

玫烟色拟青霉和吡虫啉对烟粉虱种群的联合控制作用

黄 振, 任顺祥*, 吴建辉

(华南农业大学教育部生物防治工程研究中心, 广州 510642)

摘要: 利用生命表技术评价了在网室条件下玫烟色拟青霉和吡虫啉对烟粉虱种群的控制作用。在 0.3% 吡虫啉 + 1×10^6 分生孢子/ml、0.1% 吡虫啉 + 1×10^6 分生孢子/ml、10% 吡虫啉、 1.0×10^6 个孢子/ml 菌液、 1.0×10^6 个孢子/ml 菌液连续施用 2 次等 5 个不同的处理区, 玫烟色拟青霉对第一代和第二代烟粉虱的种群干扰作用控制指数 (IIPC) 分别为 0.5476、0.6836、0.3123、0.7278、0.4959 和 0.1566、0.1625、0.9830、0.2532、0.1349。其中, 以使用 0.3% 吡虫啉 + 1.0×10^6 分生孢子/ml 处理区对烟粉虱种群的控制效果最好。玫烟色拟青霉与低浓度的吡虫啉混合使用能较好地发挥联合控制作用, 对玫烟色拟青霉的累积控制效应无负面影响。

关键词: 玫烟色拟青霉; 烟粉虱; IPM; 吡虫啉; 杀虫剂; 混合物

文章编号: 1000-0933(2006)10-3250-08 **中图分类号:** Q143, Q958.9, Q968.1, Q969.48 **文献标识码:** A

Combined effects of *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina : hyphomycetes) and imidacloprid for managing *Bemisia tabaci* (Homoptera : Aleyrodidae)

HUANG Zhen, REN Shun-Xiang*, WU Jian-Hui (Engineering Research Center of Biological Control, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3250 ~ 3257.

Abstract: Combining *Paecilomyces fumosoroseus* and imidacloprid as an integrated approach to control *Bemisia tabaci* was evaluated using life table parameters. In the laboratory, the index of population trend (*I*) of *B. tabaci* was 9.0216 in the untreated control after one generation. After applications of *P. fumosoreosus* at a concentration of 1×10^6 conidia/ml alone and in combinations with 0.3 and 0.1 % of imidacloprid, the *I*s of *B. tabaci* decreased to 3.3769, 1.1986, and 1.8512, respectively. The results show that combinations of *P. fumosoreosus* with imidacloprid exhibit strong synergistic effects against *B. tabaci*, and the interference index of population control (IIPC) of *B. tabaci* with the same treatments were 0.3743, 0.1329, and 0.2052, respectively.

Under greenhouse conditions, the *I* and IIPC of *B. tabaci* in the first generation were evaluated with five treatments: one application of *P. fumosoreosus* (1×10^6 conidia/ml) alone and in combination with 0.3 and 0.1 % of imidacloprid, and 10 % of imidacloprid alone, and two applications of *P. fumosoreosus* (1×10^6 conidia/ml) alone. The *I*s for the five treatments were 8.4348, 6.3458, 7.9336, 3.6191, and 5.746, respectively, and the corresponding IIPC values were 0.7278, 0.5476, 0.6836, 0.3123 and 0.4959, respectively. The *I* values were reduced by 27.2, 45.2, 31.6, 68.8, and 50.4 %, respectively,

基金项目: 国家“973”重大科技资助项目 (2006CB102005); 国家“十五”攻关课题资助项目 (2003BA509130604); 广东省自然科学基金资助项目 (010312)

收稿日期: 2006-02-10; **修订日期:** 2006-08-20

作者简介: 黄振 (1970~), 男, 广州人, 博士, 主要从事生物防治研究. E-mail: hzscau@tom.com

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: rensxcn@yahoo.com.cn

致谢: 美国 Texas A&M University 的 Tong-Xian Liu 教授和澳大利亚 University of Western Sydney 的 Robert Spooner-Hart 教授润色英文摘要, 并提出许多宝贵意见, 谨此一并表示感谢

Foundation item: The project was supported by National Basic Research Program, China (973 Program) (No. 2006CB102005); National Tenth Five Years Plan for Key Program, China (No. 2003BA509130604), Guangdong Province Natural Science Foundation (No. 010312)

Received date: 2006-02-10; **Accepted date:** 2006-08-20

Biography: HUANG Zhen, Ph. D., mainly engaged in biological control. E-mail: hzscau@tom.com

as compared with that in the untreated control. We found that the combinations of *P. fumosoroseus* and imidacloprid caused high mortality of young *B. tabaci* nymphs, whereas *P. fumosoroseus* alone caused high mortality of old *B. tabaci* nymphs. We also found that one application of the combinations of *P. fumosoroseus* with imidacloprid were more effective against *B. tabaci* than one application of *P. fumosoroseus* alone, but were not as effective as two applications of *P. fumosoroseus* used alone.

