<0.01$),由此可见,Put可以保持油桃果实硬脆的品质。(2)油桃果肉TSS含量随着冷藏时间的延长而逐渐升高,贮藏前期Put处理与否都有小幅度的升高,但差异不显著($P=0.05$),贮藏末期,油桃果实中TSS含量开始下降,在整个贮藏期,Put处理的TSS含量始终高于未作处理的,贮藏50 d的Put处理和未作处理之间的差异显著($P<0.01$)。(3)TA含量随着冷藏时间的延长而逐渐下降,贮藏前期未作处理的TA含量下降缓慢,贮藏35 d时快速下降,而Put处理的TA含量在贮藏期内一直呈平

表1 Put对冷藏的油桃冷害发生率和冷害指数的影响

Table 1 Effects of Put treatment on chilling injury rate and chilling injury index of nectarine during cold storage

处理	冷害发生率/%				冷害指数/%			
	35 d	40 d	45 d	50 d	35 d	40 d	45 d	50 d
对照	6.7 ^A	16.7 ^A	33.3 ^A	53.3 ^A	4.3 ^A	12.5 ^A	20.8 ^A	27.5 ^A
Put	0 ^B	0 ^B	10.0 ^B	23.3 ^B	0 ^B	0 ^B	2.5 ^B	9.2 ^B

同列不同大写字母表示对照和Put处理在0.01水平的差异显著性。

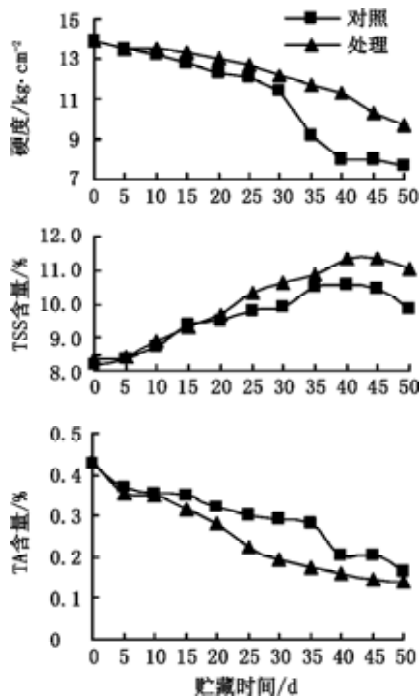


图1 Put对冷藏期间油桃硬度、TSS和TA含量的影响
Fig.1 Effects of Put on firmness, TSS and TA contents of nectarine fruits during cold storage

稳的下降态势,贮藏末期与未作处理的相比差异不显著($P=0.05$),说明Put对油桃果实TA含量的影响不明显,油桃果实的酸甜适中,风味品质较好,表明多胺在保持果实风味中有作用。

3 Put对冷藏的油桃呼吸速率和乙烯释放量的影响

如图2和图3所示:贮藏35和40 d时,Put处理和未作处理的均分别出现了呼吸高峰;未作处理的乙烯释放高峰出现在第30天,经Put处理的推迟5 d。说明Put能有效抑制油桃果实的呼吸速率和乙烯释放,推迟呼吸高峰和乙烯释放高峰

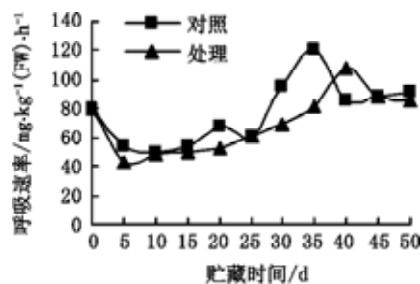


图2 Put对冷藏期间油桃呼吸速率的影响
Fig.2 Effect of Put on respiration rate of nectarine fruits during cold storage

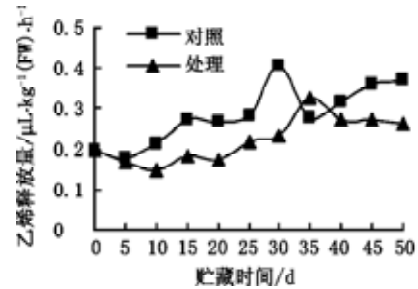


图3 Put对冷藏期间油桃乙烯释放量的影响
Fig.3 Effect of Put on ethylene production of nectarine fruits during cold storage

的出现,延缓果实的成熟衰老。

4 Put对冷藏的油桃抗氧化酶和LOX活性的影响

由图4可以看出:(1)在贮藏初期(10 d)油桃果实中SOD活性略有上升,随后缓慢下降,在贮藏第35天和第45天时,Put处理和未作处理的都急剧下降,贮藏结束时Put处理的SOD活性高于未作处理的。(2)CAT活性在冷害出现以前一直呈上升趋势,未作Put处理的CAT活性于第35天时出现高峰,峰值为 $19.96 \text{ U}\cdot\text{g}^{-1}(\text{FW})\cdot\text{min}^{-1}$,而Put处理的活性峰推迟10 d出现,峰值为 $24.08 \text{ U}\cdot\text{g}^{-1}(\text{FW})\cdot\text{min}^{-1}$,明显高于未作处理的,出现高峰后迅速下降。(3)Put处理和未作处理的POD活性在贮藏第10天时出现高峰,前者峰值明显高于后者($P<0.01$),随后缓慢下降,贮藏末期快速上升,说明油桃果实有POD的两种机制,可提高果实的耐藏性,并减轻冷害。(4)油桃果实随着贮藏时间的延长,LOX活性逐渐上升,未作Put处理的尤为明显,Put显著延缓LOX活性的增加($P<0.01$),贮藏第50天时的活性仅为入贮当日的11.96倍。

