

# 芒果、香蕉采后病害生物防治的研究进展

李小华<sup>1</sup>, 冯卫华<sup>2</sup>, 于新<sup>2\*</sup>, 毕阳<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 兰州 730070; 2. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广州 510225)

**摘要:** 芒果、香蕉采后主要病害为炭疽病、蒂腐病、冠腐病、黑腐病、黑星病。生物防治是当前芒果、香蕉采后病害控制的重要研究方向。概述了生物防治芒果、香蕉采后病害的方法, 包括诱抗剂、植物提取物、拮抗微生物在芒果、香蕉采后病害防治上的研究与应用。

**关键词:** 芒果; 香蕉; 采后病害; 生物防治; 诱抗剂; 植物提取物; 拮抗微生物

中图分类号: S476

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2009)01-0093-05

## Advances in Biocontrol to the Postharvest Diseases of Mango & Banana

LI Xiao-hua<sup>1</sup>, FENG Wei-hua<sup>2</sup>, YU Xin<sup>2\*</sup>, BI Yang<sup>1</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. College of Light Industry and Food Science, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** The major postharvest diseases of mango & banana include anthracnose, stem end rot, crown rot, black rot, banana black spot etc. Biocontrol plays an important role in control of postharvest disease. The advances in biocontrol of postharvest disease in mango & banana were reviewed, including elicitors, plant extracts, antagonistic microorganisms and so on.

**Key words:** Mango; Banana; Postharvest diseases; Biocontrol; Elicitors; Plant extracts; Antagonistic microorganisms

芒果(*Mangifera indica*)、香蕉(*Musa sapientum*)是世界著名的热带和亚热带水果,在我国主产于广东、广西、福建、海南。芒果和香蕉在贮运过程中易腐烂,严重影响其出口及北运,主要原因是病原微生物感染<sup>[1]</sup>。目前主要依靠化学杀菌剂来防治这些病害,但多是单作用位点的内吸性杀菌剂,病菌易产生抗药性。许多真菌抗药性的形成与 $\beta$ -微管蛋白基因变异有关,属单基因突变,不仅易使病菌产生抗药性,还引起交互抗性<sup>[2-5]</sup>,而且污染环境,危害公众健康。人们采取了一些农业措施,在一定程度上减轻了病害的发生,但不能从根本上控制病害。因此,生物防治越来越引起生产者和科研工作者的关注。本文主要针对芒果、香蕉采后的主要病害,阐述用诱抗剂、植物提取物、拮抗微生物对芒果和香蕉采后病害进行防治的研究进展。

## 1 芒果、香蕉采后主要病害

### 1.1 芒果采后主要病害

芒果炭疽病是芒果的主要病害之一,其致病菌为黑盘孢科胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides* Penz)。该菌以分生孢子侵染植物的叶、梢、花穗、果,引起梢枯、叶斑、落叶和落花落果,特别是由于采果前潜伏侵染,贮运期引起果实腐烂,大大缩短商品芒果的货架期,有时病果率达60%以上(贮藏期为10 d)<sup>[6]</sup>。蒂腐病是仅次于炭疽病的第2大芒果采后病害。广东省芒果蒂腐病有3种,分别为黑色蒂腐病(又称焦腐病),病原菌为*Botryodiplodia theobromae*;褐色蒂腐病,病原菌为*Phomopsis mangiferae*;小穴壳蒂腐病,病原菌为*Dothiorella dominicana*<sup>[7]</sup>。前两种是潜伏侵染病害,即病原菌从幼果潜入后便潜伏在果实的深层组织或核组织

收稿日期: 2008-05-13 接受日期: 2008-08-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(30471217, 30871765); 广东省自然科学基金项目(33311); 广东省教育厅自然科学基金项目(Z03054)资助

\* 通讯作者 Corresponding author

内,到芒果采收后,在贮藏、运输期间发病,造成严重的经济损失。小穴壳蒂腐病在芒果贮运期间较严重,初期病部呈灰白色后至暗褐色,无光泽,病健交接处明显,最后病部扩展整果,病果表皮变至深褐色,同时病果表皮皱缩、干巴,发病部位有裂缝,刺破后不流汁<sup>[8]</sup>。