After applications of *P. fumosoroseus* with combinations of 0.3 and 0.1 % of imidacloprid, and 10 % of imidacloprid alone, the *Is* of *B. tabaci* in the second generation were 1.2443, 1.2915 and 7.8124, and the *IIPC* values were 0.1566, 0.1625 and 0.9830, respectively. When *P. fumosoroseus* was used alone once and twice, the *Is* were 2.0125 and 1.0718, and *IIPC* values were 0.2532 and 0.1349, respectively. Compared with the untreated control, the corresponding *Is* values in the above treatments were reduced by 84.3, 83.8, 1.7, 74.7, and 86.5 %, respectively. *P. fumosoroseus* (1×10^6 conidia/ml) applied twice provided the best control of *B. tabaci*, whereas 10 % of imidacloprid alone was the least effective. Based on the life table parameters of *B. tabaci* for two generations, *P. fumosoroseus* combined with imidacloprid provided better control than each of the two used alone, and continuous applications of these two materials for controlling *B. tabaci* for two generations provided better control than for one generation. Practically, early application of *P. fumosoroseus* (1×10^6 conidia/ml) blended with 0.3 % of imidacloprid would provide the best control of second instar *B. tabaci*.

Key words: *Paecilomyces fumosoroseus*; *Bemisia tabaci*; IPM; imidacloprid; insecticides; mixture

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是大田和温室作物上的一种重要害虫^[1~3],对常用的大多数化学农药已产生了高水平的抗性和交互抗性^[4~6]。近年来利用昆虫病原真菌防治烟粉虱倍受关注^[7~11],用于防治烟粉虱的昆虫病原真菌主要有玫烟色拟青霉 *Paecilomyces fumosoroseus*、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*、绿僵菌 *Metarhizium anisopliae*、蜡蚧轮枝菌 *Verticillium lecanii*、粉虱座壳孢 *Acshersonia aleyrodis* 等^[11]。昆虫病原真菌对昆虫寄主的侵染致死存在潜伏期而表现为杀虫作用缓慢,在真菌制剂中加入低剂量的高效低毒低残留化学杀虫剂,可起到缩短潜伏期和增强侵染力的增效作用^[12,13],在与化学农药混用的同时昆虫病原真菌会受到不同程度的影响^[14~16]。

玫烟色拟青霉是烟粉虱上的一种重要昆虫病原真菌^[10,11,17,18],可在许多寄主植物如蔬菜、水果和园林植物等的烟粉虱种群中形成流行病,在我国南方地区能有效地控制烟粉虱种群的为害。化学农药对玫烟色拟青霉孢子萌发力、菌丝生长等致病力的影响已有报道^[15,19~21]。

本研究以作用因子组配的生命表技术,评价玫烟色拟青霉及其与低剂量的吡虫啉混合对烟粉虱种群的控制作用,以期为烟粉虱的大田防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

- (1) 供试菌株 玫烟色拟青霉 (*P. fumosoroseus*) PF01-N₄ 分离株^[22]。
- (2) 供试昆虫 烟粉虱 (*B. tabaci*),生物型为 B 型,采自广州地区,鉴定方法见^[23]。
- (3) 供试寄主植物 黄瓜 *Cucumis sativus* L.,品种为万吉青瓜,购自广东省农科院蔬菜研究所。
- (4) 供试农药 10 % WP 吡虫啉(上海升联化工有限公司,农药登记号为 LS2001551)。

1.2 试验方法

1.2.1 寄主植物的种植 试验采用盆栽苗,每盆 1 株苗。盆栽黄瓜常规肥水管理,上盆时施足基肥,黄瓜 5 叶时施根外追肥。网室用幼苗长至 20 cm 高,8~10 片真叶时供试。室内用幼苗 6~10 cm 高,3~5 片展开叶时备用。

