

1-甲基环丙烯处理对火晶柿果贮藏期间 生理指标变化的影响

庄 艳¹, 郭春会¹, 饶景萍¹, 乌宝利², 穆翠娥¹

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100;

2 宝鸡市蚕桑园艺站, 陕西 宝鸡 712001)

[摘 要] 为了了解 1-甲基环丙烯(1-MCP)在火晶柿果贮藏中的应用,试验以火晶柿果为材料,研究用 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理火晶柿果 1 次(处理 1)和 2 次(处理 2)对其在低温下贮藏效果及其采后生理变化的影响。结果表明,1-MCP 处理 2 次和处理 1 次的柿果达到乙烯释放高峰的时间分别较对照(未经 1-MCP 处理)推迟 21 和 14 d,其峰值为对照的 64.8 %和 70.0 %,且达到呼吸峰的时间分别较对照推迟 33 和 17 d,处理 2 的呼吸峰值低于处理 1 和对照。处理 2 较处理 1 能更有效地延缓柿果硬度的下降,减缓胞膜相对透性增加的速度,更有利于柿果保持较高的 V_c 含量,延缓果胶的降解速度,但两个处理均对可溶性固形物含量的影响不大。由此可见,1 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 2 次较 1 次能更有效地延迟柿果的后熟和衰老,延长火晶柿果的贮藏时间。

[关键词] 火晶柿;1-MCP;采后贮藏;生理变化

[中图分类号] S665.209+.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)08-0091-06

Effect of 1-MCP on physiological changes of persimmon fruits during storage period

ZHUANG Yan¹, GUO Chun-hui¹, WU Bao-li², RAO Jing-ping¹, MU Cui-e¹

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

2 Silk Worm Horticulture Station, Baoji, Shaanxi 712001, China)

Abstract : In order to know the application of 1-MCP in huojing persimmon hoarding fresh-keeping, experiments were conducted with fruit of huojing persimmon treated with 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP once and twice under low temperature for studying its physiological changes during storage period. The results indicated treatment two and treatment one, compared with CK of persimmon, delayed ethylene production peak 21 days and 14 days, and their values of peak, only reached 64.8 %, and 70.0 % of values of peak of CK, respectively. And they also delayed respiration peak 33 days and 17 days. The respiratory peak values of treatment two were lower than those of treatment one and CK, while treatment two was more effective than treatment one to retard descending rate of hardness. It was also effective in slowing down the increase rate of membrane relative permeability, keeping high content of V_c , and retarding the descending rate of pectin, but effect of treatment two and treatment one on content of TSS was not obvious, which proved the persimmon fruit treated twice with 1-MCP was more effective than that treated once in postponing maturation and interteneration of persimmon and extending storage time.

[收稿日期] 2006-06-22

[基金项目] 西安市科技局科技攻关项目(GG05104)

[作者简介] 庄 艳(1980-),女,新疆呼图壁人,在读硕士,主要从事园艺产品采后生理及贮藏保鲜研究。

[通讯作者] 郭春会(1960-),女,陕西蒲城人,教授,主要从事干果的引种、栽培技术及采后加工等方面的研究。

Key words : persimmon ; 1-MCP ; storage ; physiological changes

火晶柿子分布于陕西关中地区,以西安市临潼区最为集中,且品质最优。火晶柿子成熟后“色红耀眼似火球,晶莹透亮如水晶”,故称“临潼火晶柿子”,是陕西名优土特产之一。但火晶柿果实成熟期集中,采后极易软化而不耐贮藏,直接影响着其商品流通、商业价值及其国内外市场占有率。1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)是一种新型乙烯作用抑制剂,可与果实组织中的乙烯受体发生不可逆性结合而阻断乙烯与受体的结合,抑制乙烯对果实成熟与衰老的诱导,延缓果实的成熟软化^[1]。近年来,用 1-MCP 处理香蕉^[2]、梨^[3]、苹果^[4]、猕猴桃^[5]等取得了良好的保鲜效果,但尚未见关于其对火晶柿子保鲜贮藏效果的研究报道。本试验以“火晶柿子”为材料,研究低温条件下 1-MCP 处理对火晶柿果生理生化指标的影响,以期 1-MCP 在柿果保鲜上的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