## 1.2 香蕉采后主要病害

香蕉炭疽病是全世界香蕉产区的主要采后病害,病原菌为 *Colletorichum musae*。在果实黄熟期常造成严重损失,为害青果时,病斑长椭圆形,黑褐色,上生许多小黑点,但青果很少受害;熟果上病斑常呈梭形,黑褐色,有时有圆心,轮纹,往往中央纵裂,大小 5~20 mm × 3~15 mm。此病可与许多其他病原菌共同引起冠腐病。香蕉冠腐病是香蕉采后及运输期间发生的主要病害<sup>[9]</sup>。引起采后冠腐病的病原菌极为复杂,已报道有 10 多属,如镰刀菌 (*Fusarium* spp.)<sup>[10]</sup>,病症为发病初期危害果轴,果穗落梳后,蕉梳切口出现白色棉絮状物,造成轴腐;病部继而向果柄发展,呈深褐色,前缘水渍状,暗绿色,蕉指散落;最后果身也发病,果皮爆裂,上长白色棉絮状菌丝体,果僵硬,不易催熟转黄,食用价值低。黑腐病为香蕉贮运期间的主要病害,病原菌为 *Botrydiploia theobromae*,其从伤口感染香蕉的冠部、指梗和果指,引起香蕉轴腐、冠腐、果指断落和腐烂。香蕉黑星病为近年来香蕉产区较为普遍的危害,病原菌为 *Macrophoma musae*。发病初期,在香蕉下部叶片的叶脉周边或果实上产生许多散生或群生的突起小黑斑,后期变褐色,叶脉及周边发黄,并向老叶上部叶片蔓延,可达顶叶,果实发黑腐烂<sup>[11]</sup>。刘秀娟等报道 *Helminthosporium* sp. 也能引起香蕉果梗腐烂<sup>[12]</sup>。

## 2 芒果、香蕉采后病害的生物防治

病原菌侵染造成香蕉、芒果采后腐烂,直接影响其质量和经济效益。目前,我国多采用多菌灵、特克多等化学药剂浸果来防治香蕉、芒果的采后病害<sup>[13]</sup>。黄圣明等报道咪鲜安和丙环唑对芒果采后炭疽菌具有良好的抑制作用<sup>[14]</sup>。但长期使用化学农药会使病原菌产生抗药性,污染环境,农药残留影响食品安全。徐大高等报道芒果炭疽病菌群体中存在多菌灵抗性群体,抗药菌株的发生频率为 48.59%<sup>[15]</sup>。人们力图寻求安全、有效的方法来控制采后病害,目前用诱抗剂、植物提取物、拮抗微生物

来防治果蔬采后病害已经成为研究热点。

### 2.1 诱抗剂防治

诱导抗性是指利用物理、化学以及生物的方法,预先处理植物或果实,诱导其启动自身的防御机制,增强对病原物的抵抗力。

目前,利用抗病性诱导技术控制芒果、香蕉采后病害的研究已取得良好进展。晏卫红用草酸或水杨酸(Salicylic acid, SA)在挂果期对芒果果实喷雾,提高芒果采后对蒂腐病和炭疽病的抗性<sup>[16]</sup>。绿熟芒果经 SA 处理后,用炭疽病菌孢子悬浮液( $1 \times 10^4$  cfu ml<sup>-1</sup>)对其进行损伤接种,贮存于 13℃、相对湿度 85%~95% 条件下,结果接种 4 d 的果实发病率为对照的 62.5%,12 d 和 16 d 的果实病斑直径比对照分别小 39.9% 和 35.3%;且 SA 处理的芒果果皮中过氧化物酶(POD)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)、超氧化物歧化酶(SOD)活性及总酚和过氧化氢含量明显高于对照,接种 4 d 的 PAL 活性为对照的 3.4 倍,绿熟芒果对炭疽病的抗病性得到了显著提高<sup>[17-18]</sup>。杨公正等研究了低聚糖素在采前对芒果炭疽病抗病力的诱导,平均防治效果 65.6%,高于农药多菌灵<sup>[19]</sup>。钟秋平研究表明,壳聚糖对芒果炭疽菌的抑菌率随浓度的升高而提高;在 pH 4.8 和 6.0 的环境中,壳聚糖的抗菌能力较强<sup>[20]</sup>。蒋跃明用外源 500 mg L<sup>-1</sup> 的多巴胺处理香蕉,果实经催熟后转到常温货架 5 d,病情指数仅为 40.3%,比对照(81.9%)下降 50.8%,明显抑制香蕉采后炭疽病发生<sup>[21]</sup>。朱世江等用未经热处理的香蕉果皮提取液处理采后香蕉,病情指数为 0.37,极显著低于对照的 0.87<sup>[22]</sup>。