1.2.2 供试昆虫的饲养 将在温室中的黄瓜上饲养繁殖了 10 代以上的烟粉虱成虫,接种到室内养虫笼中和室外网室中无虫的黄瓜叶片上,约 4 周后(此时烟粉虱正处于 1 龄的后期和 2 龄的高峰期,有世代重叠现象)供试。

1.2.3 供试菌种的培养 将斜面上的玫烟色拟青霉菌种 PF01-N₄ 取出活化,接种到含 PDA 培养基的平板上,

放入霉菌培养箱中培养。用 0.1 %吐温 80 的无菌水收集玫烟色拟青霉的分生孢子,配成适当浓度的孢子悬液备用。

1.2.4 试验设计

(1) 室内笼罩试验 试验在空调养虫室内的养虫笼(60cm ×60cm ×60cm)中进行,温度为(20 ±1) ~ (26 ±1),RH 为 60 % ~ 80 %。取长势较一致的无虫黄瓜苗(有 3 ~ 5 片叶)放入养虫笼中,每笼放 6 盆苗。

试验共设 1 ×10⁶ 分生孢子/ml 的菌液、1 ×10⁶ 分生孢子/ml 的菌液 + 0.1 %吡虫啉、1 ×10⁶ 分生孢子/ml 的菌液 + 0.3 %吡虫啉共 3 个处理区和 0.1 %吐温 80 的无菌水处理区为对照。每个处理和对照重复 3 次。所有试验均在释放烟粉虱成虫约 4 周后(在其 1、2 龄高峰期)才喷施真菌和化学农药。

(2) 室外网室试验 试验在网室内(17.5 m ×5.0 m ×1.9 m)进行,每个网室分成 6 个小区,共 18 个小区。试验在 2004-10 ~ 2005-01 期间进行,调查烟粉虱的第 1 代时网室内的平均温度为(20 ±1) ~ (26 ±1),调查第 2 代时网室内的平均温度为(15 ±1) ~ (20 ±1),RH 为 60 % ~ 80 %。取长势较一致的无虫盆栽黄瓜苗放入网室中,每个小区放 32 盆苗(分 4 行,每行 8 盆)。小区按随机区组排列。

试验设 10 %吡虫啉 2500 倍液、1.0 ×10⁶ 个孢子/ml 菌液、1.0 ×10⁶ 个孢子/mL 菌液连续施用 2 次(间隔 7 d 后第 2 次用药)、1.0 ×10⁶ 个孢子/ml 菌液 + 0.1 %吡虫啉(2500 倍液)、1.0 ×10⁶ 分生孢子/ml 菌液 + 0.3 %吡虫啉(2500 倍液),共 5 个处理,另设 0.1 %吐温 80 的无菌水处理区为对照。每个处理重复 3 次。试验中第 1 次施用玫烟色拟青霉是在第 1 代烟粉虱 1、2 龄高峰期进行(接烟粉虱成虫后 4 周左右),对烟粉虱第 2 代施用玫烟色拟青霉的时间为第 2 代烟粉虱 1、2 龄高峰期。

1.2.5 调查方法 施药前调查烟粉虱的虫口基数,调查时每区随机取黄瓜上、中、下部叶各 10 片,记录每片叶上烟粉虱各虫态的虫量。虫口调查方法为:每叶随机取 5 个点,每点取 1 cm²,共 150 个样点,记录每个样点上烟粉虱卵、1 龄、2 龄、3 龄、4 龄若虫和伪蛹的数量。每 3 d 调查 1 次,连续调查 7 周。

1.2.6 数据的处理、分析方法

(1) 各虫期数量、期中值及存活率估计 根据系统调查资料,按照各虫态历期,计算各虫期的累计虫量(N_{is}),由累计虫量结合各虫态的历期计算出各虫态的期中值(N_{im}),然后再利用平均历期法计算各虫期的起始虫数(N_{ib}),据此计算出各期的存活率(S_i)。计算公式如下:

$$N_{im} = \frac{N_{is}D}{T_i}$$

$$N_{ib} = \frac{T_{i-1}N_{im} + T_iN_{(i-1)m}}{T_i + T_{i-1}}$$

$$S_i = \frac{N_{ib}}{N_{(i-1)b}}$$

式中, D 为系统调查期距, T_i 、 T_{i-1} 分别为第 i 、 $i-1$ 虫期的发育历期; N_i 、 N_{i-1} 分别为第 i 、 $i-1$ 虫期的期中值; $N_{(i-1)b}$ 为第 $i-1$ 虫期的起始虫数。

