

张 岳, 杨俊颖, 王旭东, 等. 2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉病和柑橘青霉病采后防治效果的研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(2): 96–100. doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2017.02.026

2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉病和柑橘青霉病采后防治效果的研究

张 岳¹, 杨俊颖¹, 王旭东², 宋海慧¹, 张莉莉¹, 石玉莹¹, 陈秀玲¹, 王傲雪^{1,2}

(1. 东北农业大学园艺学院, 黑龙江哈尔滨 150036; 2. 东北农业大学生命科学学院, 黑龙江哈尔滨 150036)

摘要:以 2 株浅白酵母 Ca63 (*Cryptococcus albidus* 63)、Ca64 (*Cryptococcus albidus* 64) 为研究对象, 通过平板对峙、显微观察致病菌和浅白酵母的共培养物。结果表明, 2 株浅白酵母均能显著抑制葡萄灰霉菌和柑橘青霉菌的生长。Ca63 和 Ca64 对葡萄灰霉菌菌丝生长量的抑制率分别为 83.1%、80.7%; Ca63 和 Ca64 对柑橘青霉菌菌丝生长量的抑制率分别为 82.8%、77.1%。采后果实防治试验发现 2 株酵母菌对葡萄灰霉菌和柑橘青霉菌都有良好的抑制效果, 菌株 Ca63 对 2 种病菌的防治效果均好于菌株 Ca64, Ca63 防治灰霉病效果为 62.6%, 防治柑橘青霉病效果为 72.6%。该研究为进一步将这 2 种酵母菌应用于果实采后保鲜提供了基础。

关键词:浅白隐球酵母菌; 葡萄灰霉病; 柑橘青霉病; 采后生物防治

中图分类号: S436.631.1⁺9; S436.661.1⁺9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2017)02–0096–04

水果因采摘后腐烂导致的资源浪费和经济损失十分巨大, 防治采后果实病害的发生因此成为一项十分必要且迫切的工作。由真菌或细菌引起的侵染性病害是造成水果在采摘后腐烂的主要原因, 如柑橘采后出现青霉病和绿霉病, 葡萄园采后出现灰霉病, 损失率都高达 30%~50%^[1–2]。迄今为止, 控制采后果实病害的主要方法是使用化学杀菌剂, 但随着人们健康和环保意识的逐渐提高, 化学杀菌剂毒性大、污染环境、长期使用导致病原菌产生抗药性等缺点逐渐暴露, 迫使人们寻求新的防治方法。在国内外研究的非杀菌剂防治方法中, 利用拮抗菌进行生物防治被认为是最有前景的方法之一。浅白隐球酵母是一种用于采后保鲜的生防酵母菌, 具有拮抗效果好^[1]、抑菌谱广、营养要求低^[2]、生长快、不产生毒素、对多数化学杀菌剂不敏感^[3]等特点, 能与多种化学及物理方法结合使用, 可以较好地防治果实采后病害。据研究报道, 目前浅白隐球酵母已能有效抑制苹果^[4]、草莓^[5]、梨^[6]等果实的多种真菌病害, 在南非, 1 株浅白隐球酵母已经商业化生产, 其商品命名为 Yield Plus^[7]。目前, 对浅白隐球酵母的作用机制尚不明确, 但是普遍认为其作用机制主要包含寄生作用、分泌抗生物质、诱导寄主产生抗性等等。

本研究通过 PDA 平板对峙试验和 PDB 液体共培养试验研究 2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉菌和柑橘青霉菌的生长抑制作用, 通过显微观察探索浅白隐球酵母对葡萄灰霉菌和柑橘青霉菌的寄生机制, 为浅白隐球酵母的开发和应

用提供了技术基础和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验菌株 2 株浅白隐球酵母 (*Cryptococcus albidus*) Ca63、Ca64 由笔者所在实验室分离和保藏。将 2 株浅白隐球酵母接种在 YPD 固体培养基上划线活化, 挑取单菌落于 NYDB 液体种子培养基中, 28 ℃ 条件下 180 r/min 振荡培养 20 h, 作种子液备用。葡萄灰霉菌菌、柑橘青霉菌菌从自然发病的葡萄和柑橘果实上分离, 在平板上培养 7 d 以上使之大量产孢。用无菌水将孢子冲洗下来调配成浓度为 1×10^6 CFU/mL 备用。

