

采前茉莉酸甲酯处理提高红地球葡萄的贮藏品质

何庆¹, 郑素慧², 张健², 秦南南¹, 左志强², 吴斌²

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

(2. 新疆农业科学院农产品贮藏加工研究所, 新疆乌鲁木齐 830091)

摘要:以红地球葡萄为研究试材, 采用(0、50、100和200 $\mu\text{mol/L}$)茉莉酸甲酯(Methyl Jasmonate, MeJA)在膨大期、转色期和采收前2 d(预收期)喷施处理红提葡萄果实, 在 0 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ 条件下贮藏。结果表明, 在离体条件下, MeJA对灰葡萄孢菌的菌体生长量和菌落直径无显著差异作用($p < 0.05$), 较高浓度对菌体生长具有一定的抑制作用。在贮藏期间, MeJA可以显著抑制葡萄果实采后腐烂的发生、延缓果实硬度的下降和提高果实可溶性固形物的含量, 维持可滴定酸含量。100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组优于其他组, 在贮藏50 d时, CK组发病率为86.09%, 是MeJA处理组的1.53倍, MeJA处理组的可溶性固形物含量为17.3%, 可滴定酸含量为0.675%。40 d时MeJA处理组的硬度为7.5 N, 是CK组的1.59倍, CHI活性为370.12 U/g, 20 d时MeJA处理组GLU活性为105.86 U/g, 是CK组的1.11倍。10 d时MeJA处理组PAL和POD活性为2.43 U/g和0.506 U/g, 是CK组的1.18和1.58倍。MeJA采前喷施能有效诱导果实PAL、POD、CHI和GLU酶活性的上升, 表明MeJA采前喷施处理能够通过诱导提高葡萄实酶活性来提高果实采后抗病性, 提高葡萄贮藏效果, 减少果实采后腐烂的发生。

关键词:茉莉酸甲酯; 红地球葡萄; 灰霉病; 采前处理; 诱导抗性

文章编号: 1673-9078(2020)09-126-133

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.9.0019

Preharvest Methyl Jasmonate Treatment Improves Storage Quality of *Vitis vinifera* L. cv. Red Globe Grapes

HE Qing¹, ZHENG Su-hui², ZHANG Jian², QIN Nan-nan¹, ZUO Zhi-qiang², WU Bin²

(1. College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China) (2. Institute of Agricultural Product Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: Red Globe grapes were used as the research materials. Methyl jasmonate (MeJA; 0, 50, 100, and 200 $\mu\text{mol/L}$) was sprayed during the expansion period, the color change period, and 2 days before harvest (pre-harvest period). The treated fruits were stored at 0 ± 1 $^{\circ}\text{C}$. The results showed that under the *in vitro* conditions, MeJA had insignificant effect on the growth and colony diameter of *Botrytis cinerea* ($p < 0.05$), although higher concentrations of MeJA had a certain inhibitory effect on its growth. During storage, MeJA can significantly inhibit the occurrence of post-harvest fruit decay, delay the decline of fruit hardness, increase the content of fruit soluble solids, and maintain the titratable acid content of fruits. The MeJA treatment at 100 $\mu\text{mol/L}$ worked better than those at other concentrations. At Day 50 of storage, the incidence rate of the CK group was 86.09%, which was 1.53 times that of the MeJA treatment group (which had a soluble solids content of 17.3% and a titratable acid content of 0.675%). At Day 40, the fruit hardness for the MeJA treated group was 7.5 N (which was 1.59 times that for the CK group), and the CHI activity of the MeJA treated group was 370.12 U/g. At Day 20 the GLU activity of the MeJA-treated group was 105.86 U/g

引文格式:

何庆, 郑素慧, 张健, 等. 采前茉莉酸甲酯处理提高红地球葡萄的贮藏品质[J]. 现代食品科技, 2020, 36(9): 126-133

HE Qing, ZHENG Su-hui, ZHANG Jian, et al. Preharvest methyl jasmonate treatment improves storage quality of *Vitis vinifera* L. cv. red globe grapes [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(9): 126-133

收稿日期: 2020-01-07

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0401302); 国家自然科学基金项目(31860460); 新疆农业科学院青年基金项目(xjnkq-2016020)

作者简介: 何庆(1994-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬采后贮藏保鲜

通讯作者: 吴斌(1973-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品贮藏与加工

(which was 1.11 times that of the CK group). At Day 10, the PAL and POD activities for the MeJA treatment group were 2.43 U/g and 0.506 U/g, which were 1.18 and 1.58 times, respectively, those of the CK group. Preharvest MeJA spraying can effectively induce the increase of PAL, POD, CHI and GLU activities of the fruits, indicating that this treatment can increase the resistance to post-harvest diseases, improve grape storage outcome and reduces post-harvest decay through inducing and increasing the enzymatic activities in grapes.