胡美姣等用 52℃ 热水处理芒果、香蕉果实,诱导 PAL 活性提高,贮藏期间炭疽病发生速度减慢,发生率降低<sup>[23]</sup>。Prak 用 52℃ 热水处理芒果 30 min,芒果能在 12℃ 下存放 26 d,对采后病害的控制非常有效;用热水(52℃ 处理 15 min)和多菌灵(0.1%)混合处理可在 12℃ 贮存 26 d,没有炭疽菌侵染<sup>[24]</sup>。Benitez 等报道 55℃ 热水浸泡绿熟芒果,贮藏后期的发病率比没有处理的低,且果皮中 PAL、β-1,3 葡聚糖活性增加<sup>[25]</sup>。

### 2.2 植物提取物防治

植物的许多次生代谢物质具有抑菌的生物活性,病虫不易产生抗性,所以植物源抗菌活性物质的研究倍受重视。胡美姣等报道 72 种中草药丙酮

提取物对香蕉、芒果采后病害的病原菌菌丝体生长的平均抑菌率为 34.80%, 其中丁香 (*Eugenia aromatica*) 对 9 种病原菌的抑菌率为 100%; 肉桂 (*Cinnamomum cassia*) 和大茴香 (*Illicium verum*) 的抑菌率大于 90%, 且抑菌率大于 50% 的中草药提取物有 16 种<sup>[26]</sup>。丁香、黄芩 (*Radix Scutellariae*) 和五倍子 (*Rhus chinensis*) 提取液对芒果炭疽病菌有很好的抑制作用, 五倍子提取液还能抑制芒果蒂腐病菌<sup>[27-28]</sup>。

何衍彪等报道石菖蒲 (*Acorus tatarinowii*) 的石油醚、丙酮、乙酸乙酯、乙醇提取物对芒果炭疽菌敏感菌株、抗药性菌株均具有一定的抑制作用, 在 50 mg DW ml<sup>-1</sup> 浓度下对芒果炭疽菌的抑制率达 98% 以上<sup>[29]</sup>。

吴光旭等报道开口箭 (*Tupistra chinensis*) 的甲醇提取物、乙酸乙酯和正丁醇分步萃取物对香蕉炭疽菌的抗菌活性不受热、紫外线和酸等因子的影响, 用开口箭提取物处理采后香蕉果实, 可明显降低其潜伏性炭疽菌发病率<sup>[30]</sup>。

## 2.3 拮抗微生物防治

### 2.3.1 拮抗细菌

已筛选出的拮抗细菌主要是芽孢杆菌。杨胜远等报道芽孢杆菌 (*Bacillus* sp.) X-98-2 发酵液对芒果炭疽病原菌和蒂腐病原菌都有抑制作用<sup>[31]</sup>。枯草芽孢杆菌 (*B. subtilis*) B68 和来自辣椒 (*Capsicum frutescens*) 体内的枯草芽孢杆菌 BS-1 和 BS-2 菌株对香蕉炭疽菌菌丝生长、分生孢子形成及萌发等有较强的抑制作用。枯草芽孢杆菌 B68 和香蕉果实潜伏炭疽菌对峙培养 7 d 后产生明显的抑菌带, 其宽度为 0.5 ~ 1 cm, 培养 10 d 后仍然保持稳定的抑菌效果。接种病菌 16 d 后, BS-1 和 BS-2 菌株对香蕉炭疽病的防治效果分别达 34.0%、90.0%<sup>[32-33]</sup>。刘爱荣报道 4 株枯草芽孢杆菌的菌液对香蕉冠腐病的防效均在 70% 以上, 最高达 94.74%, 显著高于杀菌剂施保功 (52.63%)<sup>[34]</sup>。Govender 等用 45℃ 地衣芽孢杆菌 (*B. licheniformis*) 悬液处理芒果后, 在低温高湿 (10℃, RH90%) 情况下显著降低了芒果炭疽病和蒂腐病的发生率<sup>[35]</sup>, 从开花到采收每 3 周喷洒 1 次地衣芽孢杆菌悬液能抑制芒果炭疽病、细菌性黑斑病和软腐病<sup>[36]</sup>。