1.1.2 供试试剂 PDA 培养基: 去皮马铃薯 200 g 切成小块, 加入 500 mL 蒸馏水煮沸 30 min 后用双层纱布过滤, 向滤液中加入葡萄糖 20 g 和琼脂 20 g, 用蒸馏水定容至 1 L, 121 ℃ 高压蒸汽灭菌 20 min。YPD 培养基: 葡萄糖 20 g 溶解于 100 mL 蒸馏水中, 酵母粉 10 g、蛋白胨 20 g 溶解于 900 mL 蒸馏水中, 2 瓶溶液于 121 ℃ 高压蒸汽灭菌 20 min, 用时将 2 瓶溶液混合均匀后使用。NYDB 液体种子培养基: 葡萄糖 20 g 溶解于 100 mL 蒸馏水中, 酵母膏 5 g 和牛肉膏 8 g 溶解于 900 mL 蒸馏水中, 2 瓶溶液于 121 ℃ 高压蒸汽灭菌 20 min, 用时将 2 瓶溶液混匀使用。

1.1.3 植物材料 葡萄和柑橘果实分别购自黑龙江省哈尔滨市当地市场。

1.2 方法

1.2.1 2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉菌和柑橘青霉菌的抑菌作用(PDA 平板对峙试验) 在 PDA 固体培养基上分别滴加 20 μ L 1×10^{10} CFU/mL 的 2 株浅白隐球酵母菌悬液, 利用涂布棒将其均匀涂开, 晾干, 然后在培养基上分别接种 1 块直径为 5 mm 的圆形葡萄灰霉菌菌饼、柑橘青霉菌菌饼, 26 ℃ 静置培养 7 d, 以接种葡萄灰霉菌菌和涂布无菌水、柑

收稿日期: 2015–12–05

基金项目: 黑龙江省高校科技成果产业化前期研发培育项目 (编号: 1254CGZH27); 黑龙江省教育厅海外学人项目 (编号: 1252HQ011)。

作者简介: 张 岳 (1990—), 男, 山东莱州人, 硕士研究生, 主要从事蔬菜学研究。E-mail: 346166440@qq.com。

通信作者: 王傲雪, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事植物分子细胞生物学研究。E-mail: axwang@neau.edu.cn。

橘青霉病菌和涂布无菌水的 PDA 固体培养基作对照,观察葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌的生长状态,每组处理 3 次重复。

1.2.2 2 株酵母菌对病原菌菌丝生长的影响 在 100 mL PDB 液体培养基中分别接种 1 cm² 大小的葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌,再按照 3% (体积分数)的接种量分别接入 2 株浅白隐球酵母种子液,26 ℃ 120 r/min 摇瓶培养 10 d,以不接种酵母菌作对照,每个处理取 5 μL 均匀滴在无菌载玻片上,置于显微镜下观察葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌菌丝生长状态,每组处理 3 次重复。同时用纱布过滤收集菌丝,烘干后称质量,分析酵母菌对灰葡萄孢菌菌丝生长的影响,计算抑制率,每个处理 3 次重复。

抑制率 = (对照菌丝干质量 - 处理菌丝干质量) / 对照菌丝干质量 × 100%。

1.2.3 2 株酵母菌不同处理对采后葡萄和柑橘病害的防治效果 挑选颜色大小一致、无病害及机械损伤的葡萄和柑橘,在葡萄上用无菌针等距离针刺 4 个 5 mm 深的伤口,在柑橘上用无菌针等距离针刺 10 个 1 cm 深的伤口。将 2 株浅白隐球酵母和葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌分别调配成 1 × 10¹⁰ CFU/mL 和 1 × 10⁶ CFU/mL 悬浮液,用针刺方法接种葡萄和柑橘处理 3 min,12 h 后在葡萄上接种葡萄灰霉病菌、在柑橘上接种柑橘青霉病菌。将处理后的葡萄和柑橘用保鲜膜及套袋的方式保持 90% 的相对湿度并贮于室温,开始对葡萄、柑橘的发病情况进行统计观察,并计算病情指数,每 3 d 观察 1 次。

葡萄发病级包括 0 级:果实无病态;1 级:发病面积 0.25% ~ 0.50%、果梗绿色、果实初见白色菌丝、果实富有弹性;3 级:发病面积 1%、果梗出现褐色斑点、果实有浅灰色菌