Key words: methyl jasmonate; red earth grape; gray mold; pre-harvest treatment; induced resistance

红地球葡萄 (*Vitis vinifera* L.) 是新疆的主栽葡萄品种之一, 该品种果粒大、色泽艳红、果肉脆嫩、含糖量高, 深受广大消费者喜爱, 已成为新疆地区主导产业之一。由于果实含水量大和组织娇嫩, 在采收和运输过程中易受机械损伤。因此, 果实易受病菌侵染, 导致葡萄出现腐烂影响采后品质, 每年因病害造成大量的经济损失。灰霉病是鲜食葡萄贮期引起果实采后腐烂和落粒的重要病害之一, 具有潜伏侵染和低温致病优势性^[1-3], 给葡萄保鲜和贮运带来了极大困难。病原菌引起的腐烂病害是葡萄贮藏过程中的主要问题, 目前, 国内外葡萄保鲜技术主要是低温结合二氧化硫 (Sulfur Dioxide, SO₂) 防腐贮藏^[4,5]。尽管 SO₂ 可有效控制葡萄的采后病害发生, 但 SO₂ 发生伤害的剂量和有效杀菌的剂量相近, 不当使用会伴随着漂白、残留、异味和伤害等问题, 导致商品性大大降低^[6,7], 因此, 寻找替代 SO₂ 熏蒸控制葡萄采后病害发生, 安全无残留维持果实品质的技术方法是今后的主要研究方向之一。

茉莉酸甲酯 (Methyl Jasmonate, MeJA) 是高等植物体内天然存在的生长调节因子, 在调控植物的生长发育、次生代谢及生物和非生物胁迫的防御反应中发挥着重要作用^[8-11]。外源 MeJA 在柠檬、石榴和番茄等多种果蔬作物中得到了广泛研究, 能诱导提高葡萄和芒果等果蔬的抗病性和防御酶的活性^[12-16]。当前, MeJA 在果蔬采后中的研究已取得一些进展, 但关于 MeJA 提高鲜食葡萄抗灰霉病的研究较少。

本实验以新疆红地球葡萄为材料, 采前喷施不同浓度 MeJA, 研究 MeJA 处理后果实对病原菌的直接抑制效果和抗病诱导效应及 MeJA 对红提葡萄灰霉病的控制效果, 探讨 MeJA 处理对果实贮藏品质的影响, 为鲜食葡萄采前处理提高采后抗病性的研究提供技术和理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验地位于昌吉三工镇红地球葡萄种植园, 采收后当天运回新疆农科院。预冷 24 h 后在 0 °C 条件下贮藏, 选择大小均匀、色泽相近、果形端正、无机械损

伤和无病虫害的果实作为实验材料, 每 10 d 测定果实的硬度、可溶性固形物和可滴定酸含量。

1.2 主要试剂

MeJA, 上海宝曼生物科技有限公司; PDA, 天津光复精细化工研究所; 无水乙醇、冰醋酸和对二甲氨基苯甲醛, 天津致远化学试剂厂有限公司; 几丁质、N-乙酰葡萄糖胺, 上海蓝季科技发展有限公司; 无水醋酸钠, 天津永晟精细化工有限公司。

1.3 仪器与设备

UV-2600 紫外可见分光光度计, 天津森罗有限公司; eppendorf 高速冷冻离心机, 德国; CP64 分析天平, 奥豪斯仪器有限公司; HH-S6 数显恒温水浴锅, 金坛医疗仪器厂; BC/BD-379HB 卧式冷藏冷冻转换柜, 青岛海尔特种电冰柜有限公司; YXQ-LS-50A 立式蒸气灭菌锅, 上海申安医疗器械厂; MDF-60H458 超低温保存箱, 安徽中科都菱商用电器股份有限公司; SW-CJ-LB 型无菌操作台, 苏州净化设备有限公司; B624853WYA 型阿贝折光仪, 上海精科仪器有限公司; GY-4 型硬度计, 上海伦捷有限公司; DHG-9145A 恒温培养箱, 上海一恒科学仪器有限公司。

1.4 试验处理

选择生长势一致、光照良好的果穗, 7 月下旬 (膨大期)、8 月下旬 (转色期) 和 9 月中旬 (采收前 2 d) 葡萄果穗进行喷施 MeJA 处理, 试验设置 3 个 MeJA 处理浓度为 50、100 和 200 μmol/L (含体积分数 0.05% Tween-80), 以喷施相同体积蒸馏水为对照 (CK)。喷施果面数次, 喷施均匀, 每串果穗喷施药液约为 200 mL, 自然晾干, 10 株为 1 个重复, 重复 3 次。

1.5 指标测定方法

1.5.1 离体试验

1.5.1.1 孢子悬浮液的配制

参考邓惠文等^[17]方法。取培养 7 d 的灰葡萄孢菌培养皿, 加入 20 mL 含有 0.05% Tween-80 的无菌水, 用灭菌的药勺刮下 PDA 平板上的灰葡萄孢菌孢子, 倒入 50 mL 锥形瓶内, 将悬浮液震荡 15 s 混匀双层纱

布过滤并收集滤液, 滤液用血球计数板计数并调节浓度到 1×10^6 个/mL。

1.5.1.2 不同浓度 MeJA 处理对灰葡萄孢菌落直径的影响

在 PDA 培养基中分别加入 MeJA 溶液, 配制浓度 10、50、100 和 200 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 的 PDA 培养基, 以加入无菌水为对照, 倒入平板。采用灭菌打孔器从在 PDA 培养 7 d 的菌落边缘打取直径为 8 mm 的菌饼, 将其置于含不同浓度的培养皿中部, 25 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养 7 d, 利用十字交叉法测定菌落直径。做 3 个平行并重复 3 次。

1.5.1.3 不同浓度 MeJA 处理对灰葡萄孢菌体生长量的影响

在 150 mL PDB 培养基加入不同体积过滤灭菌的 MeJA 溶液, 配置 MeJA 浓度分别为 10、50、100 和 200 $\mu\text{mol/L}$, 以加入无菌水为对照, 从菌落边缘打取直径为 8 mm 的菌饼 (在 PDA 培养 7 d) 转入 PDB 液体培养基中 25 $^{\circ}\text{C}$ 振荡培养 7 d。接种量 5 块/150 mL, 转速为 120 r/min, 过滤菌丝烘干至恒重, 3 个平行, 重复 3 次。