卵期存活率:对烟粉虱卵期存活率影响较大的因素主要有“捕食”、“不孵”。烟粉虱卵“不孵”的比例采用室内生物学的研究结果。烟粉虱卵被虫生真菌寄生的寄生率很低,故本试验不考虑烟粉虱卵的寄生情况。

起始卵量的计算公式:

$$\text{起始卵量} = \{(\text{卵的期中值} - 1 \text{ 龄若虫的期中值}) \times \text{卵的孵化率}\} / 2 + \text{卵的期中值}$$

各作用因子作用的存活率及各虫期参数的估计方法:在大田网室系统调查的镜检过程中,发现烟粉虱的卵和若虫均存在被捕食的现象,按作用因子作用的先后逻辑关系,1 龄、2 龄、3 龄和 4 龄若虫和伪蛹的作用因子分为“捕食及其它”和“真菌寄生”,本文主要讨论在吡虫啉联合作用下玫烟色拟青霉对烟粉虱的寄生即“真菌寄生”,将吡虫啉与其它作用因子引起的死亡都归入了“捕食及其它”中。在空调室内笼罩试验中,尽管只人为地引入玫烟色拟青霉和吡虫啉两种作用因子,但在系统调查时还是发现了非人为引入因子引起的死亡,这

里将所有导致死亡的因子都归入“寄生及其它”。

(2) 玫烟色拟青霉对烟粉虱种群影响的评价 用生命表方法评价玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的影响。根据庞雄飞等^[24]方法,以作用因子组配的自然种群生命表,评估烟粉虱在不同条件下的种群趋势指数(Index of Population Trend, I):

$$I = \frac{N_1}{N_0} = S_1 S_2 S_3 \dots S_K F P_f P P_{\varphi} \sum P_{fd} (S_{Aa})^d$$

式中, I 为种群趋势指数; N_1 、 N_0 为下一代、当代的种群数量; S_i 为各作用因子作用下各龄若虫和伪蛹相应的存活率($i=1,2,3,\dots,K$); F 为设定的标准卵量; P_f 为达标卵量概率; P 为成虫迁移后的居留率; P_{φ} 为雌性概率; P_{fd} 为成虫逐日产卵概率; $[S_{Aa}]^d$ 为成虫逐日存活率, d 为成虫羽化后的天数。

利用干扰作用控制指数(Interference Index of Population Control, $IIPC$)^[23]评价各作用因子对烟粉虱种群趋势的影响。

$$IIPC = \frac{I_{Tr}}{I_{Ck}} = \frac{S_{ETr} S_{STr} S_{LTr} S_{PTr} F P_{FTr} P_{\varphi Tr} P_{hTr} [P_{fdTr} (S_{AaTr})^d]}{S_{ECk} S_{SCk} S_{LCk} S_{PCk} F P_{FCk} P_{\varphi Ck} P_{hCk} [P_{fdCk} (S_{AaCk})^d]}$$

式中, I_{Tr} 、 I_{Ck} 为处理与对照区的种群趋势指数; S_{ETr} 、 S_{STr} 、 S_{LTr} 、 S_{PTr} 为处理区卵、低龄幼虫、高龄若虫、蛹的存活率; S_{ECk} 、 S_{SCk} 、 S_{LCk} 、 S_{PCk} 为对照区卵、低龄幼虫、高龄若虫、蛹的存活率; F 为设定的标准卵量; P_{FCk} 、 P_{FTr} 为达标卵量的概率; $P_{\varphi Ck}$ 、 $P_{\varphi Tr}$ 为雌性概率; P_{hTr} 、 P_{hCk} 为成虫迁移后的居留率; P_{fdTr} 、 P_{fdCk} 为成虫逐日产卵概率; $[S_{AaTr}]^d$ 、 $[S_{AaCk}]^d$ 为成虫逐日存活率, d 为成虫羽化后的天数。