刘晓妹等用从土壤中获得生防细菌 (*Bacillus* sp.) B05 菌株对香蕉黑星病菌、炭疽病菌和芒果炭疽病菌做对峙实验, 结果表明 B05 菌株对香蕉黑星

病菌抑菌作用较好, 抑菌带宽达 21 mm, 而对芒果、香蕉炭疽病菌的抑制作用较弱, 抑菌带的宽度不足 10 mm, 在香蕉上涂抹 B05 菌株, 对香蕉冠腐病的防效随 B05 菌株菌悬液的浓度增大而增加<sup>[37]</sup>。Vivekananthan 等用荧光假单胞菌 (*Pseudomonas fluorescence*)、枯草芽孢杆菌、酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 的复合制剂采前隔月喷洒芒果树可减少芒果的采后病害, 芒果中的裂解酶、几丁质酶、 $\beta$ -1,3 葡聚糖酶活性提高<sup>[38]</sup>。Costa 等从香蕉果皮上分离获得的 4 株细菌显著抑制香蕉炭疽菌的菌丝生长、孢子萌发和附着孢的形成, 抑制引起香蕉轴腐病病原菌 (*Fusarium* spp.) 菌丝生长。用拮抗菌浸果, 对轴腐病的防效达 30% ~ 42%, 显著降低芭蕉炭疽菌 (*Colletotrichum musae*) 引起的病害<sup>[39]</sup>。从香蕉果皮上分离到的非荧光假单胞 (*Pseudomonas* spp.) 菌液浸泡采后香蕉果实, 明显降低由冠腐病菌引起的果实采后腐烂<sup>[40]</sup>。刘兴荔等报道放线菌 (*Actinomycete* sp.) 618 菌株发酵液对香蕉炭疽菌有良好的抑菌作用<sup>[41]</sup>。

### 2.3.2 拮抗酵母菌

应用拮抗酵母菌 (*Saccharomyces* sp.) 进行果蔬采后病害防治日益受到重视。何秀娟筛选出酵母菌 X-1 和 MO-7, 对芒果处理后, 其炭疽病和蒂腐病的发病率分别控制在 40% 和 16.7%, 且 X-1 和 MO-7 的抑菌效果与悬浮液的浓度正相关<sup>[42]</sup>。Patino-Vera 等在收获前用小红酵母 (*Rhodotorula minuta*) 悬液喷施芒果树, 采后炭疽病的发病率与使用化学杀菌剂的相近或更低<sup>[43]</sup>。

### 2.3.3 拮抗真菌

张诒仙报道青霉属 (*Penicillium*) 的许多菌株对芒果炭疽病有很强的拮抗作用, 其中拮抗作用最强的是瓦克青霉 (*P. waksmanii*)<sup>[44]</sup>。Lakshmi 等把哈茨木霉 (*Trichoderma harzianum*)、枯草芽孢杆菌接种至芒果果实上, 4 d 和 8 d 测得哈茨木霉对芒果炭疽菌的抑菌率分别为 60.73% 和 60.52%, 枯草芽孢杆菌对芒果炭疽菌的抑制率为 54.75%<sup>[45]</sup>。

## 3 展望

利用物理、化学诱导抗性、植物源提取物、拮抗微生物等防治芒果、香蕉采后病害已取得较大进展, 但仍有许多问题有待深入研究。

在化学诱抗剂方面, 目前已明确多巴胺、壳聚糖、草酸、水杨酸等能诱导增强芒果、香蕉果实对病

原菌的抗病性。与化学农药相比,诱抗剂价格昂贵,且连续诱导后,其病原菌会产生抗性<sup>[21]</sup>。所以,寻找经济、抗菌性好的化学诱抗剂有待于进一步研究。热处理对果实保鲜有一定作用,但单独使用热处理很难取得令人满意的效果。

在植物提取物方面,虽然已明确丁香、肉桂、大茴香、开口箭、黄芩、石菖蒲、五倍子等的提取物都对香蕉、芒果采后病害具有抑制作用,但其杀菌、抑菌的有效成分尚不清楚,且这些植物的资源有限,使用提取物的成本也比较高,多次使用之后是否会