1.5.1.4 采后挑战接种对抗病相关酶的影响

参照 Yao^[18] 等的方法并稍作修改。取 MeJA 处理组和无菌水处理组作 CK 组葡萄果实, 先用无菌纱布蘸取无菌水擦拭果实表面, 再用 75% 酒精擦洗果实表面消毒, 用灭菌的竹签在果实最大横径部位刺 1 个 (直径 2 mm, 深度 2 mm) 的孔, 待伤口表面晾干后接种 $10 \mu\text{L}$ 1×10^6 个/mL 灰葡萄孢悬浮液。菌液充分吸收后装入聚乙烯盒中, 接种面向上, 果实间留有 1 cm 左右缝隙, 果实在 0 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ 恒温放置。接种后每 10 d 统计葡萄果实腐烂率, 取病斑周围健康果实组织 (直径 1.5 cm、厚度 2.0 mm), 液氮速冻后放于超低温冰箱中用于测定相关酶活性指标。

1.5.2 发病率

0 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的每 10 d 统计病果情况, 当葡萄果实初始病斑 (2.0 mm) 的霉菌性病斑即记为烂果, 记录葡萄腐烂果实数目, 计算发病率。

$$\text{自然发病率 (\%)} = \frac{\text{自然发病果实个数}}{\text{总果实个数}} \times 100\% \quad (1)$$

0 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的每 10 d 统计病果情况, 当葡萄果实接种处出现大于初始病斑 (2.0 mm) 的霉菌性病斑即记为烂果, 记录葡萄腐烂果实数目, 计算发病率。

$$\text{接种发病率 (\%)} = \frac{\text{接种发病果实个数}}{\text{总接种果实个数}} \times 100\% \quad (2)$$

1.5.3 果实的硬度

每 10 d 从不同处理随机取出 30 个果实, 每果实

赤道处 (横径最大处) 取对称两点使用手持 GY-4 型果实硬度计测定, 重复 3 次。

1.5.4 可溶性固形物含量和可滴定酸含量测定

每 10 d 从不同处理随机取 30 个果实榨汁过滤后使用 WYA 型阿贝折光仪测定可溶性固形物含量, 重复 3 次。

随机取 100 g 葡萄果实, 用手动榨汁机榨汁, 取 10.0 mL 汁液转移到 100 mL 容量瓶中并定容至刻度静置提取 30 min 后过滤。吸取 20.0 mL 滤液, 转入三角瓶中, 加入 2~3 滴 1% 酚酞, 用已标定的 0.01 mol/L NaOH 溶液进行滴定。滴定至溶液初显粉色并在半分钟内不退色时为终点, 记录 NaOH 溶液的用量, 重复三次。以蒸馏水作为空白对照。

1.5.5 PAL、POD、CHI 和 GLU 活性的测定

苯丙氨酸解氨酶 (Phenylalanine ammonia-lyase, PAL)、过氧化物酶 (Peroxidase, POD)、几丁质酶 (Chitinase, CHI) 和 β -1,3 葡聚糖酶 (β -1,3-glucanase, GLU) 活性参考曹建康等^[19] 方法测定。

1.6 数据处理

Excel 2010 进行数据计算、SPSS 20.0 ($p < 0.05$) 进行显著性分析和 Sigmaplot 12.0 作图。

2 结果与分析

2.1 离体试验

2.1.1 不同浓度 MeJA 处理对灰葡萄孢菌落直径的影响

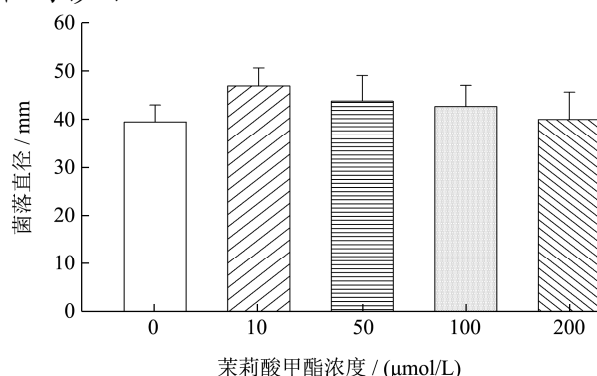


图 1 不同浓度 MeJA 对菌落直径生长的影响

Fig.1 Effects of different concentrations of MeJA on colony diameter growth

由图 1 可知, 在 PDA 培养基中分别加入 1 mL 的 10、50、100 和 200 $\mu\text{mol/L}$ MeJA, 以无菌水作对照。在接菌 7 d 后, 各个处理的菌斑直径快速扩大, 且菌斑大小相近无显著性差异 ($p < 0.05$)。随浓度的增大, 菌落直径的增长抑制, 不同浓度 MeJA 之间无显著差

异。说明 MeJA 对灰葡萄孢的直接杀菌效果不明显。

2.1.2 不同浓度 MeJA 处理对灰葡萄孢菌丝生长量的影响

如图 2 所示, 在 25 °C 培养 7 d, 随着 MeJA 浓度的升高, 菌体产量明显减少, 10 和 50 $\mu\text{mol/L}$ 无抑制作用, 100 和 200 $\mu\text{mol/L}$ 均能减少菌体的生长量, 说明 MeJA 可以抑制病原菌的生长, 这与前人在梨子上的研究结果一致^[20], 二者无显著性差异 ($p < 0.05$)。说明低浓度 MeJA 对灰葡萄孢无抑制作用, 高浓度的 MeJA 对灰葡萄孢菌丝生长有抑制作用。