2 结果与分析

2.1 在室内玫烟色拟青霉与吡虫啉的联合控制作用

在室内各处理区烟粉虱的种群生命表见表1。在对照区烟粉虱的种群趋势指数为9.0216,即烟粉虱下一代种群的数量是当代种群的9.0216倍。在 1×10^6 分生孢子/ml菌液+0.3%吡虫啉、 1×10^6 分生孢子/ml菌液+0.1%吡虫啉和 1×10^6 分生孢子/ml菌液处理区,烟粉虱的种群增长趋势指数分别为1.1986、1.8512和3.3769,与对照区相比分别下降了约6.5、3.8、1.6倍。对表1中的数据进一步分析可知,经处理后,烟粉虱2龄若虫的存活率与对照区相比有大幅度地降低,在混合了0.3%吡虫啉的处理区烟粉虱2龄的存活率仅有11.45%。其它处理区烟粉虱2、3龄若虫的存活率均低于对照区的存活率。在不混合吡虫啉的处理区,玫烟色拟青霉对烟粉虱的作用效果表现为滞后效应,即烟粉虱在4龄时的死亡率最高。不同处理区(1×10^6 分生孢子/ml+0.3%吡虫啉、 1×10^6 分生孢子/ml+0.1%吡虫啉、 1×10^6 分生孢子/ml)的 $IIPC$ 值分别为0.1329、0.2052和0.3743,从各处理区的 $IIPC$ 值来看,化学农药吡虫啉可与玫烟色拟青霉混合使用,使用浓度为0.1%和0.3%时不会产生负面影响。

2.2 玫烟色拟青霉与吡虫啉对第1代烟粉虱种群的联合控制作用

在0.3%吡虫啉+ 1.0×10^6 分生孢子/ml、0.1%吡虫啉+ 1.0×10^6 分生孢子/ml、10%吡虫啉、 1.0×10^6 个孢子/ml菌液与 1.0×10^6 个孢子/ml菌液连续施用2次处理区第1代烟粉虱的种群增长趋势指数(I)分别为6.3458、7.9336、3.6191、8.4348和5.746,见表2,与对照相比分别下降了45.24%、31.64%、68.77%、27.22%和50.41%。在使用10%吡虫啉的处理区,烟粉虱2龄“捕食及其它”的存活率仅有0.2350,其它处理区烟粉虱2、3龄若虫的存活率(“捕食及其它”的存活率与“真菌寄生”的存活率之间的乘积)均低于对照区的存活率。进一步分析表2可知,烟粉虱2龄的存活率在仅仅使用玫烟色拟青霉的处理区较高,在玫烟色拟青霉和吡虫啉混合的处理区较低,表明两者混用可提高防治烟粉虱的速效性。比较各处理区烟粉虱的存活率,玫烟色拟青霉和吡虫啉混合处理后导致烟粉虱低龄若虫的大量死亡是该处理区引起死亡的重要因素,玫烟色拟青霉导致烟粉虱高龄若虫的大量死亡是引起该处理区烟粉虱死亡的重要因素。

不同处理区烟粉虱种群的干扰作用控制指数($IIPC$)依次为0.7278(1.0×10^6 个孢子/ml菌液)、0.6836(0.1%吡虫啉+ 1.0×10^6 分生孢子/ml)、0.5476(0.3%吡虫啉+ 1.0×10^6 分生孢子/ml)、0.4959(1.0×10^6 个孢

子/ml 菌液连续施用 2 次)、0.3123(10 %吡虫啉),见表 2。玫烟色拟青霉和吡虫啉混合使用对烟粉虱的控制效果好于单独使用相同浓度玫烟色拟青霉的控制效果,但比使用相同浓度的玫烟色拟青霉两次的控制效果差,说明玫烟色拟青霉与吡虫啉混合使用可提高对烟粉虱的控制效果。

表 1 在室内不同处理条件下烟粉虱的种群生命表 *

Table 1 Life table of *Bemisia tabaci* at standard laboratory conditions under different treatments

