

丝孢酵母对苹果采后灰霉病和青霉病 抑制效果的影响

范青, 田世平, 徐勇

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要:研究了丝孢酵母(*Trichosporon* sp.)的不同处理和接种时间对“富士”苹果灰霉病和青霉病的抑制效果。结果表明,当接种灰霉菌和青霉菌孢子浓度分别为 1×10^5 个/ml和 5×10^4 个/ml时,在25℃下, 1×10^8 CFU/ml的酵母悬浮液完全抑制这两种病害的发生;在1℃下冷藏30d后,灰霉病和青霉病的发病率分别为13%和0。接种酵母菌的滤液对病害没有抑制作用。*Trichosporon* sp.能在苹果伤口迅速繁殖,以25℃下最初的48h内和1℃下的最初5d内增长最快,分别增加了50和20倍以上,以后基本维持在此水平。酵母菌和病菌孢子的接种时间与生物防治效果有关,先接种拮抗菌的抑菌效果显著地好于同时或后于病菌接种的效果。

关键词:苹果;采后病害;生物防治;*Trichosporon* sp.;灰霉病;青霉病

中图分类号:S661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**0578-1752(2001)02-0163-06

Effects of *Trichosporon* sp. on Biocontrol Efficacy of Grey and Blue Mold on Postharvest Apple

FAN Qing, TIAN Shi-ping, XU Yong

(Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract:Effect of different formulations and inoculation times of *Trichosporon* sp. on biocontrol efficacy of postharvest apple (cv. Fuji) diseases were evaluated in this paper. At challenge levels of 1×10^5 spores/ml for *Botrytis cinerea* and 5×10^4 spores/ml for *Penicillium expansum*, 1×10^8 cells/ml of washed cell suspension of *Trichosporon* sp. totally inhibited decay on apple fruits at 25℃. The infection rate of *B. cinerea* and *P. expansum* were 13% and 0 when fruits treated by washed cell suspensions at 1℃ for 30 days. Culture filtrate of the yeast failed to provide any protection against the two pathogens. Rapid colonization of apples from wounds was observed both at the first 48 h at 25℃ and 5 days at 1℃. The population increased more than 50 and 20 folds respectively compared to the start point, then stabilized at the same density thereafter. Efficacy of *Trichosporon* sp. against *B. cinerea* and *P. expansum* was maintained when applied before pathogens, but when applied simultaneously with or after spores, biocontrol efficacy was significantly reduced.

Key words:Apple; Postharvest diseases; Biocontrol; *Trichosporon* sp.; Grey mold; Blue mold

因病原真菌而引起的果蔬采后腐烂是巨大的,长期以来防治真菌病害的方法主要是采用化学杀菌剂^[1]。然而,由于病菌对杀菌剂产生抗药性^[2~4],农药对环境的污染和对公众健康的危害^[5]以及一些最

有效杀菌剂的禁用^[6,7],人们不得不寻求能取代当前化学杀菌剂的安全、无毒和有效的新方法。大量的研究表明,生物防治是最具潜力的一种方法^[8,9]。目前国外已经分离和筛选了许多能有效防治多种果实采

收稿日期:2000-05-16

基金项目:国家自然科学基金(39870460)和中国科学院生命科学与生物技术创新青年科学家小组资助项目

作者简介:范青(1966-),男,四川绵阳人,副教授,博士,主要从事果蔬采后病理及生理研究。田世平研究员为本文联系人, Tel:010-62591431-6449; Fax:010-82594675; E-mail:shiping@public.east.cn.net

后病害的拮抗菌^[9~13]。

苹果灰霉病(*Botrytis cinerea* Pers.)和青霉病(*Penicillium expansum* Link)是给生产带来巨大损失的两种常见贮藏病害,即使在贮藏条件和技术很发达的地方也不例外^[1]。国外曾有人用拮抗细菌*Pseudomonas cepacia*和酵母菌*Cryptococcus laurentii*防治这两种病害^[10,14]。*Trichosporon* sp.是我们从桃果实表面上分离和筛选的酵母菌,目前尚未见以它作为果蔬采后病害生物防治的拮抗菌的任何报道。筛菌试验表明,它能有效地防治采后桃果实的青霉病(未发表资料)。本文主要研究丝孢酵母(*Trichosporon* sp.)的不同处理和接种时间对“富士”苹果灰霉病和青霉病的抑制效果,以及该菌在伤口上的定殖,并对其抑菌机理进行了评价。