“火晶柿子”(Diospyros kaki L. cv lintonghuojingshi)采自西安市临潼区陈东村。果实褪绿转黄时采收,采后剪去果柄,当天运回实验室,选择成熟度一致、果形端正、果个均匀、无病虫害及机械损伤的果实作为试材。试验用 1-MCP 商业粉末保鲜剂由美国罗门哈斯公司提供。

1.2 试验处理

试验从 2005-10~2006-05 在西北农林科技大学园艺学院实验室进行。

试验共设 3 个处理:处理 1:只在果实采收当天用 1 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 1 次,置于冰柜中贮藏;处理 2:在处理 1 的基础上间隔 5 d 后,从冰柜中取出柿果,再用 1 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 做第 2 次处理,处理后通风,再放入冰柜中贮藏;处理 3:对照,于果实采收当天密闭于空气中 24 h,处理完后通风,然后放入冰柜中贮藏。每处理用果 15 kg,重复 3 次。柿果置于 $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 85%~90%冰柜中贮藏。

具体处理方法为:根据处理浓度及容器体积称取定量 1-MCP 粉末,溶于含 20 mg/L KOH 溶液的带塞小试管中,密闭摇匀,使 1-MCP 气体从溶液中充分放出,用皮下注射器将含有 1-MCP 的试管顶部的气体抽出,注入装有果实的密闭容器中。1-MCP 处理时间每次均为 24 h,处理方式为密闭熏蒸,处

理温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

1.3 测定项目与方法

每隔 7~10 d 取果实测定果实硬度、呼吸速率、乙烯释放量、可溶固形物含量(TSS)、Vc 含量、膜相对透性。另取样品置于 -70°C 的低温冰箱中保存,用于果胶类物质含量的测定。

1.3.1 硬度 每处理每次随机从冰柜中取 15 个柿果,在室温下放置 4 h 后,每果在胴部的不同位置分别去皮,采用 FT327 型硬度计测定硬度。单果测定 3 次,取平均值。

1.3.2 呼吸速率 从对照和经 1-MCP 处理的 3 个重复果袋内各取 20 个柿果,分别装入 3 个干燥器中,在 $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下用 Telaire7001 红外线 CO_2 分析仪测定呼吸速率。

1.3.3 乙烯释放量 从上述测定呼吸速率的干燥器中抽取 1 mL 气体,采用岛津 GC-9A 型气相色谱仪测定乙烯释放量。固定相 GDX-502,载气为 N_2 ,燃气为 H_2 ,以空气为助燃气,分离柱温度为 90°C ,气化室、检测器温度为 140°C ,采用氢火焰离子检测器检测,外标法测定乙烯浓度。测定 3 次取平均值。

1.3.4 膜相对透性 采用 DDS-11A 型电导仪进行测定,用 1 cm 直径的打孔器在 9 个果实的赤道线上,切取 1 mm 厚薄片 15 个,置于小烧杯中,加 30 mL 去离子水,立即测其电导率 P_0 ,10 min 后测其电导率 P_1 ,然后煮沸 5 min,冷却至室温,并加水至原刻度,测其电导率 P_2 。膜相对透性 $= (P_1 - P_0) / (P_2 - P_0) \times 100\%$;膜相对透性重复测定 3 次,取平均值。

1.3.5 Vc 含量 采用钼蓝比色法测定^[6]。

1.3.6 果胶类物质含量 采用咔唑比色法测定^[6]。

1.3.7 可溶性固形物含量(TSS) 用手持折糖仪测定。

1.4 数据处理

用 SAS 和 EXCEL 软件进行数据分析和计算。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 处理对柿果硬度的影响