丝、果实微软无弹性;5 级:发病面积 5%、果实有深灰色菌丝、果实松软、有发酵气味;7 级:发病面积 10%、果实有褐色菌丝、发酵气味明显、果皮下陷、初见果蝇;9 级:发病面积 50%、果实有深褐色菌丝、果实腐烂下陷、果蝇量增加。

柑橘发病级包括 0 级:果实无病态;1 级:发病面积 < 10%、果皮软化、呈水渍状;3 级:发病面积 10% ~ 30%、表面长出气生菌丝且部分形成 1 层厚的白色霉斑;5 级:发病面积为 > 30% ~ 50%、大部分为浅绿色粉状物;7 级:发病面积为 > 50% ~ 70%、大部分为青绿色粉状物;9 级:发病面积 > 70%、出现深绿色粉状物。

病情指数 = 100 × Σ (各级发病果实数量 × 相应级数) / (调查总数 × 最高发病级数),试验重复 3 次。

防治效果 = (对照病情指数 - 处理病情指数) / 对照病情指数 × 100%。

2 结果与分析

2.1 2 株酵母菌对采后葡萄和柑橘的生防作用

2.1.1 2 株浅白隐球酵母菌对葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌的抑制作用(PDA 平板对峙试验) 在接种 2 株浅白隐球酵母菌的 PDA 对峙平板上均没有明显的抑菌圈出现,灰葡萄孢菌与酵母菌之间没有明显的分界线,但是与对照相比,接种了 2 株浅白隐球酵母的 PDA 平板上灰葡萄孢菌生长状态明显较弱。25 ℃ 静置培养 7 d 后对照组菌丝铺满培养皿,菌丝浓密、生长旺盛且产孢量较高;接有浅白隐球酵母菌的平板上灰葡萄孢菌长势较弱,未能铺满培养皿,菌丝稀疏、生长不旺盛且产孢量低(图 1)。

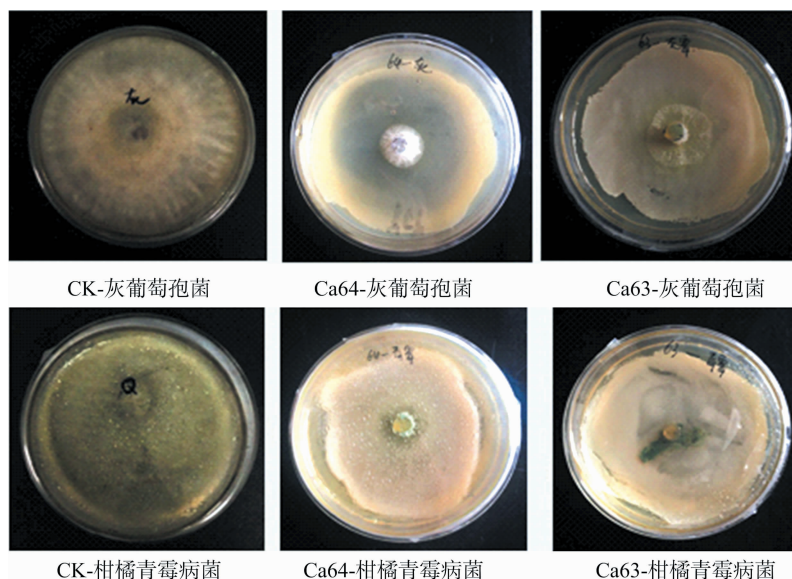


图1 2 株浅白隐球酵母菌对葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌的平板对峙试验

2.1.2 2 株酵母菌对病原菌产孢及菌丝生长的影响 以单独培养的葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌为对照,将 2 株酵母菌与葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌在 26 ℃ 下共同摇瓶培养 7 d 后发现,2 株酵母菌对葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌菌丝生长均有明显的抑制作用。对照组的菌丝生长旺盛,肉眼可见菌丝大量生长,而加入浅白隐球酵母的处理组中葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌基本没有生长,肉眼仅见少量菌丝(图 2)。显

微镜下观察 Ca63 和 Ca64 对葡萄灰霉病菌菌丝生长、柑橘青霉病菌菌丝生长的抑制情况也十分明显,有大量酵母菌生长在致病菌周围,致病菌的生长受到明显抑制(图 3)。将菌丝过滤烘干并称质量发现,浅白隐球酵母处理组的菌丝干质量显著低于对照组 ($P < 0.05$),且 Ca63 对葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌菌丝生长的抑制能力好于 Ca64。Ca63 和 Ca64 对葡萄灰霉病菌菌丝生长量的抑制率分别为 83.1%、80.7%;