产生抗性,仍需要进一步研究。

在拮抗微生物方面,目前已从植物和土壤中分离出多种具有拮抗作用的细菌、真菌和酵母菌,对芒果、香蕉采后腐烂的病原真菌具有明显抑制作用。但拮抗微生物的活性及代谢的水解酶的活性受到温度、湿度、介质、pH等环境因素影响,其防治果蔬采后病害的效果不及化学农药稳定,而且生态环境是否发生改变。需要进一步探索拮抗菌在果实表面的生态特性及采后处理对其活性的影响,拮抗菌对人体健康和食品安全性的影响,加强微生物生态研究,实现生态农业,充分利用当地资源,减少化学农药的使用。另外,拮抗真菌代谢抗生物质对果蔬采后病害的抑制作用尚少见报道,需要进一步开发一些拮抗真菌,有效地抑制芒果、香蕉的采后病害。

尽管生物防治在应用中还存在实际问题,但生物防治毕竟是采后病害控制的新途径,未来应予以充分重视<sup>[46]</sup>。随着技术的进步,芒果、香蕉采后病害的生物防治将会得到广泛的应用。

## 参考文献

[1] 张维一, 毕阳. 果蔬采后病害与控制 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 1-5.

[2] Koenraadt H, Sonerville S C, Jones A L. Characterization of mutations in the beta-tubulin gene of benomyl-resistant fields strains of *Venturia inaequalis* and other plant pathogenic fungi [J]. *Phytopathology*, 1992, 82(11): 1348-1354.

[3] Burland T G, Schedl T, Gull K, et al. Genetic analysis of resistance to benzimidazoles in *Physarum*: Differential expression of  $\beta$ -tubulin genes [J]. *Genetics*, 1984, 108: 123-141.

[4] Neff N H, Thomas J J, Grisafi P, et al. Isolation of the  $\beta$ -tubulin gene from yeast and demonstration of its essential function *in vivo* [J]. *Cell*, 1983, 33: 211-219.

[5] Thomas J H, Neff N F, Botstein D. Isolation and characterization of mutation in the  $\beta$ -tubulin gene of *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Genetics*, 1985, 112: 715-734.

[6] Huang S H(黄思良), Huo X J(霍秀娟), Wei G(韦刚). Biological characters of the mango anthracnose pathogen (*Colletotrichum gloeosporioides*) [J]. *SW China J Agri Sci(华南农业大学学报)*, 1999, 12(2): 83-89.(in Chinese)

[7] Wang B S(王璧生), Liu C Z(刘朝祯), Qi P K(戚佩坤). Identification of mango stem-end rot pathogens and its control in post-harvest [J]. *J China Agri Univ(中国农业大学学报)*, 1994, 15(3): 55-60.(in Chinese)

[8] Xiao G N(肖功年), Pang Z W(庞宗文), Yang S Y(杨胜远), et al. Biological characters of *Dothiorella dominicana* causing stem-end rot of mango [J]. *SW China J Agri Sci(西南农业学报)*, 2000, 13(1): 71-74.(in Chinese)

[9] Zhang R Y(张荣意), Lin Y P(林运萍), Tan Z Q(谭志琼), et al. Determination of the control effect of *Bacillus subtilis* on banana crown rot [J]. *Chin J Trop Agri(热带农业科学)*, 2004, 24(2): 4-8.(in Chinese)

[10] 王璧生. 广东香蕉采后病害研究 [J]. *广东农业科学*, 1989(4): 42-43.

[11] 艾润. 香蕉黑星病及其防治 [J]. *中国热带农业*, 2005(6): 37.

[12] Liu X J(刘秀娟), Huang S M(黄圣明). Postharvest disease and treatment of banana fruits from tissue cultured seedlings [J]. *Chin J Trop Crops(热带作物学报)*, 1998, 19(4): 46-50.(in Chinese)

[13] Liu C Z(刘朝祯), Wang B S(王璧生), Qi P K(戚佩坤). Studies on *Colletotrichum Musae* (Berk. et Curt.) Arx and the chemical control of anthracnose of banana in the fields [J]. *Acta Phytopathol Sin(植物病理学报)*, 1990(3): 179-182.(in Chinese)