从图 1 可以看出,1-MCP 处理可以明显延缓果实硬度的下降。采收当天柿果硬度为 14.46 kg/cm^2 ,处理 1 的柿果在贮藏中可将硬度维持在 14.00 kg/cm^2 达 14 d;处理 2 的柿果可将硬度维持在 14.00 kg/cm^2 达 22 d 之久;而对照柿果的硬度下降较快,在贮藏的第 14 和 22 天,其硬度下降为 12.18

kg/cm²和 11.26 kg/cm²。到贮藏的第 36 天,对照柿果硬度降至 9.34 kg/cm²,而处理 1 和处理 2 的柿果硬度仍分别保持在 12.02 和 13.64 kg/cm²,两者均与对照达极显著差异($P < 0.01$)。贮藏 78 d 时,对照柿果已完全软化,而处理 1 和处理 2 的柿果硬度仍在 4.0 kg/cm² 以上。与 1-MCP 处理 1 次的柿果硬度相比,1-MCP 处理 2 次柿果的硬度在贮藏前中期下降较为缓慢,当贮藏至 43 d 时,处理 2 柿果的硬度仍达 12.22 kg/cm²,而处理 1 柿果的硬度已降至 10.86 kg/cm²,两者间差异达显著水平($P < 0.05$);但到贮藏后期(贮藏 60 d 后),两种处理柿果硬度的变化趋势基本趋于一致。表明用 1-MCP 处

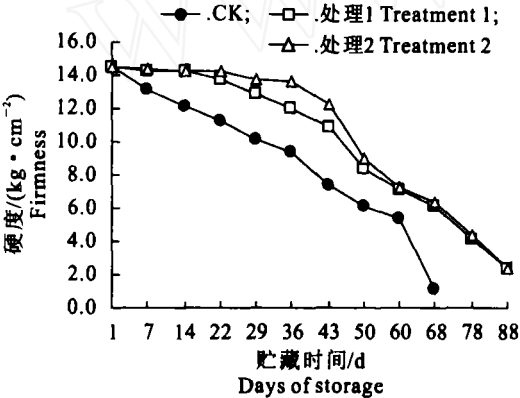


图 1 1-MCP 处理对柿果硬度的影响
Fig.1 Effect of 1-MCP on firmness of the persimmon fruits

2.3 1-MCP 对柿果可溶性固形物含量的影响
可溶性固形物含量(TSS)是柿果食用品质评价的重要指标之一。TSS 含有许多成分,所以其变化比较复杂。从测定结果(图 3)可以看出,1-MCP 处理柿果和对照柿果的 TSS 含量均表现出贮藏前期

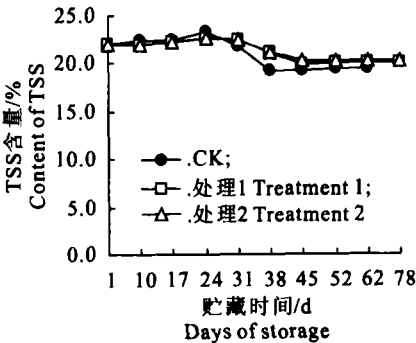


图 3 1-MCP 处理对柿果 TSS 含量的影响
Fig.3 Effect of 1-MCP on TSS content of the persimmon fruits

理确能有效延缓火晶柿果硬度的下降,但在贮藏的 2 个月内以处理 2 的效果更为显著。

2.2 1-MCP 处理对柿果 Vc 含量的影响

从图 2 可以看出,贮藏前火晶柿果的 Vc 含量为 63.0 mg/kg。随着贮藏时间的延长,处理和对照柿果的 Vc 含量都呈下降趋势,但 1-MCP 处理柿果的 Vc 含量的下降幅度较对照缓慢,贮藏 78 d 时,对照柿果的 Vc 含量仅为 2.1 mg/kg,而处理 2 柿果的 Vc 含量仍可达 28.7 mg/kg,处理 1 次柿果的 Vc 含量也可达 21.4 mg/kg,两者与对照的差异均达极显著水平($P < 0.01$)。但相比较而言,处理 2 能更有效延缓柿果 Vc 含量的下降。

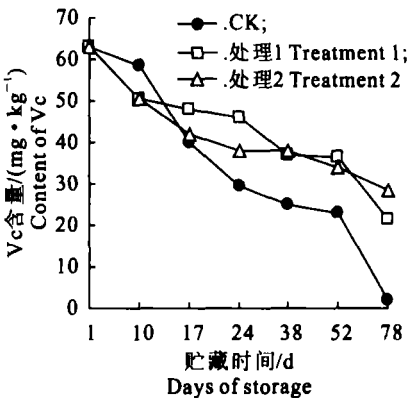


图 2 1-MCP 处理对柿果 Vc 含量的影响
Fig.2 Effect of 1-MCP on Vc content of the persimmon fruits