1 材料与方法

1.1 试验用果

供试苹果(*Malus pumilla* Mill.)为北京农林科学院林果研究所果园内生产的“富士”,在苹果充分成熟时采摘。选择外观整齐、无病虫害的果实,立即运至中国科学院植物研究所于1℃下冷藏,30d后进行试验,此时果实的硬度为4.0kg/cm²(硬度计型号为FT-327,意大利),可溶性固型物为15.5%。将从冷库中取出的苹果用2%的NaOCl表面消毒2min,再冲洗、晾干后,备用。

1.2 拮抗菌

Trichosporon sp.是按Janisiewicz^[15]的方法从黄桃果实上分离获得,由英国国际微生物研究所(CABI Bioscience Identification Services)鉴定。从琼胶斜面上蘸取少许酵母菌于NYDA(营养肉汤8g,酵母浸膏5g,葡萄糖10g,琼脂15g,水1000ml)培养基平板上划线后于28℃下培养48h,再用接种环取两环于盛有50ml NYDB培养液(不加琼脂的NYDA)的250ml三角瓶中,28℃下振荡培养24h后,制备成以下处理液:(A)培养原液,将浓度用血球计配至1×10⁸细胞/ml;(B)滤液:用0.20μm滤膜将培养酵母液过滤即得;(C)悬浮液:培养液在6000 r/min下离心10min后,弃上清,加入无菌水,混合后再重复离心、弃上清,加入无菌水,最后用血球计将浓度配至1×10⁸细胞/ml;(D)热杀死液:将培养原液在120℃下高压灭菌15min;CK为无菌水。

1.3 病菌

*B. cinerea*和*P. expansum*分离于自然发病的

苹果果实。将其分别接种于OMA(燕麦琼脂培养基)和PDA培养基上,在25℃下培养14d后,用含有0.05% Tween80无菌水冲下,配至所需浓度的孢子悬浮液。

1.4 不同处理对苹果灰、青霉病的抑制

用消毒的接种针在果实腰部刺一4mm(深)×3mm(宽)的伤口,分别接种30μl上述A、B、C、D和CK等5种处理液,4h后,再分别接种1×10⁵个/ml的灰霉菌或5×10⁴个/ml的青霉菌孢子悬浮液15μl,晾干后将果实单个放在托盘上,装入400mm×300mm×100mm塑料筐内,外套一塑料袋以保持95%左右的相对湿度,分别贮于25℃和1℃下。贮藏7和30d后测定果实的发病率及病斑直径,然后将1℃下贮藏30d的果实转入25℃下放置7d,统计货架期的发病情况。每处理10个果实,重复3次。

1.5 酵母菌和病菌孢子接种时间对抑菌效果的影响

在接种30μl浓度为1×10⁸细胞/ml酵母菌的前4、8、24h,同时0h和后4、8、24、48h的不同时间内分别接种15μl的灰霉菌(1×10⁵个/ml)和青霉菌(5×10⁴个/ml)孢子悬浮液,保湿贮藏于25℃下,7d后测定发病情况。每处理10个果实,重复3次。

1.6 酵母菌在苹果果实伤口上的生长动态

本试验分单独接种酵母菌和接种酵母菌后再接种病菌(以观察在病菌存在时拮抗菌在伤口的定殖动态)两种处理。取30μl酵母菌悬浮液于果实伤口内,1h后测定的酵母数为起始值。将果实保湿贮于25℃和1℃下,25℃下的每天测一次酵母数,1℃下的30d内每5d测一次,贮藏至95d时再测一次。测定方法是用打孔器从伤口处取直径和高均为10mm的果肉组织,放于内加1.0ml的0.05mol/L pH7.0的磷酸缓冲液的研钵内,研磨后用稀释平板法计数。每处理3个果实,试验重复3次。将所得酵母的CFU转化成log₁₀对数。