[14] Huang S M(黄圣明), Guo S Z(郭少贞), Liu X J(刘秀娟), et al. Toxicity of some fungicide to *Colletotrichum gloeosporioides* on mango fruit [J]. *Chin J Trop Crops(热带作物学报)*, 1992, 13(1): 67-70.(in Chinese)

[15] Xu D G(徐大高), Pan R Q(潘汝谦), Zheng Z(郑仲), et al. Monitoring of the resistance of *Colletotrichum gloeosporioides* on mango anthracnose to the fungicide carbendazim [J]. *J South China Agri Univ(华南农业大学学报)*, 2004, 25(2): 34-36.(in Chinese)

[16] Yan W H(晏卫红), Huang S L(黄思良), Xie L(谢玲), et al. Induction of resistance to stem-end rot and anthracnose in mango fruits [J]. *SW China J Agril Sci(西南农业学报)*, 2001, 14(3): 56-58.(in Chinese)

[17] Zeng K F(曾凯芳), Jiang W B(姜微波). Induced resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in mango fruit by postharvest treatment with salicylic acid [J]. *J China Agri Univ(中国农业大学学报)*, 2005, 10(2): 36-40.(in Chinese)

[18] Zeng K F, Cao J K, Jiang W B. Enhancing disease resistance in harvested mango (*Mangifera indica* L. 'Matisu') fruit by salicylic acid [J]. *Sci Food Agri*, 2006, 86(5): 694-698.

[19] Yang G Z(杨公正), Chen Y Q(陈永强), Xiao Q Y(肖倩苑), et al. Preventing and curing mango anthracnose with nuisanceless biological pesticide oligosaccharins [J]. *J South China Univ Trop Agri(华南热带农业大学学报)*, 2004, 10(1): 7-9.(in Chinese)