增加,然后有所下降,到 38 d 后略有回升的趋势,这可能与柿子中含有较大比例的多酚类化合物有关,这还有待进一步试验证明。总的看来,在整个贮藏期间,1-MCP 处理对可溶性固形物含量的影响不明显,各处理与对照间差异不显著。

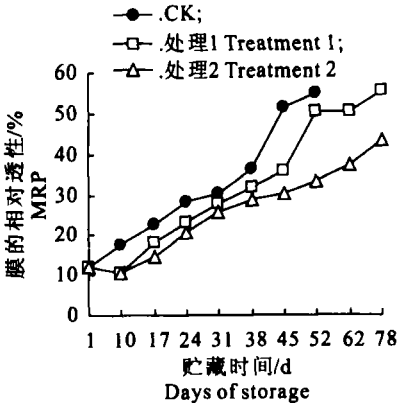


图 4 1-MCP 处理对柿果果肉细胞膜相对透性的影响
Fig.4 Effect of 1-MCP on relative membrane permeability of the persimmon fruits

2.4 1-MCP 处理对柿果细胞膜相对透性(MRP)的影响

从图 4 可以看出,对照和处理柿果的细胞膜相对透性总体呈上升趋势,处理 2 柿果膜透性的变化较处理 1 和对照缓慢。在柿果采后 10 d 中,对照柿果的膜透性变化较快,由 10.03 % 升至 17.87 %,而 1-MCP 处理柿果的膜透性变化幅度较小;到贮藏第 45 天时,对照果的膜透性升至 51.63 %,而处理 2 柿果的膜透性仅为 30.03 %,两者差异极显著 ($P < 0.01$);贮藏 52 d 时,处理 1 柿果的膜透性升至 50.23 %,而处理 2 柿果的膜透性仅为 33.33 %,两者间的差异达极显著水平 ($P < 0.01$)。可见,2 次 1-MCP 处理更有利于在维护贮藏期间细胞膜的完整性。

2.5 1-MCP 处理对柿果呼吸强度的影响

呼吸强度和呼吸高峰是果实贮藏保鲜中的重要生理指标。由图 5 可以看出,处理 1 可有效抑制柿果的呼吸作用。在贮藏后期处理 1 和对照均有两次呼吸峰值出现,但出峰时间及峰值大小存在差异。

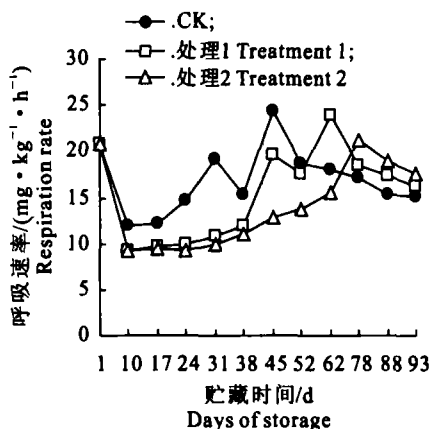


图 5 1-MCP 处理对柿果呼吸强度的影响

Fig. 5 Effect of 1-MCP on respiratory rate of the persimmon fruits

2.7 1-MCP 处理对柿果果胶的影响

由图 7 可以看出,随着火晶柿果的后熟软化,水溶性果胶含量逐渐升高,原果胶含量逐渐降低。3 个处理中,对照柿果可溶性果胶和原果胶的变化尤为明显,而 1-MCP 处理可以明显延缓柿果可溶性果胶的上升和原果胶的下降。

由图 7 可见,贮藏至 52 d 时,对照的水溶性果胶上升到 12 mg/g,处理 2 和处理 1 柿果的水溶性

处理 1 的最高呼吸峰到来时间较对照推迟了 17 d,其峰值为 23.86 mg/(kg·h),略低于对照的 24.45 mg/(kg·h)。处理 2 果实的呼吸速率较低,且仅出现了 1 次峰值,为 21.13 mg/(kg·h),出峰时间较对照推迟了 33 d,出现在采后第 78 天。表明处理 2 可明显降低火晶柿果的呼吸强度,推迟出峰时间并降低峰值。