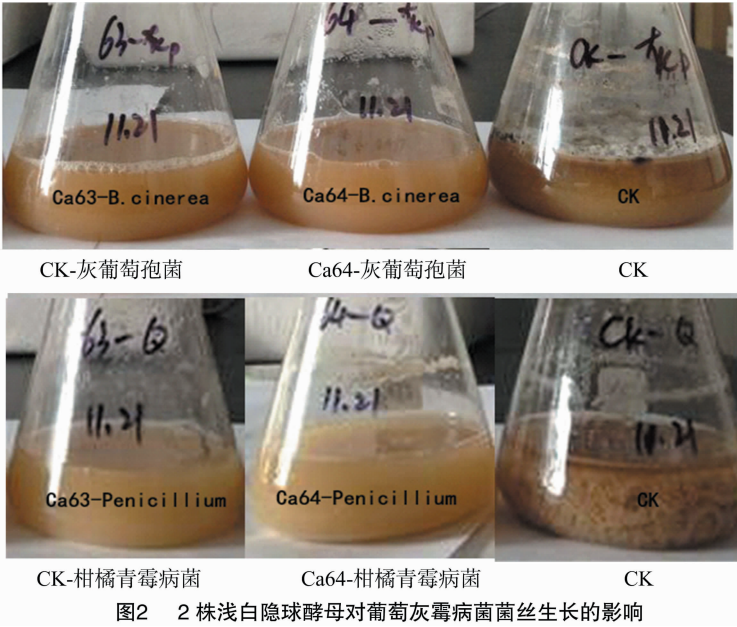


图2 2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉病菌菌丝生长的影响

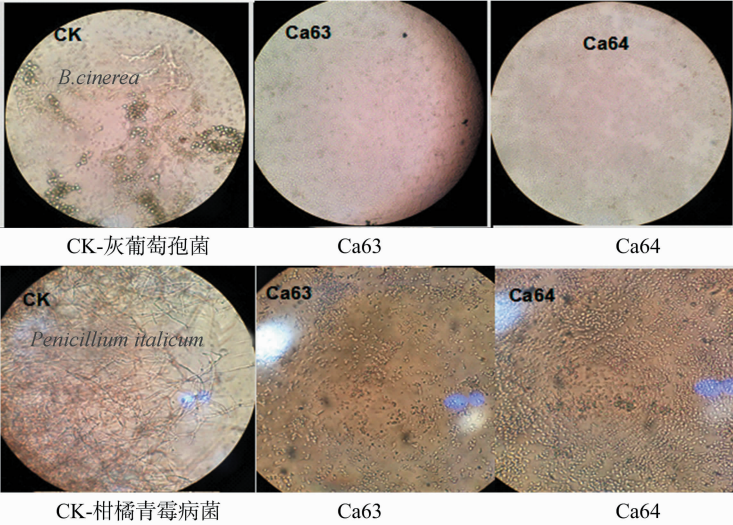


图3 浅白隐球酵母Ca63、Ca64与葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌菌丝的相互作用

Ca63、Ca64 对柑橘青霉病菌菌丝生长量的抑制率分别为 82.8%、77.1% (表 1、表 2)。

表 1 2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉病菌菌丝生长的影响

菌株	菌丝干质量(g)	抑制率(%)
Ca63	0.09 ± 0.01	83.1
Ca64	0.11 ± 0.02	80.7
葡萄孢菌	0.57 ± 0.12	—

表 2 2 株浅白隐球酵母对柑橘青霉病菌菌丝生长的影响

菌株	菌丝干质量(g)	抑制率(%)
Ca63	0.11 ± 0.02	82.8
Ca64	0.16 ± 0.02	77.1
意大利青霉	0.64 ± 0.14	—

2.1.3 不同处理的 2 株酵母菌液对葡萄灰霉病和柑橘青霉病的生物防治 将 2 株浅白隐球酵母调配成 1×10^{10} CFU/mL 的悬浮液,用针刺葡萄和柑橘分别进行处理 3 min,12 h 后在葡萄上接种葡萄灰霉病菌 1×10^6 CFU/mL 悬浮液、在柑橘上接种柑橘青霉病菌 1×10^6 CFU/mL 悬浮液。