1.7 离体(in vitro)实验

取1×10⁸、1×10⁶、1×10⁴ CFU/ml(CFU: colony-forming unit)悬浮液、高压灭菌液(1×10⁸ CFU/ml在120℃下灭菌15min)及滤液各100μl于内装5ml PDB的试管内,对照只加100μl灭菌水,再在各试管内分别加入5×10⁶个/ml的孢子悬浮液100μl。将试管放于摇床内,以50r/min在25℃下振荡培养15h后,用普通光学显微镜观测至少200个孢子,统计各处理病菌孢子的萌发率及芽管长度。每处理3次重复,试验重复2次。

1.8 统计分析

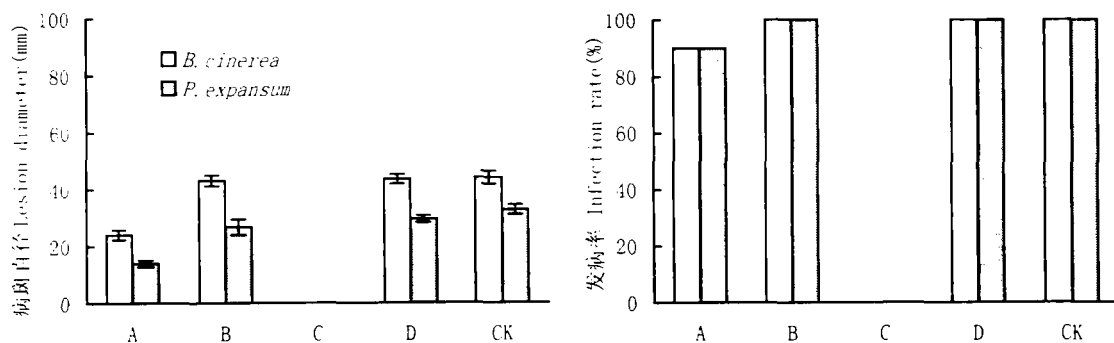
采用 SAS 软件进行统计,实验数据采用 ANOVA 进行邓肯氏多重差异分析。

2 结果与分析

2.1 *Trichosporon* sp. 对苹果灰、青霉病抑制效果

试验结果表明, 1×10^8 细胞/ml 的酵母悬浮液对苹果灰、青霉病的防治效果最佳,接种病菌后在 25℃ 下贮藏 7d 的果实均无病害发生(图 1)。酵母菌培养液的抑菌效果次于悬浮液,处理的果实在 25℃ 下贮藏 7d 后灰霉病和青霉病的发病率都达到 90%,但病斑直径却分别只有 23.9 和 13.8mm,显

著地低于滤液、热杀死液和对照的病斑直径($P=0.01$)。和对照相似,滤液和热杀死液的抑病效果较差,在 25℃ 下发病率都达到 100%。低温贮藏 30d 的发病趋势与低温下贮藏 30d 后转于 25℃ 下放置 7d 的结果基本一致(图 2),在所有处理中,热杀死液接种的果实发病率最高。货架期 7d 后,各处理的发病率和病斑直径都迅速增加,显著地高于低温贮藏 30d 的处理($P=0.01$)。悬浮液处理的果实在 1℃ 下贮藏 30d 后,灰霉病和青霉病的发病率仅分别为 13% 和 0。在相同的培养条件下,灰霉病病斑扩展快于青霉病,这一点可从对照结果可知。



A: 培养液; B: 滤液; C: 悬浮液; D: 热杀死液; CK: 消毒蒸馏水; 小垂线代表标准误差; 下同

A: 1×10^8 cells/ml of yeast in culture broth (cells not separated from medium); B: culture filtrate; C: cell suspension; D: autoclaved cell culture; CK: sterilized distilled water. Vertical bars represent standard error. The same as below