2.6 1-MCP 处理对柿果乙烯释放量的影响

由图 6 可知,随着贮藏期的延长,对照柿果的乙烯释放量明显上升,并在采后 31 d 时达到跃变高峰。与对照相比,在整个贮藏过程中,1-MCP 处理均不同程度地抑制了火晶柿果的乙烯释放量,并推迟了峰值的出现。处理 1 的柿果在采后 45 d 时达到跃变高峰,较对照推迟了 14 d,其峰值为对照的 70.0 %;处理 2 的柿果在采后 52 d 时达到跃变高峰,较对照推迟了 21 d,其峰值为对照的 64.8 %。这表明 1-MCP 处理均可以有效抑制乙烯的产生,但处理 2 较处理 1 的抑制效果更显著。

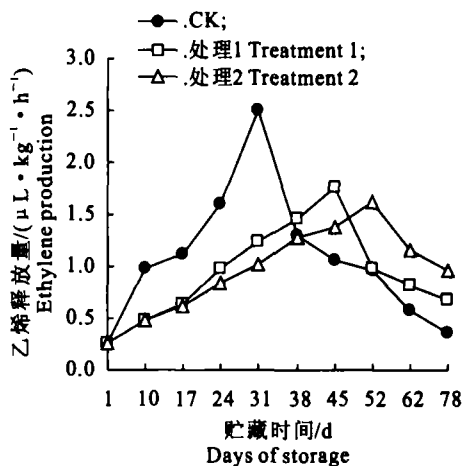


图 6 1-MCP 处理对柿果乙烯释放量的影响

Fig. 6 Effect of 1-MCP on ethylene production of the persimmon fruits

果胶分别仅上升到对照的 65.80 %,87.5 %,处理 2 与对照差异显著 ($P < 0.05$);贮藏 52 d 时,对照的原果胶含量下降到 5.66 mg/g,而处理 2 和处理 1 柿果的原果胶分别只下降到 9.81 和 7.19 mg/g,处理 2 与对照的差异达极显著水平 ($P < 0.01$),与处理 1 的差异也达显著水平 ($P < 0.05$)。到贮藏后期,对照柿果水溶性果胶的上升和原果胶的下降均较 1-MCP 处理快,但 1-MCP 处理之间并无显著差异。