结果表明,菌株 Ca63 防治 2 种病菌的效果都更佳,防治葡萄灰霉病效果为 62.6%,防治柑橘青霉病效果为 72.6% (表 3、表 4、图 3、图 4)。

表 3 2 株浅白隐球酵母对采后葡萄灰霉病的防治效果

处理液	病情指数	防治效果(%)
CK(无菌水)	95.51	—
Ca63	35.71	62.6
Ca64	51.02	46.6

表 4 2 株浅白隐球酵母采后柑橘青霉病的生防效果

处理液	病情指数	防治效果(%)
CK(无菌水)	96.13	—
Ca63	26.29	72.6
Ca64	27.19	71.7

3 讨论

将浅白隐球酵母与葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌进行共



图4 2 株浅白隐球酵母对采后葡萄灰霉病的防治效果



图5 采后柑橘青霉病的生防效果

培养时,2 株酵母菌对葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌菌丝生长均有明显的抑制作用,且 Ca63 对葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌菌丝生长的抑制能力好于 Ca64。酵母菌迅速占位,先于病原菌消耗掉大量的营养和空间,意味着酵母菌活菌数量越多,接种时间越早,抑制病原菌效果越显著。该研究中的 2 株酵母菌对病原菌起到了良好的预防作用,因此在实际应用中采后果实应尽早喷施或浸泡酵母菌液,提前抑制病原菌侵染和大量繁殖,从而达到提升经济价值的目的。

离体抑菌试验中,PDA 平板对峙试验结果显示,葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌能够绕过浅白隐球酵母继续生长,没有明显的抑菌圈出现,说明本研究所用的 2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉病菌和柑橘青霉病菌的拮抗作用并不是通过分泌抗生素等杀菌物质来完成的,这一结果与黄蓉和张红印等的研究结果^[8-9]一致。从葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌的生长状态观察发现,与对照组相比,接种 2 株浅白隐球酵母的平板上,葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌整体的生长态势明显较弱,且菌丝生长稀疏,产孢量也较低,这一结果说明 2 株浅白隐球酵母虽然没能产生有强效杀菌作用的抗生素类物质^[10],但是很有可能分泌一些其他物质能够降低葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌孢子的萌发率^[11],抑制葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌的正常生长,削弱葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌的生活力。黄蓉在对草莓灰霉病浅白隐球酵母的研究中发现,酵母菌能够产生一些挥发性的物质抑制灰霉菌菌丝的生长和孢子的萌发^[8]。共培养试验结果表明,高浓度的浅白隐球酵母活细胞能够有效地抑制葡萄灰霉病、柑橘青霉病; 1×10^{10} CFU/mL 的酵母活菌悬液能较好地抑制灰霉病原菌的生长^[12]。范青等研究发现较高浓度的季也蒙假丝酵母能完全抑制桃果实采后软腐病原菌葡枝根霉(*Rhizopus stolonifer*)孢子的萌发^[13]。贺立红等研究浅白隐球酵母的拮抗效果作用时发现,浅白隐球酵母菌量越大,对指状青霉菌孢子萌发的抑制作用越强,指状青霉孢子萌发率越低^[14]。离体试验结果表明 2 株浅白隐球酵母对葡萄灰霉病、柑橘青霉病能够起到抑制作用,许多研究结果表明,高浓度拮抗菌的抑菌效果更显著^[15],本研究离体抑菌试验的结果也支持这一结论。活体试验中,在葡萄、柑橘离体果实上的抑菌结果显示,酵母菌在伤口处能够迅速定

殖生长,形成致密的菌膜,避免了病害的发生;浅白隐球酵母和葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌同孔生长时,病斑扩展大小和病情指数显著低于只接种病原菌的处理,说明浅白隐球酵母的加入削弱了葡萄灰霉病菌、柑橘青霉病菌的生长和病害的加剧程度;浅白隐球酵母接种先后顺序与其对灰霉病防治效果密切相关,先接种浅白隐球酵母的处理组中葡萄、柑橘果实的病情指数显著低于后接种的处理组,且先接种浅白隐球酵母对葡萄灰霉病、柑橘青霉病在果实上的防治效果也显著高于后者。这一结果与王一非、汪志浩等、罗杨的研究结果^[16-18]一致,拮抗菌先于病原菌接种对发病率的影响非常显著,能够有效地降低发病率。综上所述,在使用以上 2 种酵母菌时,应以 Ca63 为主,并在发病前应用较好。该研究能为进一步应用酵母菌进行采后保鲜提供参考。