图 1 *Trichosporon* sp. 不同处理在 25℃ 下对采后苹果灰霉病和青霉病的抑制效果

Fig. 1 Inhibition of grey mold and blue mold in apple fruits as affected by various treatments of *Trichosporon* sp. at 25℃

2.2 酵母菌和病菌的接种时间对生防效果的影响

酵母菌和病菌的接种时间对抑菌效果影响很大,接种拮抗菌先于病菌的抑菌效果显著地好于接种后于病菌的($P=0.01$)(图 3)。接种酵母菌 4 h 和 48 h 后再接种病菌能完全抑制病害的发生。酵母菌和病菌同时接种的处理抑菌效果较差,灰霉病和青霉病的发病率达 47% 和 74%。接种病菌先于酵母 4~48 h,发病率可达 87%~100%。一般地,接种病菌越提前,病斑直径越大。

2.3 *Trichosporon* sp. 在苹果伤口上的生长动态

无论接种病菌孢子与否, *Trichosporon* sp. 均能在果实伤口处迅速繁殖(图 4)。各伤口酵母的起始数为 1×10^5 CFU/ml, 在 25℃ 下接种 48 h 后伤口菌数增加了 50 倍以上, 1℃ 下接种 5 d 后的菌数也增加了 20~55 倍, 以后便基本维持在此水平。即使在 1℃ 下贮藏 95 d 后, 各伤口处的酵母数也在

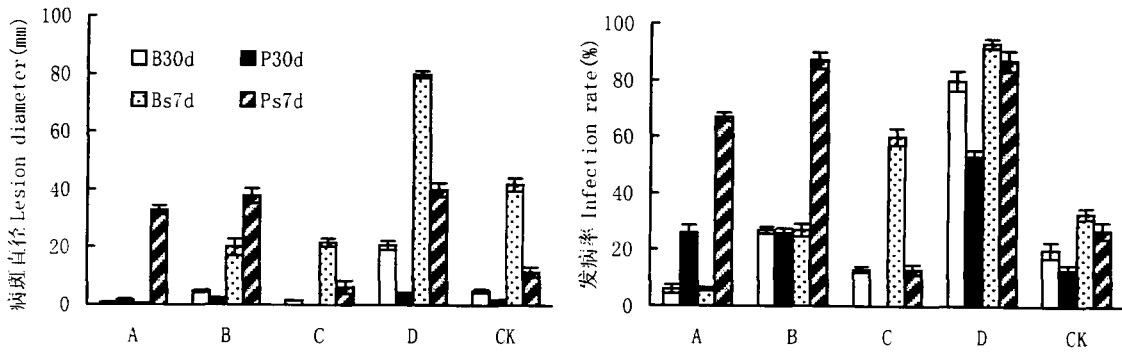
$4.78 \times 10^5 \sim 3.9 \times 10^6$ CFU/ml 之间, 是开始时的 4.78~39 倍, 并且到此时还完全抑制了病害的发生。

2.4 离体(in vitro)抑菌试验

酵母菌的浓度越大, 对病菌孢子的萌发抑制越明显(表)。当拮抗菌浓度为 5×10^8 CFU/ml 时, 病菌孢子不能萌发。拮抗菌浓度为 5×10^5 及 5×10^7 CFU/ml 时孢子的萌发率和芽管长度显著地低于对照、滤液和高压灭菌液的($P=0.01$), 滤液和高压灭菌液对孢子萌发和芽管伸长的抑制作用不明显。

3 讨论

Trichosporon sp. 的悬浮液在 25℃ 和 1℃ 下能有效地抑制苹果灰霉病和青霉病的发生, 接种悬浮液的伤口无黑斑或坏死斑出现。该菌能在苹果伤口迅速繁殖, 表明它适合伤口的生境, 可作为拮抗菌使用, 因为采后病菌多通过伤口入侵, 要有效地控制