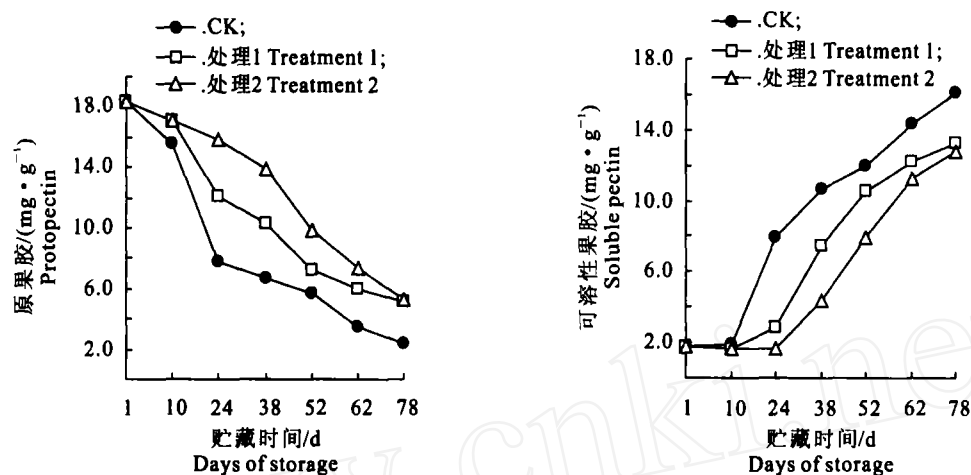


图7 1-MCP处理对柿果原果胶和水溶性果胶含量的影响

Fig. 7 Effect of 1-MCP on propectin and WSP content of the persimmon fruits

3 讨 论

乙烯是控制果实成熟的激素,对果实成熟衰老有重要的调控作用^[7]。火晶柿果采收后乙烯释放量和呼吸速率逐渐上升,达到一个峰值后又逐渐下降,并伴随着果肉硬度的下降,说明火晶柿果属于呼吸跃变型果实,这与高梅等^[8]、童斌等^[9]在其他柿子品种上的研究结果一致。1-MCP 作为乙烯受体作用抑制剂,抑制了乙烯所诱导的与成熟衰老相关的一系列生理生化反应,且无毒、高效、无气味^[1],可与果蔬组织中的乙烯受体发生不可逆的结合,阻断乙烯与其受体的结合,从而控制与果实成熟衰老相关的物质降解过程^[1,10]。本试验结果表明,1-MCP 处理可以抑制火晶柿果乙烯的产生和呼吸速率的增加,延缓呼吸高峰和乙烯峰值的出现,其中 1-MCP 处理 2 次能明显降低火晶柿果果实的乙烯释放量和呼吸高峰的峰值,且只出现 1 次呼吸峰,而 1-MCP 处理 1 次和对照均有 2 次呼吸峰值出现,且其峰值均高于 2 次 1-MCP 处理。由此可见,2 次 1-MCP 处理能更好地抑制火晶柿果的呼吸强度,降低其乙烯释放量。

柿果成熟过程中,果实软化,硬度变小。果实的成熟软化伴随着原果胶的降解和可溶性果胶含量的上升,这一生化过程需要细胞壁水解酶的参与^[11-12]。对桃^[13]、苹果^[14]、火柿^[15]、猕猴桃^[16]的研究表明,果实成熟软化主要是由于细胞壁物质的大量分解造成的,包括果胶物质、纤维素、半纤维素的降解,同时伴随着细胞其他成分的分解和可溶性果胶含量的上升。本试验结果表明,1-MCP 处理可以明显延缓柿果可溶性果胶的上升和原果胶的下降,从而延缓

了火晶柿果的软化,延长了火晶柿果的贮藏时间。

本试验证实,1-MCP 处理对火晶柿子果实采后有很好的保鲜作用,延缓了果实硬度下降的速度,抑制了膜透性的上升,保持了柿果较高的 Vc 含量,有效延长了柿果的贮藏期,保持了柿果的鲜食品质与风味,说明 1-MCP 在柿果采后贮藏中有广阔的应用前景。

1-MCP 对果蔬的处理效果会随着时间的延长而逐渐消失,这可能与新的乙烯受体合成或 1-MCP 不能永久封闭乙烯受体有关^[17]。本试验结果表明,火晶柿果用浓度为 1 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 2 次,能更有效地延迟柿果的后熟和衰老。可见,增加 1-MCP 处理次数可以延长贮藏时间,延缓果实成熟衰老的进程,从而达到较好的贮藏保鲜效果。

[参考文献]

- [1] Sisler E C, Serek M. Inhibitors of ethylene response in plants at the receptor level: recent development[J]. *Physiol Plant*, 1997, 100: 577-582.
- [2] Golding J B, Shearer D, Wyllie S G, et al. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylenependent ripening processes in mature banana fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1998, 14: 87-98.
- [3] 李正国, EF Sharkawy I, Lelievre J M. 温度, 丙烯和 1-MCP 对西洋梨果实乙烯合成和乙烯受体 ETR 1 同源基因表达的影响[J]. *园艺学报*, 2000, 27(5): 313-316.
- [4] Fan X, Mattheis J P. Impact of 1-methylcyclopropene and methyl jasmonate on apple volatile production[J]. *J Agric food chem*, 1999, 47: 2847-2853.
- [5] 樊秀彩, 张继澍. 1-甲基环丙烯对采后猕猴桃果实生理效应的影响[J]. *园艺学报*, 2001, 28(5): 399-402.
- [6] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.