总之,冷害发生是低温条件下植物体内自由基积累而诱发膜脂过氧化作用的过程,SOD、CAT作为内源活性氧清除剂,能够在逆境胁迫或衰老过程中清除植物体内过量的活性氧,维持氧代谢的平衡并保护膜结构,从而在一定程度上减缓或抵抗逆境胁迫或延缓果实的衰老过程。王晓云和邹琦(2002)认为多胺不仅作为质子直接清除组织衰老产生的超氧阴离子,同时还可维持组织本身清除活性氧的能力,外源多胺也可以提高活性氧清除酶类的活性,本文结果与其一致。POD对果实的成熟衰老和耐藏性的作用效应不同,有人

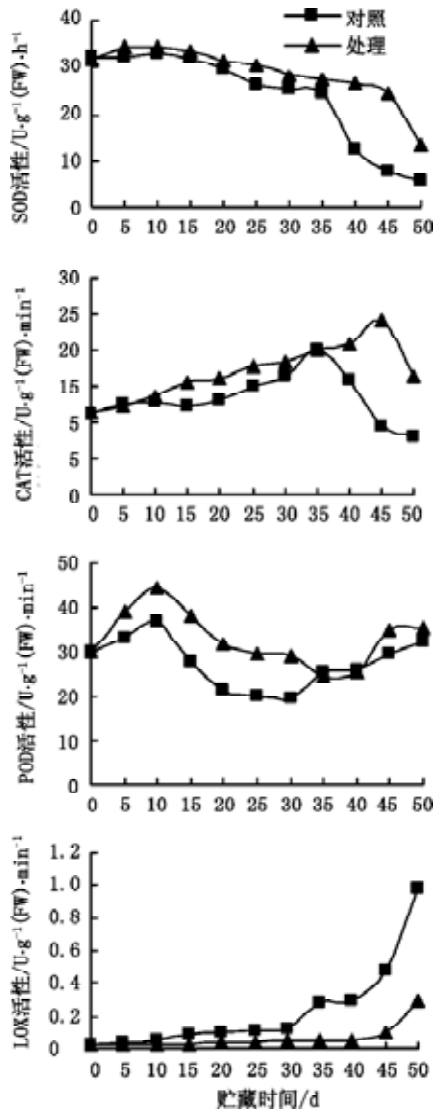


图4 Put对冷藏期间油桃SOD、CAT、POD和LOX活性的影响

Fig.4 Effects of Put on SOD, CAT, POD and LOX activities of nectarine fruits during cold storage

认为它存在着两种机制(Marin和Cano 1992):一种是在遇到逆境或衰老初期即表达,表现为保护

效应,能增加果实的耐藏性;另一种在逆境后期或衰老后期受启动,表现为伤害效应,从而降低果实的耐藏性。根据本文结果,我们认为,油桃果实也有POD的两种机制。

参考文献

- 陈建勋,王小峰(2002). 植物生理学实验指导. 广州: 华南理工大学出版社
- 冯磊,郑永华,杨震峰,陈学红,马素娟(2004). 果实采后贮藏保鲜与多胺的关系. 保鲜与加工, 4: 32~34
- 高慧,饶景萍(2005). 自发气调贮藏对油桃采后生理及相关酶活性变化的影响. 园艺学报, 32 (1): 91~93
- 高俊凤(2000). 植物生理学实验技术. 西安: 世界图书出版公司, 101
- 李丽萍,韩涛(2000). 水杨酸对大久保桃贮藏期品质的影响. 果树科学, 17 (2): 97~100
- 罗云波,生吉萍,李钰,夏红进(1999). 番茄脂肪氧合酶与乙烯释放量的关系. 园艺学报, 26 (1): 28~32
- 马俊莲,张子德,陈志周,徐立强,常建霞(2000). 热处理对菜豆冷害及生理生化的影响. 河北农业大学学报, 23 (1): 57~59
- 彭丽桃,饶景萍,杨书珍,任小林(2001). 油桃后熟衰老期间几个生理指标的变化. 西北农业学报, 10 (4): 37~40
- 王俊宁,饶景萍,任小林,弓得强,朱东兴(2005). 1-甲基环丙烯(1-MCP)对油桃果实软化的影响. 植物生理学通讯, 41 (2): 153~156
- 王晓云,邹琦(2002). 多胺与植物衰老关系研究进展. 植物学通报, 19 (1): 11~20
- 赵博,饶景萍(2006). 丙烯对柿果实采后细胞壁物质代谢和几种生理指标的影响. 植物生理学通讯, 42 (2): 195~198
- 郑永华,席琦芳,李三玉(2000). 采后果蔬贮藏时冷害与多胺的关系. 植物生理学通讯, 36 (5): 485~490
- Galston AW (1983). Polyamines as modulators of plant development. BioScience, 33 (6): 382~387
- Jiang YM, Chen F (1995). A study on polyamine change and browning of fruit during cold storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn). Postharvest Biol Technol, 5: 245~250
- Marin MA, Cano MP (1992). Patterns of peroxidase in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruits. J Food Sci, 57 (3): 690~692, 54~57