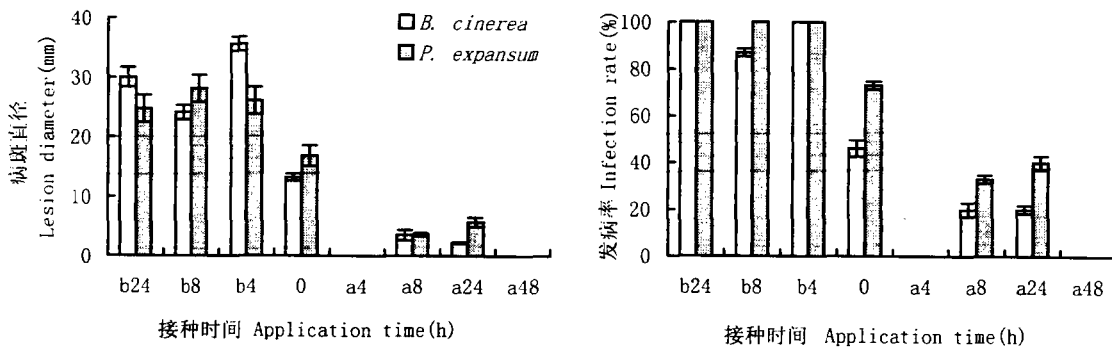


B30d 和 P30d 表示接种 *B. cinerea* 和 *P. expansum* 的果实在 1℃ 贮藏 30d, Bs7d 和 Ps7d 表示接种 *B. cinerea* 和 *P. expansum* 的果实冷藏后在 25℃ 下货架存放 7d

B30d, P30d Bs7d, and Ps7d indicate development of *B. cinerea* and *P. expansum* at 1 C for 30 days and at 25 C for 7 days shelf life, respectively

图 2 *Trichosporon* sp. 不同处理在 1℃ 下贮藏 30d 及货架存放 7d 时对苹果灰霉病和青霉病的抑制效果

Fig. 2 Inhibition of grey and blue mold in apple fruits as affected by various treatments of *Trichosporon* sp. at 1 C for 30d and at 25 C for 7d shelf life



a 和 b 分别代表接种病菌后于和先于酵母菌

a and b represent inoculating the yeast after or before the pathogen

图 3 拮抗菌和孢子的接种时间对苹果灰霉病和青霉病的影响

Fig. 3 Effect of application times of antagonist and spores on grey and blue mold of apple fruits

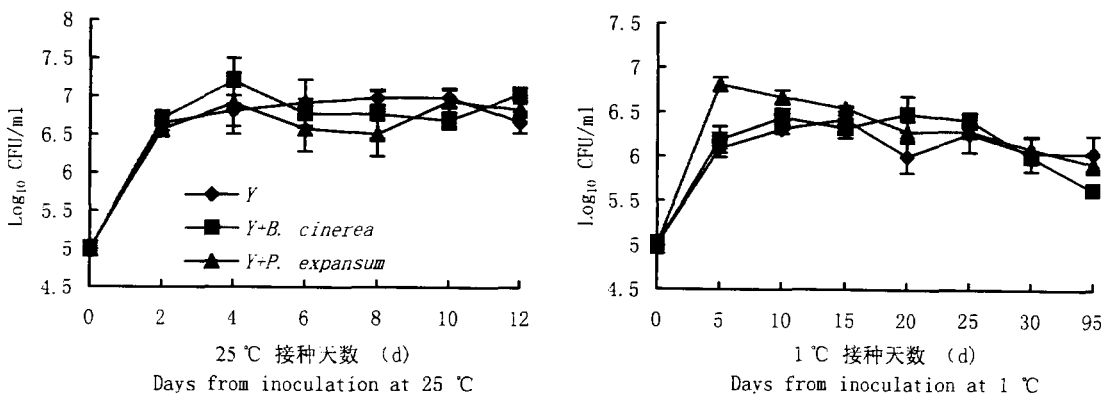


图 4 在 25℃ 和 1℃ 下 *Trichosporon* sp. 在苹果伤口上的生长动态

Fig. 4 Population dynamics of *Trichosporon* sp. in wounds of apple fruits incubated at 25 C and 1 C