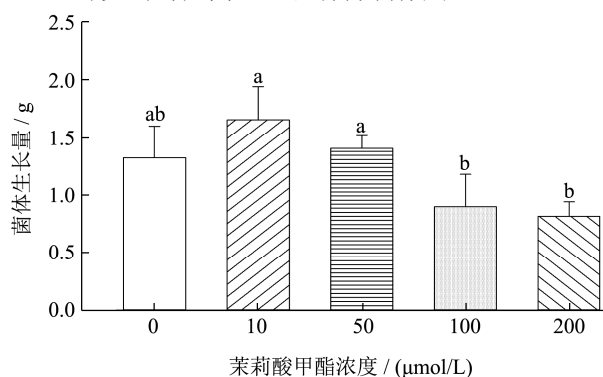


图 2 不同浓度 MeJA 对菌体生长量的影响

Fig.2 Effects of different concentrations of MeJA on bacterial growth

注: 相同指标在同一天不同处理, 小写字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$), 下同。

2.2 采前喷施 MeJA 对葡萄果实品质的影响

2.2.1 采前喷施 MeJA 对葡萄果实发病率的影响

在贮藏期间 (图 3a), 不同处理组的果实自然发病率呈上升趋势, MeJA 处理组的发病率低于 CK 组, 20 d 是 CK 组的果实开始出现发病果, 不同浓度 MeJA 处理 30 d 出现病果, 其中 100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 处理组的发病率低于其它组, 50 d 时 CK 组发病率为 86.09%, 100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 处理组为 56.11%, CK 组是 MeJA 处理组的 1.53 倍, 在 20~50 d 存在显著性差异 ($p < 0.05$), 在图 3b 中, 处理组的果实的接种发病率呈上升趋势, MeJA 处理组的病果率低于 CK 组, 第 10 d 时 CK 组的果实开始出现发病果, 处理组在第 20 d 出现病果, 100 $\mu\text{mol/L}$ 处理组的发病率明显低于 CK 组, 50 d 时 CK 组病果率为 82.35%, 100 $\mu\text{mol/L}$ 处理组为 60.23%, CK 组是处理组的 1.33 倍, 在 10~50 d 存在显著性差异 ($p < 0.05$)。在贮藏期间 100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 处理组能稳定保持较好的硬度, 采前喷施处理对果实的腐烂有很好的抑制作用。采后 MeJA 处理也能够控制草莓、葡萄和枇杷果实的腐烂, 浓度分别为

1 $\mu\text{mol/L}$ 和 10 $\mu\text{mol/L}$ ^[21-24], 采用 0.5 mmol/L MeJA 处理显著降低了芒果的腐烂率^[25]。以上数据表明采前喷施 MeJA 对果实的腐烂有显著抑制作用, 延缓果实腐烂的发生。

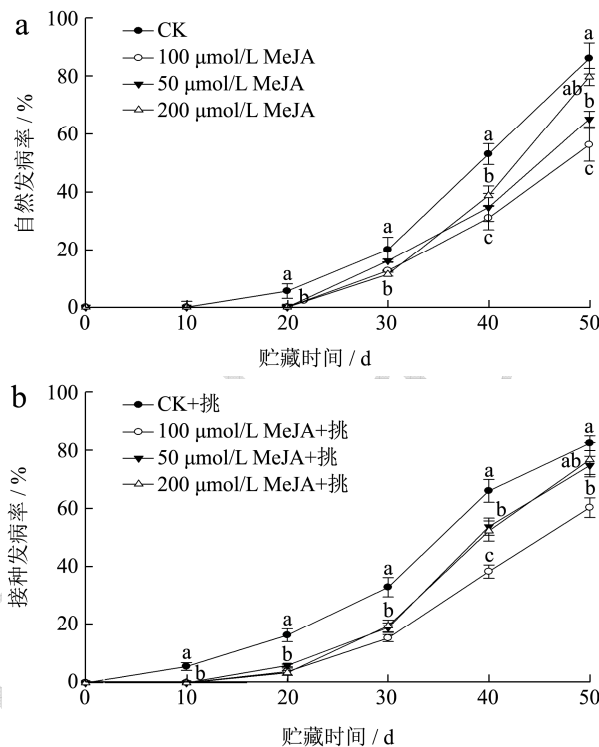


图 3 采前喷施 MeJA 对葡萄果实发病率的影响

Fig.3 Effect of spraying MeJA pre-harvest on the incidence of grape fruit

2.2.2 采前喷施 MeJA 对葡萄果实硬度的影响

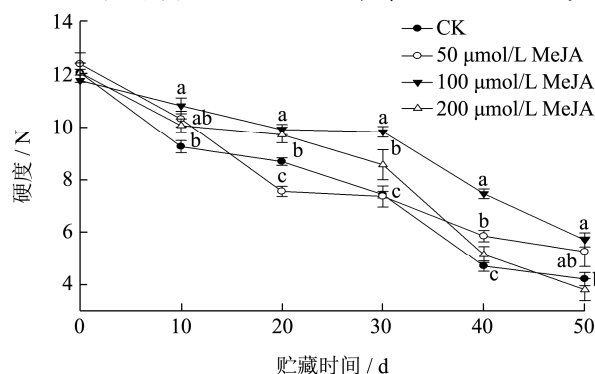


图 4 采前喷施 MeJA 对葡萄果实硬度的影响

Fig.4 Effect of pre-harvest spraying of MeJA on hardness of grape fruit

果实采后的生理衰老及品质劣变是影响果实硬度保持的重要因素^[26], 硬度是影响口感和品质的重要参数, 硬度与成熟度密切相关, 硬度的大小可以反映果实衰败的程度^[27]。在贮藏期间处理组果实的硬度都是呈下降趋势 (图 4), 处理组的硬度均高于 CK 组, 100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 处理组优于其它组。100 $\mu\text{mol/L}$ 处理组在 40 d 时硬度为 7.5 N, CK 组的 4.7 N, MeJA 处理