参考文献:

- [1] McLaughlin R J, Wilson C L, Droby S, et al. Biological control of postharvest diseases of grape, peach, and apple with the yeasts *Kloeckera apiculata* and *Candida guilliermondii* [J]. Plant Disease, 1992, 76(5): 470-473.
- [2] Usall J, Telxido N, Torres R, et al. Pilot tests of *Candida sak* (CPA-1) applications to control postharvest blue mold on apple fruit [J]. Postharvest Bio Technol, 2001, 21(2): 147-156.
- [3] 王 振, 刘学敏, 李立军. 水果产后病害生物防治研究进展 [J]. 东北农业大学学报, 2007, 38(5): 683-691.
- [4] Hashem M, Alamri S A, Hesham A E L, et al. Biocontrol of apple blue mould by new yeast strains: *Cryptococcus albidus* KKUY0017 and *Wickerhamomyces anomalus* KKUY0051 and their mode of action [J]. Biocontrol Science and Technology, 2014, 24(10): 1137-1152.
- [5] Kowalska J, Rożdżyński D, Remlein - Starosta D, et al. Use of *Cryptococcus albidus* for controlling grey mould in the production and storage of organically grown strawberries [J]. Journal of Plant Diseases and Protection, 2012, 119(5/6): 174-178.
- [6] Robiglio A, Sosa M C, Lutz M C, et al. Yeast biocontrol of fungal spoilage of pears stored at low temperature [J]. International Journal of Food Microbiology, 2011, 147(3): 211-216.
- [7] Janisiewicz W J, Korsten L. Biological control of postharvest diseases

袁盛勇,孔 琼,刘晓飞,等. 香茅精油对番石榴实蝇成虫和幼虫的抑制作用[J]. 江苏农业科学,2017,45(2):100-102.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.02.027

香茅精油对番石榴实蝇成虫和幼虫的抑制作用

袁盛勇¹,孔 琼¹,刘晓飞²,叶 辉²,何 超¹,沈登荣¹

(1. 红河学院生命科学与技术学院,云南蒙自 661100;2. 云南大学农学院,云南昆明 650091)

摘要:研究香茅(*Cymbopogon nardus*)精油对番石榴实蝇(*Bactrocera correcta* Bezzi)成虫的产卵驱避作用和对幼虫生长发育的抑制作用。结果表明,香茅精油对番石榴实蝇产卵具有很好的驱避作用,不同浓度香茅精油处理番石榴上的产卵均显著低于对照。在24 h下1 000 $\mu\text{g/mL}$ 浓度时番石榴实蝇雌虫的选择产卵驱避率为 $(5.26 \pm 2.38)\%$,10 000 $\mu\text{g/mL}$ 浓度时雌虫的选择产卵驱避率为 $(85.73 \pm 10.45)\%$ 。经24 h后,1 000 $\mu\text{g/mL}$ 浓度时番石榴实蝇的非选择产卵驱避率为 $(49.88 \pm 3.57)\%$,10 000 $\mu\text{g/mL}$ 浓度时的非选择产卵驱避率为 $(90.29 \pm 9.54)\%$ 。香茅精油对番石榴实蝇2龄幼虫在浓度为1 000 $\mu\text{g/mL}$ 时24 h后拒食率为 $(37.82 \pm 5.27)\%$,48 h后拒食率为 $(53.15 \pm 4.76)\%$;浓度为10 000 $\mu\text{g/mL}$ 时24 h后拒食率为 $(86.25 \pm 12.79)\%$,48 h后拒食率为 $(91.05 \pm 9.51)\%$ 。香茅精油对番石榴实蝇2龄幼虫化蛹的影响为在浓度1 000 $\mu\text{g/mL}$ 时,12 h番石榴实蝇幼虫的化蛹率为 $(79.44 \pm 13.58)\%$,24 h的化蛹率为 $(70.52 \pm 8.23)\%$,48 h的化蛹率为 $(42.22 \pm 7.93)\%$,72 h的化蛹率为 $(27.67 \pm 5.93)\%$;浓度为10 000 $\mu\text{g/mL}$ 时,12 h番石榴实蝇幼虫的化蛹率为 $(6.77 \pm 2.49)\%$,24 h的化蛹率为 $(6.53 \pm 1.23)\%$,48 h的化蛹率为 $(4.33 \pm 1.85)\%$,72 h的化蛹率为0。