表 悬浮液、滤液和热杀死液对灰霉病和青霉病孢子萌发率和芽管长度的影响¹⁾Table Effect of cell suspension, autoclaved cell suspension and cell-free culture filtrates on spore germination rate and germtube elongation of *B. cinerea* and *P. expansum*

处理 Treatments	萌发率 Germination rate(%)		芽管长度 Germtube length(μm)	
	<i>B. cinerea</i>	<i>P. expansum</i>	<i>B. cinerea</i>	<i>P. expansum</i>
5×10 ⁴ (CFU/ml)	35b	28b	15.2c	9.7e
5×10 ⁵ (CFU/ml)	20c	21c	11.6c	14.1d
5×10 ⁶ (CFU/ml)	0d	0d	0d	0.0f
5×10 ⁸ 热杀死液 Autoclaved	96a	94a	71.9b	55c
滤液 Culture filtrate	98a	93a	88.1a	72.3b
对照 Control	97a	94a	81.7a	83.2a

¹⁾ 同栏的相同字母表示邓肯氏多重差异范围检验不显著(P=0.05)

Values of each column followed by the same letter are not statistically different by Duncan's Multiple Range Test(P=0.05)

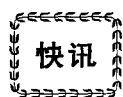
它们,拮抗菌必须在伤口具有较强的竞争力,能利用低浓度营养,比病菌更适应于伤口的环境和营养状况。如 Roberts^[14]认为,快速增长的拮抗菌,可很快利用完伤口处的营养,有助于它与病菌之间的营养竞争。*Trichosporon* sp. 的抑菌效果与拮抗菌和病菌孢子的接种时间有关,以前的研究结果也证实了这一点^[7,12,15]。滤液不能抑制病斑的扩展,甚至其病斑直径比对照的还大,在 *in vitro* 试验中滤液也不抑制孢子的萌发和芽管生长,表明 *Trichosporon* sp. 不产生抗菌物质,这与有些拮抗细菌的表现截然不同^[16~18]。酵母菌培养液的抑菌效果没有悬浮液的好,也进一步证实 *Trichosporon* sp. 的抑菌机理不是靠产生抗生素,而可能与病菌在伤口具有较强的营养竞争力有关,该结果与许多拮抗酵母菌的表现相当一致^[12,19,20]。不过, *in vitro* 试验却与此相反,因为即使在 PDB 里有丰富的营养,酵母悬浮液也能充分地抑制病菌孢子的萌发,这说明 *in vitro* 和 *in vivo* 的结果有时并不完全一致。

冷藏是保持果蔬品质的常规方法,故能否在较低的温度下生存并发挥抑菌作用是确定一种微生物能否作为拮抗菌的重要前提。*Trichosporon* sp. 在冷藏温度下同样能迅速繁殖并有效地抑制苹果灰霉病和青霉病的发生,这与我们用 *Candida guilliermondii* 在冷藏条件下较好地防治桃果实软腐病的结果一致^[21]。该拮抗菌能否和其他常规的采后措施如气调贮藏、钙处理等相结合,尚需进一步研究。

References:

- [1] Eckert J W, Ogawa J M. The chemical control of postharvest diseases: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops [J]. Annual Review of Phytopathology, 1988, 26:433-469.
- [2] Bertrand P F, Saulie-Carter J L. The occurrence of benomyl-tolerant strains of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* in the mid-Columbia region of Oregon and Washington [J]. Plant Dis. Rep. 1978, 62:302-305.
- [3] Spotts R A, Cervantes L A. Populations, pathogenicity and benomyl resistance of *Botrytis* spp., *Penicillium* spp. and *Mucor piriformis* in packinghouses [J]. Plant Dis. 1986, 70:106-108.
- [4] Holmes G J, Eckert J W. Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to postharvest citrus fungicides in California [J]. Phytopathol. 1999, 89:716-721.
- [5] Anonymous. Regulation Pesticides in Food-The Delaney Paradox. Board of Agriculture, National Research Council [M]. National Academy Press, Washington, D. C. 1987: 272.
- [6] Adaskaveg J E, Michailides T J. Cancellation of postharvest use of Rovral 50WP on stone fruit crops and other label changes of the fungicide [J]. Cent. Valley Post-harvest Newsl. 1996, 5:9-10.
- [7] Hong C X, Michailides T J, Holtz B A. Effects of wounding, inoculum density and biological control agents on postharvest brown rot of stone fruits [J]. Plant Dis. 1998, 82:1210-1216.
- [8] Wisniewski M E, Wilson C L. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: recent advance [J]. Hort. Science, 1992, 27:94-98.
- [9] Wilson C L, Wisniewski M E. Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables-Theory and Practice [M]. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 1994.
- [10] Janisiewicz W J, Roitman J. Postharvest mucor rot control on apples with *Pseudomonas cepacia* [J]. Phytopathol. 1987, 77:1776.
- [11] Chalutz E, Wilson C L. Postharvest biocontrol of green and blue mould and sour rot of citrus fruit by *Debaromyces hansenii* [J]. Plant Dis. 1990, 74:134-137.
- [12] MacLaughlin R J, Wilson C L, Drobny S, et al. Biological control of postharvest diseases of grape, peach and apple with yeasts *Kloeckera apiculata* and *Candida guilliermondii* [J]. Plant Disease. 1992, 76:470-473.
- [13] Lima G, De Curtis F, Castoria R, et al. Activity of the yeasts *Cryptococcus laurentii* and *Rhodotorula glutinis* against post-harvest rots on different fruits [J]. Biocontrol Sci. Tech. 1998, 8:257-267.
- [14] Roberts R G. Postharvest biological control of gray mold of apple by *Cryptococcus laurentii* [J]. Phytopathology, 1990, 80:526-530.
- [15] Janisiewicz W J. Biocontrol of postharvest diseases of apples

- with antagonist mixtures[J]. *Phytopathology*. 1988, 78:194-198.
- [16] Pusey P L, Wilson C L. Postharvest biological control of stone fruit brown rot by *Bacillus subtilis* [J]. *Plant Dis*. 1984, 68:753-756.
- [17] Gueldner C G, Reilly C C, Pusey P L, et al. Isolation and identification of iturins as antifungal peptides in biological control of peach brown rot with *Bacillus subtilis* [J]. *J. Agri. Food Chem*. 1988, 36:336-370.
- [18] Janisiewicz W J, Roitman J. Biological control of blue and gray mold on apple and pear with *Pseudomonas cepacia* [J]. *Phytopathology*, 1988, 78:1697-1700.
- [19] Droby S, Chalutz E. Mode of action of biocontrol agents of postharvest disease[A]. In: Wilson, C L, Wisniewski, M E (Eds.), *Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables-Theory and Practice*[C]. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1994:63-75.
- [20] Filonow A B. Role of competition for sugars by yeasts in the biocontrol of gray mold of apple[J]. *Biocontrol Science and Technology*, 1998, 8:243-256.
- [21] Fan Q, Tian S P, Xu Y, et al. Biological control of rhizopus rot of peach fruits by *Candida guilliermondii* [J]. *Acta Botanica Sinica*. 2000, 42(10):1033-1038. (in Chinese)
- 范青, 田世平, 徐勇, 等. 季也蒙假丝酵母对采后桃果实软腐病的抑制效果[J]. *植物学报*, 2000, 42(10):1033-1038.