组是CK组的1.59倍。在10~50 d 100 $\mu\text{mol/L}$ 处理组与CK组存在显著性差异 ($p<0.05$)。陈娟^[27]等采用MeJA处理哈密大枣研究结果表明 10^{-5} mol/L 可有效延缓大枣硬度下降。在本实验贮藏前期果实硬度下降缓慢,贮藏后期因果实腐烂的发生,这可能是细胞壁降解导致果实的硬度快速下降。MeJA 采前处理可以延缓葡萄果实硬度的下降,更好的保持果实的贮藏品质。

2.2.3 采前喷施 MeJA 对葡萄果实可溶性固形物含量的影响

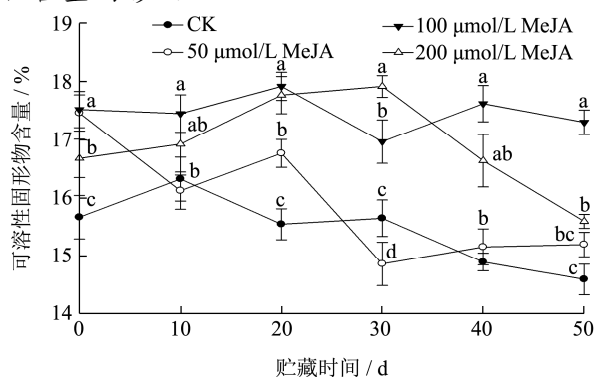


图5 采前喷施 MeJA 对葡萄果实可溶性固形物的影响

Fig.5 Effect of pre-harvest spraying of MeJA on soluble solids in grape fruit

可溶性固形物含量直接反映果蔬的成熟程度和品质状况,可溶性固形物含量是判断适时采收和耐贮藏性的一个重要指标^[28]。可溶性固形物含量对口感有重要影响,葡萄果实的可溶性固形物含量在贮藏期间总体呈下降趋势(图5),CK组先上升后下降,可溶性固形物的含量明显低于MeJA处理组。100和200 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组可溶性固形物含量显著高于CK组 ($p<0.05$),其中100 $\mu\text{mol/L}$ 处理组能更好的维持可溶性固形物含量的稳定。研究结果与陈娟^[27]等人在大枣中的研究结果一致。MeJA处理可以保持可溶性固形物含量,延缓葡萄果实可溶性固形物含量的下降,维持果实的贮藏品质。

2.2.4 采前喷施 MeJA 对葡萄果实可滴定酸含量的影响

可滴定酸含量对口感有重要影响,果实中可滴定酸含量呈先下降后上升再下降的趋势(图6),CK组的可滴定酸含量低于MeJA处理组,两者间存在显著性差异 ($p<0.05$),100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组能更好的保持可定酸含量,维持可滴定酸含量的变化,研究结果与陈娟^[27]等人在大枣中的研究结果一致。

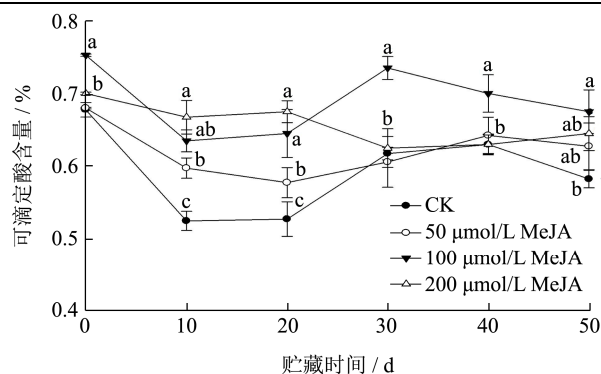


图6 采前喷施 MeJA 对葡萄果实可滴定酸含量的影响

Fig.6 Effect of spraying MeJA pre-harvest on titratable acid content in grape fruit

2.3 采前喷施 MeJA 和采后挑战接种灰葡萄孢

菌对葡萄果实抗性相关酶的影响

2.3.1 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 PAL 活性的影响

PAL在植物的正常生长发育和抵御病原菌侵害过程中起着重要作用^[29],PAL活性总体呈先上升后下降趋势(图7),第10 d时出现第一个峰值,100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组的PAL酶活性达到峰值2.43 U/g,CK组为2.06 U/g,MeJA处理组是CK组的1.18倍,30 d时出现第二个峰值,100 $\mu\text{mol/L}$ 处理组的PAL酶活性达到峰值2.53 U/g,CK组为2.2 U/g。MeJA处理组是CK组的1.15倍,MeJA处理组与CK组存在显著性差异 ($p<0.05$)。说明MeJA处理能够提高果实PAL活性。