[20] Zhong Q P(钟秋平), Xia W S(夏文水). Antifungal activity of

- chitosan for anthracnose and stem rot pathogene in mango fruit [J]. *Food Machinery* (食品与机械), 2005, 21(1): 25–27. (in Chinese)
- [21] Jiang Y M (蒋跃明). Occurrence of anthracnose inhibited by dopamine and induced by sugars in banana fruit after harvest [J]. *Acta Phytopathol Sin* (植物病理学报), 1997, 27(2): 157–160. (in Chinese)
- [22] Zhu S J (朱世江), Ji Z L (季作梁), An H L (安惠来), et al. Induction of disease tolerance of postharvest bananas by crude extract from peels of green bananas [J]. *Sci Agri Sin* (中国农业科学), 2004, 37(3): 406–409. (in Chinese)
- [23] Hu M J (胡美姣), Liu X J (刘秀娟), Huang S M (黄圣明). Relation between PAL activity change in peels and anthracnose occurrence of mango and banana fruits after heat treatment [J]. *Chin J Trop Crops* (热带作物学报), 2000, 21(4): 63–67. (in Chinese)
- [24] Prak A O M, Pandey B K. Control of mango anthracnose by hot water and fungicides treatment [J]. *Ind Phytopathol*, 2000, 53(1): 92–94.
- [25] Benitez M M, Acedo A L Jr, Jitareerat P, et al. Induction of disease resistance in mango fruit by postharvest heat [J]. *Acta Hort*, 2006 (712): 785–792.
- [26] Hu M J (胡美姣), Gao Z Y (高兆银), Li M (李敏), et al. Antifungal ability of 72 Chinese herbal acetone extracts against pathogens of post-harvest diseases of banana and mango fruits [J]. *J Fruit Sci* (果树学报), 2007, 24(3): 349–354. (in Chinese)
- [27] Yang S Y (杨胜远), Deng W L (邓卫利), Xiong D Y (熊德元), et al. Study on suppressive effect of herbs against pathogens in mango [J]. *Pharmac Biotechn* (药物生物技术), 2001, 8(6): 335–338. (in Chinese)
- [28] Shi R C (施瑞城), Li T (李婷), Hou X D (侯晓东), et al. Inhibition on *Colletotrichum gloeosporioides* Pers. from 23 kinds of extracts from herbs [J]. *Food Res Devel* (食品研究与开发), 2006, 27(9): 123–126. (in Chinese)
- [29] He Y B (何衍彪), Zhan R L (詹儒林), Zhao Y L (赵艳龙). Inhibition effects of *Acorus tatarinowii* extracts against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* [J]. *J Yunnan Agri Univ* (云南农业大学学报), 2006, 21(6): 728–732. (in Chinese)
- [30] Wu G X (吴光旭), Yang X L (杨小玲), Liu A Y (刘爱媛), et al. Antifungal activity of *Tupistra chinensis* extract against *Colletotrichum musae* of postharvest banana [J]. *Transact CSAE* (农业工程学报), 2007, 23(7): 235–240. (in Chinese)
- [31] Yang S Y (杨胜远), Chen G (陈桂光), Xiao G N (肖功年), et al. The effect of *Bacillus* sp. X-98-2 on the preservation of mango [J]. *Food Sci* (食品科学), 2004, 25(3): 180–183. (in Chinese)
- [32] 谭志琼, 谿国英, 张荣意. 枯草芽孢杆菌 B68 对香蕉果实潜伏炭疽菌的抑制作用 [J]. *广西热带农业*, 2006 (5): 1–4. (in Chinese)
- [33] He H (何红), Cai X Q (蔡学清), Chen Y S (陈玉森), et al. Biological control of banana anthracnose with endophytic *Bacillus subtilis* BS-2 and BS-1 isolated from capsicum [J]. *J Fujian Agri For Univ* (福建农林大学学报), 2002, 31(4): 442–444. (in Chinese)
- [34] Liu A R (刘爱荣). The study of *Bacillus* antagonize crown rots of banana [D]. Danzhou: South China University of Tropical Agriculture (华南热带农业大学), 2003: 2–4. (in Chinese)
- [35] Govender V, Korsten L, Dharini S. Semi-commercial evaluation of *Bacillus licheniformis* to control mango postharvest diseases in South Africa [J]. *Postharv Biol Techn*, 2005, 38(1): 57–65.
- [36] Sliemela M, Korsten L. Evaluation of pre-harvest *Bacillus licheniformis* sprays to control mango fruit diseases [J]. *Crop Protect*, 2007, 26: 1474–1481.
- [37] 刘晓妹, 蒲金基, 唐秋. B05 菌株抗菌谱及对几种香蕉病害防效的测定 [J]. *中国南方果树*, 2006, 35(6): 41–43.
- [38] Vivekananthan R, Ravi M, Ramanathan A, et al. Lytic enzymes induced by *Pseudomonas fluorescens* and other biocontrol organisms mediate defence against the anthracnose pathogen in mango [J]. *World J Microbiol Biotechn*, 2004, 20(3): 235–244.
- [39] Costa D M De, Amaradasa B S, Wegiriya R N B P M R C L. Antagonists of *Colletotrichum musae* associated with banana fruit skin [J]. *J Nat Sci Council Srilanka*, 1997, 25(2): 95–104.
- [40] Costa D M De, Subasinghe S S N S. Antagonistic bacteria associated with the fruit skin of banana in controlling its postharvest disease [J]. *Trop Sci*, 1998, 38(4): 206–212.
- [41] Liu X L (刘兴荔), Lian Y P (连云鹏). Experiment on the use of fermentation broth of *Streptomyces* (Strain 618) for plant disease control [J]. *Chin J Biol Contr* (中国生物防治), 1987, 3(2): 50–54. (in Chinese)
- [42] He X J (何秀娟). Study on screening biocontrol yeast against anthracnose and stem-end rot of mango in postharvest [D]. Wuhan: Huanzhong Agricultural University (华中农业大学), 2006: 25–40. (in Chinese)
- [43] Patino-Vera M, Jimenez B, Balderas K, et al. Pilot-scale production and liquid formulation of *Rhodotorula minuta*, a potential biocontrol agent of mango anthracnose [J]. *Appl Microbiol*, 2005, 99(3): 540–550.
- [44] 张诒仙. 芒果炭疽病生物防治研究瓦克青霉(T-141 株)的防治效果 [J]. *世界热带农业信息*, 2006(4): 24–25.
- [45] Lakshmi K P R, Rao S V R, Babu K H. Efficacy of certain fungicides and bio-control of post-harvest decay fruits due to *Colletotrichum gloeosporioides* *in vitro* and *in vivo* [J]. *S Ind Hort*, 2004, 52(1–6): 305–309.
- [46] Harold E M. Postharvest Pathology of Fruit and Vegetables: Postharvest Losses in Perishable Crops [M]. US: Agricultural Experiment Station, 1984: 1–11.