关键词:香茅精油;番石榴实蝇;驱避作用;生长发育;趋避率

中图分类号:S482.3⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)02-0100-03

昆虫的取食和产卵行为受多种因素影响,植物表面挥发性和非挥发性物质直接影响昆虫取食和对产卵场所的选择及其产卵量^[1]。研究对昆虫取食和产卵有抑制效果的植物次生化学物质,并研制成昆虫行为调控剂,对环境安全,且作用方式多样,害虫不易产生抗性,是新一代害虫控制策略的发展方向^[2]。植物精油(essential oil)是植物体内的次生代谢物质,现已发现不少植物精油对害虫有熏蒸、触杀、驱避等活性,

是一类对环境友好的天然杀虫活性物质^[3]。李红艳等利用香茅(*Cymbopogon nardus*)精油对丝光绿蝇(*Lucilia sericata*)的熏蒸毒力进行研究^[4]。王玉赞等利用香茅精油对橘小实蝇(*Bactrocera dorsalis* Hendel)的产卵抑制性进行了研究,并取得一定效果^[5]。郭素芬等利用辣椒(*Capsicum annuum*)等非寄主植物粗提物对小菜蛾(*Plutella xylostella*)幼虫的驱避作用进行研究^[6]。钟平生等用山姜(*Alpinia japonica*)等植物精油对长头谷盗(*Latheticus oryzae* (Waterhouse))的趋避作用进行研究,并具有良好的效果^[7]。

番石榴实蝇(*Bactrocera correcta* Bezzi)属于双翅目(Diptera)实蝇科(Tephritidae)^[8],是多种热带、亚热带水果和蔬菜的重要害虫,主要危害番石榴(*Psidium guajava* Linn.)、芒果(*Mangifera indica* L.)、莲雾[*Syzygium samarangense* (Bl.) Merr. et Perry]、枣(*Ziziphus jujuba* Mill)、蒲桃[*Syzygium jam-*

收稿日期:2015-11-20

基金项目:国家自然科学基金(编号:41401065);红河学院植物保护硕士授权点建设项目。

作者简介:袁盛勇(1975—),男,云南宣威人,硕士,副教授,从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:ysy9069@163.com。

通信作者:叶 辉,博士,教授,从事有害昆虫入侵生态及预警监测及昆虫种群迁移及其适应进化研究。E-mail:yehui@ynu.edu.cn。

of fruits[J]. Annual Review of Phytopathology, 2002, 40(1): 411-441.

[8]黄 蓉. 防治草莓灰霉病酵母菌株筛选及防病机制研究[D]. 武汉:华中农业大学,2011.

[9]张红印,蒋益虹,郑晓冬,等. 酵母菌对果蔬采后病害防治的研究进展[J]. 农业工程学报,2003,19(4):23-27.

[10]余 慧. 柑橘采后黑腐病菌的分离、鉴定及其拮抗酵母菌研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.

[11]El Ghaouth A, Wilson C L, Wisniewski M. Control of postharvest decay of apple fruit with *Candida saitoana* and induction of defense responses[J]. Phytopathology, 2003, 93(3):344-348.

[12]Pimenta R S, Silva J F M, Coelho C M, et al. Integrated control of *Penicillium digitatum* by the predacious yeast *Saccharomycopsis crataegensis* and sodium bicarbonate on oranges[J]. Brazilian Journal

of Microbiology, 2010, 41(2):404-410.

[13]范 青. 果实采后病害生物防治及其机理研究[D]. 北京:中国科学院植物研究所,2001.

[14]贺立红,汪跃华,兰 霞,等. 拮抗酵母菌对指状青霉菌的抑菌作用[J]. 仲恺农业工程学院学报,2010,23(4):61-67.

[15]耿 鹏,张彦博,胡美英,等. 柑橘采后绿霉病生防酵母菌的筛选鉴定及其生防效果研究[J]. 西北农林科技大学学报,2011,39(6):191-196.

[16]王一非. 海洋拮抗酵母 *Rhodospiridium paludigenum* 对果实采后病害生物防治的研究[D]. 杭州:浙江大学,2008.

[17]汪志浩,单春会,王 坚,等. 拮抗酵母添加方式对哈密瓜保鲜效果的研究[J]. 农产品加工,2013(3):34-36.

[18]罗 杨. 膜醌毕赤酵母对柑橘采后青绿霉病害的生物防治及机理研究[D]. 重庆:西南大学,2011.