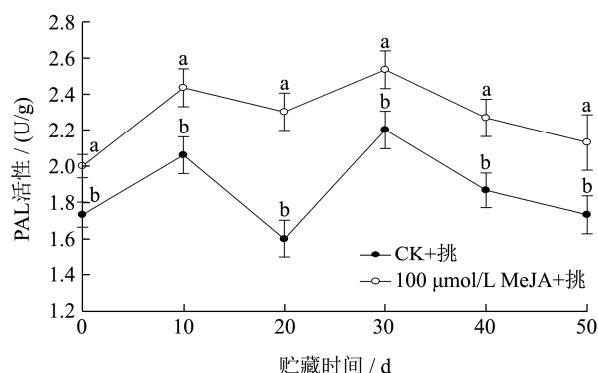


图7 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 PAL 活性的影响

Fig.7 Effect of pre-harvest spraying of MeJA on pal activity of grape fruit

2.3.2 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 POD 活性的影响

葡萄果实的 POD 呈先上升后下降的趋势(图 8), 0~50 d 100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 处理组的 POD 酶活性高于 CK 组, 10 d 果实 POD 活性达到峰值 0.506 U/g, CK 组为 0.320 U/g, MeJA 处理组为 CK 组的 1.58 倍。30~50 d 酶活性下降速度加快。0~40 d 差异显著 ($p<0.05$)。结果表明: MeJA 处理能够提高果实的 POD 活性, 延缓果实酶活性的下降, 提高果实抗病性。

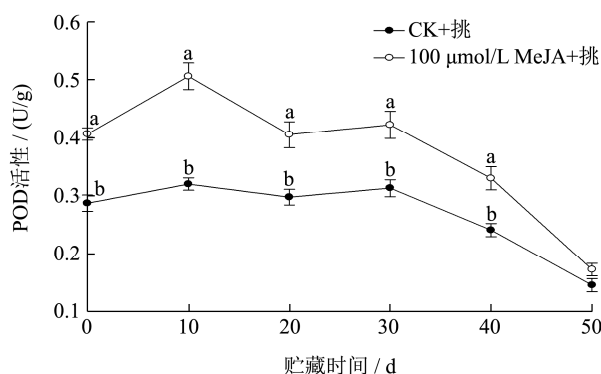


图 8 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 POD 活性的影响

Fig.8 Effect of pre-harvest spraying of MeJA on POD activity of grape fruit

2.3.3 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 CHI 活性的影响

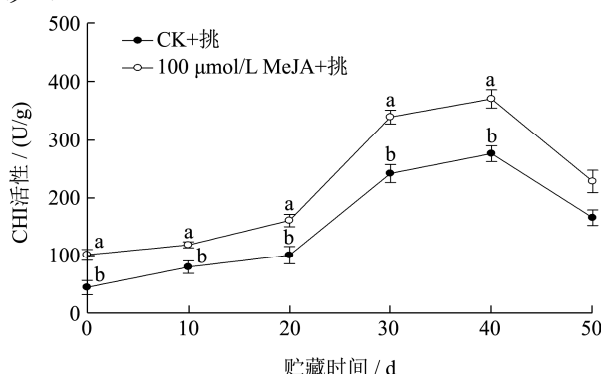


图 9 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 CHI 活性的影响

Fig.9 Effect of pre-harvest spraying of MeJA on CHI activity of grape fruit

在图 9 中果实的 CHI 活性均高于 CK 组, 呈先上升后下降的趋势, 在 40 d 时, MeJA 处理组达到峰值 370.12 U/g, CK 组为 275.92 U/g, MeJA 处理组是 CK 组的 1.34 倍, 0~40 d 存在显著性差异 ($p<0.05$)。说明采前喷施 MeJA 可以通过提高果实 CHI 酶活性来提高自身抗病性, 增强对病原菌的抵抗力。

2.3.4 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 GLU 活性的影响

GLU 对真菌细胞壁中的 β -1,3-葡聚糖有降解作用, 能促使 β -1,3 葡聚糖来源的抗性诱导因子从真菌细胞中释放出来, 对相关酶系起到激活防卫功能^[29]。GLU 活性呈先上升后下降趋势(图 10), 第 20 d 达到

峰值, 100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 处理组为 105.86 U/g, CK 组为 95.35 U/g, MeJA 处理组为 CK 组的 1.11 倍。在 30 d 时 MeJA 处理组为 83.62 U/g, CK 组为 64.81 U/g, MeJA 处理组为 CK 组的 1.29 倍。0~50 d MeJA 处理组的 GLU 酶活性高于 CK 组存在显著性差异 ($p<0.05$), 说明采前喷施 MeJA 处理葡萄, 能够通过提高果实的 GLU 活性, 延缓果实 GLU 活性的下降来提高果实抗病性。

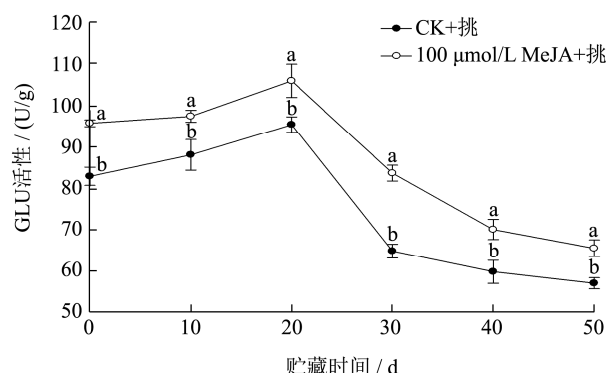


图 10 采前喷施 MeJA 对葡萄果实 GLU 活性的影响

Fig.10 Effect of pre-harvest spraying of MeJA on GLU activity of grape fruit

在本实验中, 100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA 处理有效诱导提高葡萄果实 PAL、POD、CHI 和 GLU 活性的上升, 这与麻宝成^[25]、Chanjrakul^[29]和王英珍^[30]等人的研究结果相同, 说明 MeJA 处理能够通过诱导提高果实采后抗病性, 提高葡萄贮藏效果。MeJA 处理提高葡萄果实抗病性可能是通过激活葡萄的防御系统而发挥作用, 提高了 PAL、PPO、POD、过氧化氢酶和 GLU 等防御酶的活性^[31]。这与早期在香蕉^[32]、桃^[33]和番茄^[28]等果实上的研究结果相似。通过以上分析讨论可知, 采用 MeJA 采前喷施技术可以提高鲜食葡萄采后贮运品质和抗病性, 为鲜食葡萄采后安全保鲜技术的研究提供了技术方法。