快讯

人工模拟杀菌剂绿帝的研制和应用

Preparation & Application of Lü Di—an Artificial Synthetic Fungicide

果树、蔬菜和经济作物与人们的日常生活密切相关,其病虫害的综合治理在现阶段可持续发展的植物保护工作中备受重视。创制和开发高效、低毒、广谱以及具有良好环境友好性的新农药已经成为政府有关部门、农药科技人员、农药使用单位及农副产品消费者关注的焦点。

山东莱阳农学院仿生中心近 16 年来围绕银杏(*Ginkgo biloba* Linn., 又名白果)抑菌活性物质的提取、活性测定、制剂开发及应用技术和综合防治多种作物病害的效果进行了系统研究,取得了一系列成果。

据国内外文献记载,银杏副产物含有驱虫功效,银杏种子中有五碳多糖、白果酸和白果醇;肉质外皮含白果酸、氢化白果酸、氢化白果亚酸、白果酚、白果二酚;叶和根含有内酯 A、B、C、W;茎木质部中含有白果酮和芝麻素等物质。白果酸对分支杆菌有抑菌作用,白果醇对分支杆菌有促进生长作用。

在证实银杏各器官均含有农用杀菌、抑菌物质之后,为了探索银杏树体中抑菌物质的提取方法和抑菌作用,本研究选用了多种有机溶剂进行提取试验,获得了代号为 B 的活性组分。笔者及其研究小组近年来先后报道了“白果提取液抑菌作用研究”和“银杏提取液对四种植物病原菌的抑菌作用”。结果表明,提取物 8.3~10 倍和 25 倍液对苹果腐烂病菌抑菌率达 100% 和 50%,对苹果干腐、轮纹和玉米小叶斑病菌均具明显的抑菌作用。在此基础上进行了以银杏中生物活性物质 B 的化学结构为模板,采用先进的人工模拟技术合成高效、安全、经济的农用杀菌剂的研究,成功地合成了人工模拟化合物邻烯丙基苯酚——绿帝(商品名称)。经国家一级科技查新咨询单位对国内外专利及非专利文献进行检索,确认国内外未见邻烯丙基苯酚作为农用杀菌剂方面的文献报道。本项成果因此获准了国家发明专利(ZS97121045.4)。绿帝有效成分含量为 91%。稳定性、三致及环境检测试验表

明,绿帝有效成分分解率%(m/m)<1;第一和第二阶段毒性试验结果为:对大白鼠(♀♂)急性经口/LD₅₀分别>501mg/kg 和 681mg/kg,大白鼠/(♀♂)急性经皮 LD₅₀>2000mg/kg;绿帝为低毒农药;未发现它有三致作用,并具有良好的环境友好性。

绿帝对 8 种植物病原菌的室内毒力及对 4 种植物病害的防治效果表明,使用 6400 倍对苹果腐烂病菌抑菌率为 100%,其对苹果腐烂病菌的抑菌活性比银杏提取液提高 640 倍;使用 3555 倍对构巢曲霉抑菌率为 100%。田间采用涂抹菌法防治苹果腐烂病斑,绿帝使用 100 倍液的治愈率均为 100%,其室内生物活性和田间药效均高于生产中常规药剂对照福美肿的效果。

关于绿帝的开发,国外未见报道,国内由笔者所在单位用 10% 绿帝乳油防治蔬菜灰霉病、叶霉病和白粉病,防治草莓白粉病和灰霉病,防治苹果腐烂病、干腐病和白粉病,防治小麦纹枯病和白粉病等病害,采用布点开发形式推广。据统计,在山东省 15 个县市和省外 5 个试验点共计应用面积已经达到 19.1 万 ha 以上,田间防治效果达 85%~90%,取得经济效益 8.3 亿元,得到了技术推广部门和广大农民的赞赏。中央电视台、科技日报等媒体针对绿帝研究开发等作了多次报道和广泛宣传,绿帝这个名字已在部分农民、农药厂家、科研单位和管理部门中树立起了新一代农药概念,取得了良好的社会效益。

绿帝的合成工艺已经通过有关部门科技成果鉴定,具有生产工艺先进,原料易得、成本较低、收率较高的特点。人工模拟杀菌剂绿帝的研制和应用扩大了我国农用杀菌剂的研究、开发领域,该项研究处于国际领先水平,具有广阔的开发应用前景。

孟昭礼,袁忠林,曲宝涵,姜学东,罗兰
(莱阳农学院仿生中心,山东莱阳 265200)