- [7] Larrigaudiere C, Pinto E. Differential effect of ethephon and senescence color development of "Starking Delicious" apple[J]. J Amer Sci, 1996, 12: 746-749.
- [8] 高梅, 张继澍. 亚精胺对柿果采后乙烯生物合成的影响[J]. 园艺学报, 1999, 26(6): 364-368.
- [9] 童斌, 饶景萍. 柿子成熟过程中几种生理代谢及细胞膜透性的变化[J]. 西北植物学报, 1999, 19(3): 482-486.
- [10] Prange R K, Delong J M. 1-methylcyclopropene: the "magic bullet" for horticultural products[J]. Chronica Horticulturae, 2003, 43(1): 11-14.
- [11] Fuscger R L, Bennett A B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening[J]. Phyto Plant Mol Biol, 1991, 42: 675-703.
- [12] Wakabayashi K, Chun J P, Lubert D J. Extensive solubilization and depolymerization of cell wall polysaccharides during avocado (Persea americana) ripening involves concerted action of polygalacturonase and pectinmethylesterase [J]. Physiol Plant, 2000, 108: 345-352.
- [13] 吕昌文, 齐灵. 桃波动温度及其机理研究[J]. 华北农学报, 1994, 9(1): 75-80.
- [14] 方建雄, 华雪增, 刘愚. 贮藏温度和气体状况对苹果果胶、多聚半乳糖醛酸酶变化的影响[J]. 植物生理学报, 1991, 17(1): 99-104.
- [15] 田建文, 许明宪, 贺普超. 柿果实采后生理分析[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(2): 109-117.
- [16] 王贵禧, 韩雅珊, 于梁. 浸钙对猕猴桃果实硬度变化影响的生化机制[J]. 园艺学报, 1995, 22(1): 21-24.
- [17] 胡位荣, 刘顺枝. 1-甲基环丙烯在果蔬采后生理与保鲜上的研究[J]. 嘉应大学学报: 自然科学版, 2002, 20(3): 88-92.

(上接第 90 页)

本试验表明, 各处刺参表皮溃烂病的病原菌并不相同。Becker 等^[1]报道的刺参表皮溃烂病的病原菌为弧菌、杆菌和 α -蛋白菌, 这一报道与本试验的结果也存在一定差异, 说明该病具有地域差异性。另外, 该病的发生有明显的季节性, 主要发生在 1~4 月, 发病高峰为 3~4 月, 且幼参最易感染。该病主要由细菌引起, 但其他因素也对该病具有极大影响, 如酸碱度、溶氧量均有利于该病的发生。因此, 该病发生是综合作用的结果, 病原菌必须与其他一些因素相结合才可引起该病害的发生。

[参考文献]

- [1] Becker P, Gillan D. The skin ulceration disease in cultivated juveniles of *Holothuria scabra*[J]. Aquaculture, 2004, 24(6): 13-30.
- [2] 王印庚, 宋小军, 张春云, 等. 养殖刺参暴发性疾病——“腐皮综合症”的初步研究与防治[J]. 齐鲁渔业, 2004, 21(11): 44-47.
- [3] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] Holt J G, Krieg N R, Sneath P H A. Bergey's manual of determinative bacteriology[M]. 9th edition. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994.
- [5] 钱云霞, 邵健忠, 王国良. 海水养殖鱼类细菌性疾病研究概况[J]. 海洋湖沼通报, 2001(2): 78-87.
- [6] 牟海津, 刘志鸿. 水产动物病原菌致病性胞外产物的研究进展[J]. 中国水产科学, 2000, 7(2): 93-95.
- [7] 丁雷, 岳永生, 宋憬愚. 虹鳟皮肤溃烂病的病原研究[J]. 淡水渔业, 2002, 32(3): 28-30.
- [8] Austin B, Austin D A. Bacterial fish pathogens: disease in farmed and wild fish[M]. Chichester, UK: Ellis Horwood Ltd, 2003: 111-177.
- [9] Austin B, Austin D A. Bacterial fish pathogens: disease in farmed fish[M]. Chichester, UK: Praxis Publishing Ltd, 2004: 66-67.
- [10] Treasurer J W, Cox D. The occurrence of *A. salmonicida* in wrasse (Labridae) and implications for Atlantic salmon farming[J]. Bull Eur Fish Pathol, 2005, 11(5): 155-161.
- [11] Pedersen K, Larsen J L. First report of an outbreak of furunculosis in turbot[J]. Bull Eur Fish Pathol, 2004, 16(6): 129-133.
- [12] 王兴礼. 黄鳝常见的疾病及其防治[J]. 临床兽医, 2004, 12(7): 36-37.
- [13] 顾继东, 范延臻. 土著致病菌及其胞外物在生物防治斑马贝中的作用[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(11): 572-576.
- [14] 郑延平. 龟“穿孔病”的防治[J]. 渔业致富指南, 2002, 22(9): 42.
- [15] 常亚青, 高绪生. 中间球海胆的人工育苗及增殖技术[J]. 水产科学, 2004, 23(12): 49-50.