3 结论

MeJA 对灰葡萄孢无显著直接杀菌作用, 较高浓度对菌丝生长有一定抑制作用。MeJA 采前处理能提高红地球葡萄果实可溶性固形物含量和 TA 含量, 延缓果实采后可溶性固形物和 TA 含量、硬度的下降和抑制腐烂率的发生, 提高 PAL、POD、CHI 和 GLU 活性, 保持红地球葡萄的贮藏品质, 提高红地球葡萄对灰霉病的抗病性, 减少葡萄果实在贮藏过程中腐烂的发生。

参考文献

- [1] 李江阔,曹森,张鹏,等.1-MCP 采前处理对葡萄采后相关酶

- 活性与品质的影响[J].食品科学,2014,35(22):270-275
- LI Jiang-kuo, CAO Seng, ZHANG Peng, et al. Effects of 1-MCP pre-harvest treatment on the activity and quality of post-harvest related enzymes [J]. Food Science, 2014, 35(22): 270-275
- [2] 荣海涛.简述果蔬灰霉病的防治[J].新农业,2016,6:37-38
- RONG Hai-tao. Brief description of the control of gray mold in fruits and vegetables [J]. New Agriculture, 2016, 6: 37-38
- [3] 集贤,张平,朱志强,等.不同温度对葡萄采后灰霉病菌的影响[J].北方园艺,2015,19:114-117
- JI Xian, ZHANG Ping, ZHU Zhi-qiang, et al. Effects of different temperatures on *Botrytis cinerea* in post-harvest grape [J]. Northern Horticulture, 2015, 19: 114-117
- [4] DING Yu-long, YANG Xiang-zheng, LI Xi-hong, et al. Effect of SO₂ interval fumigation on storage quality of red grape [J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 411: 3170-3173
- [5] 周拥军,陈文煊,陈杭君,等.SO₂控释保鲜剂对南方巨峰葡萄的贮藏效果研究[J].食品科学,2008,29(7):445-447
- ZHOU Yong-jun, CHEN Wen-xuan, CHEN Hang-jun, et al. Study on storage effect of SO₂ controlled release preservative on southern Jufeng grape [J]. Food Science, 2008, 29(7): 445-447
- [6] Sivakumar D, Terry L A, Korsten L. An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation [J]. Food Reviews International, 2010, 26(2): 162-188
- [7] 田金强,张子德,陈志周.红提葡萄贮藏保鲜过程中 SO₂ 伤害的防止技术研究[J].食品科学,2006,27(1):250-252
- TIAN Jin-qiang, ZHANG Zi-de, CHEN Zhi-zhou. Study on prevention techniques of SO₂ damage during storage and preservation of red grape [J]. Food Science, 2006, 27(1): 250-252
- [8] Creelman R A, Mullet J E. Biosynthesis and action of jasmonate in plants [J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1997, 48(1): 355-381
- [9] 汪开拓,郑永华.茉莉酸甲酯处理对采后葡萄离区膜脂过氧化及果实落粒的影响[J].食品科技,2012,37(8):42-47,51
- WANG Kai-tuo, ZHENG Yong-hua. Effects of methyl jasmonate treatment on membrane lipid peroxide and fruit dropping in post-harvest grape leaves [J]. Food Science and Technology, 2012, 37(8): 42-47, 51
- [10] Patt J M, Robbins P S, Niedz R, et al. Exogenous application of the plant signalers methyl jasmonate and salicylic acid induces changes in volatile emissions from citrus foliage and influences the aggregation behavior of Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*), vector of Huanglongbing [J]. Plos One, 2018, 13(3): e0193724
- [11] 陈丹,王卫安,岳全奇,等.植物生长素响应冷胁迫反应的研究进展[J].植物生理学报,2016,52(7):989-997
- CHEN Dan, WANG Wei-an, YUE Quan-qi, et al. Research progress in response of plant auxin to cold stress [J]. Journal of Plant Physiology, 2016, 52(7): 989-997
- [12] 李灿婴,葛永红,朱丹试,等.采后茉莉酸甲酯处理对富士苹果青霉病和贮藏品质的影响[J].食品科学,2015,36(2):255-259
- LI Can-ying, GE Yong-hong, ZHU Dan-shi, et al. Effects of post-harvest methyl jasmonate treatment on *Penicillium* mildew and storage quality of Fuji apple [J]. Food Science, 2015, 36(2): 255-259
- [13] Sibozo X I, Bertling I, Odindo A O. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in 'Eureka' lemon [*Citrus limon* (L.) Burm.F.] [J]. Journal of plant physiology, 2014, 171(18): 1722-1731
- [14] Mirdehghan S H, Ghotbi F. Effects of salicylic acid, jasmonic acid, and calcium chloride on reducing chilling injury of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit [J]. J Agr Sci Tech, 2014, 16(1): 163-173
- [15] MIN De-dong, LI Fu-jun, ZHANG Xin-hua, et al. *SIMYC2* involved in MeJA-induced tomato fruit chilling tolerance [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(12): 3110-3117
- [16] 周靖翔,闵德栋,李娇卓,等.茉莉酸甲酯在果蔬采后冷害控制中的应用研究进展[J].植物生理学报,2019,55(10):1419-1426
- ZHOU Jing-xiang, MIN De-dong, LI Jiao-zhuo, et al. Progress in the application of methyl jasmonate in postharvest chilling injury control of fruits and vegetables [J]. Journal of Plant Physiology, 2019, 55(10): 1419-1426
- [17] 邓惠文,毕阳,葛永红,等.采后 BTH 处理及粉红单端孢 (*Trichothecium roseum*) 挑战接种对厚皮甜瓜果实苯丙烷代谢活性的诱导[J].食品工业科技,2013,34(1):323-326
- DENG Hui-wen, BI Yang, GE Yong-hong, et al. Induction of phenylalanine metabolic activity of muskmelon fruit by postharvest BTH treatment and pink monosporal (*Trichothecium roseum*) challenge vaccination [J]. Food Industry Technology, 2013, 34(1): 323-326
- [18] YAO Hong-jie, TIAN Shi-ping. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage

- [J]. Postharvest Biology & Technology, 2005, 35(3): 253-262
- [19] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化试验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
- CAO Jian-kang, JIANG wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance for Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [20] 王英珍,程瑞,张绍铃,等.采前茉莉酸甲酯(MeJA)处理对梨果实抗病性的影响[J].果树学报,2016,33(6):694-700
- WANG Ying-zhen, CHENG Rui, ZHANG Shao-ling, et al. Effect of methyl jasmonate (MeJA) treatment on disease resistance of pear fruit before harvest [J]. Journal of Fruit Trees, 2016, 33(6): 694-700
- [21] 李珍,王宁,邓冰,等.冰温结合臭氧对销地红提葡萄保鲜效果研究[J].核农学报,2016,30(2):275-281
- LI Zhen, WANG Ning, DENG Bing, et al. Study on the effect of ice temperature combined with ozone on the fresh-keeping effect of red-raised grape [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2016, 30(2): 275-281
- [22] 汪开拓,郑永华,尚海涛,等.茉莉酸处理对采后葡萄果实贮藏期间落粒的影响[J].食品与发酵工业,2012,38(4):212-218
- WANG Kai-tuo, ZHENG Yong-hua, SHANG Hai-tao, et al. Effects of jasmonic acid treatment on granulation during postharvest grape fruit storage [J]. Food & Fermentation Industry, 2012, 38(4): 212-218
- [23] 秦丹.生防制剂在葡萄保鲜中的应用与抑菌机理研究[D].长沙:湖南农业大学,2007
- QIN Dan. Study on the application and bacteriostatic mechanism of biocontrol preparation in grape preservation [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2007
- [24] Gundlach H, Muller M J, Kutchan T M, et al. Jasmonic acid is a signal transducer in elicitor-induced plant cell cultures [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 1992, 89: 2389-2393
- [25] 麻宝成,朱世江.苯丙噻重氮和茉莉酸甲酯对采后香蕉果实抗病性及相关酶活性的影响[J].中国农业科学,2006,39(6): 1220-1227
- MA Bao-cheng, ZHU Shi-jiang. Effects of phenylthiazide and methyl jasmonate on disease resistance and related enzyme activity of postharvest banana fruit [J]. China Agricultural Science, 2006, 39(6): 1220-1227
- [26] ZHU Zhu, TIAN Shi-ping. Resistant responses of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to *Botrytis cinerea* infection [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 142: 38-43
- [27] 陈娟,车凤斌,张婷,等.茉莉酸甲酯对哈密大枣贮藏品质的影响[J].保鲜与加工,2015,15(2):7-11
- CHEN Juan, CHE Feng-bin, ZHANG Ting, et al. Effect of methyl jasmonate on storage quality of Hami jujube [J]. Fresh Keeping and Processing, 2015, 15(2): 7-11
- [28] YU Meng-meng, SHEN Lin, ZHANG Ai-jun, et al. Methyl jasmonate-induced defense responses are associated with elevation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase in *Lycopersicon esculentum* fruit [J]. Journal of Plant Physiology, 2011, 168: 1820-1827
- [29] Chanjirakul K, Shiow Y. Wang, Chien Y. Wang, et al. Effect of natural volatile compounds on antioxidant capacity and antioxidant enzymes in raspberries [J]. Postharvest Biol Technol, 2006, 40(2): 106-115
- [30] 王英珍,程瑞,张绍铃,等.采前茉莉酸甲酯(MeJA)处理对梨果实抗病性的影响[J].果树学报,2016,33(6):694-700
- WANG Ying-zhen, CHENG Rui, ZHANG Shao-ling, et al. Effect of methyl jasmonate (MeJA) treatment on disease resistance of pear fruit before harvest [J]. Journal of Fruit trees, 2016, 33(6): 694-700
- [31] LIN Jin-he, GONG De-qiang, ZHU Shi-jiang, et al. Expression of PPO and POD genes and contents of polyphenolic compounds in harvested mango fruits in relation to benzothiadiazole-induced defense against anthracnose [J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(1): 85-89
- [32] ZHU Shi-jiang, MA Bao-cheng. Benzothiadiazole or methyl jasmonate-induced resistance to *Colletotrichum musae* in harvested banana fruit is related to elevated defense enzyme activities [J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2007, 82(4): 500-506
- [33] JIN Peng, ZHENG Yong-hua, TANG Shuang-shuang, et al. Enhancing disease resistance in peach fruit with methyl jasmonate [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2009, 89(5): 802-808