虫期 Stage	作用因子 Mortality factor	烟粉虱各虫期的存活率 Survival ratio of all stages of <i>B. tabaci</i>			
		CK	10 ⁶ P1 + 0.3 %吡虫啉 Imidacloprid	10 ⁶ P1 + 0.1 %吡虫啉 Imidacloprid	10 ⁶ P1
卵 Egg	寄生及其它 Parasitism and others	0.9285	0.9170	0.9106	0.9182
1 龄若虫 1 st instar	寄生及其它 Parasitism and others	0.8319	0.5296	0.5813	0.7094
2 龄若虫 2 nd instar	寄生及其它 Parasitism and others	0.9146	0.1145	0.2432	0.5978
3 龄若虫 3 rd instar	寄生及其它 Parasitism and others	0.9216	0.7221	0.6324	0.5407
4 龄若虫 4 th instar	寄生及其它 Parasitism and others	0.9311	0.5624	0.5494	0.3924
伪蛹 "pupa"	寄生及其它 Parasitism and others	0.9273	0.6611	0.5155	0.5091
成虫 Adult	标准卵量 Fecundity	400	400	400	400
	雌性概率 Female proportion	0.5351	0.5351	0.5351	0.5351
	达标卵量概率 Fecundity ratio	0.3751	0.3751	0.3751	0.3751
种群趋势指数 (I) Index of population trend (I)		9.0216	1.1986	1.8512	3.3769
干扰作用控制指数 (IIPC) Interference index of population control (IIPC)		1.0000	0.1329	0.2052	0.3743

*表中 10⁶ P1 表示玫烟色拟青霉的浓度为 1.0 × 10⁶ 分生孢子/ml;本试验在于 2004 年 9 月至 10 月在华南农业大学教育部生物防治工程研究中心内进行,寄主植物为黄瓜 The 10⁶ P1 in the table means the concentration of 1 × 10⁶ conidia/ml of *P. fumosoroseus*; This experiment has been studied in the Laboratory of Engineering Research Center of Biological Control, Ministry of education South China Agriculture of University from Sep. to Oct. 2004; Host plant: Cucumber;空调室内 in air-condition room (26 ± 1) RH 60 % ~ 80 %

表 2 玫烟色拟青霉与农药联合作用下第 1 代烟粉虱的自然种群生命表 *

Table 2 Effect of *Paecilomyces fumosoroseus* and Imidacloprid on life table of the first generation of *Bemisia tabaci* in greenhouse

虫期 Stage	作用因子 Mortality factor	烟粉虱各虫期的存活率 Survival ratio of all stages of <i>B. tabaci</i>					
		CK	10 ⁶ P1 + 0.3 % 吡虫啉 * Imidacloprid	10 ⁶ P1 + 0.1 % 吡虫啉 Imidacloprid	10 %吡虫啉 Imidacloprid	10 ⁶ P1	D × 10 ⁶ P1
卵 Egg	捕食及其它 Predation and others	0.9769	0.9614	0.9577	0.9717	0.9876	0.9806
	不孵 No hatch	0.9504	0.9504	0.9504	0.9504	0.9504	0.9504
1 龄若虫 1 st instar	捕食及其它 Predation and others	0.8790	0.7409	0.7390	0.6580	0.7867	0.9070
	真菌寄生 Parasitism	0.8886	0.8783	0.8943	0.8562	0.8737	0.8646
2 龄若虫 2 nd instar	捕食及其它 Predation and others	0.7767	0.4151	0.6597	0.2350	0.7154	0.7455
	真菌寄生 Parasitism	0.8211	0.8909	0.7000	0.7497	0.7653	0.7393
3 龄若虫 3 rd instar	捕食及其它 Predation and others	0.9056	0.9567	0.9545	0.9972	0.9986	0.9120
	真菌寄生 Parasitism	0.8595	0.6371	0.9696	0.7608	0.9190	0.5015
4 龄若虫 4 th instar	捕食及其它 Predation and others	0.7513	0.9462	0.8918	0.9679	0.9735	0.9354
	真菌寄生 Parasitism	0.9757	0.8702	0.8599	0.9818	0.7042	0.5983
伪蛹 "Puap"	捕食及其它 Predation and others	0.6623	0.9479	0.9290	0.8259	0.6053	0.8698
	真菌寄生 Parasitism	0.9985	0.9135	0.6502	0.9975	0.9445	0.9651
成虫 Adult	标准卵量 Fecundity	400	400	400	400	400	400
	雌性概率 Female proportion	0.5513	0.5513	0.5513	0.5513	0.5513	0.5513
	达标卵量概率 Fecundity ratio	0.3009	0.3009	0.3009	0.3009	0.3009	0.3009
种群趋势指数 (I) Index of population trend (I)		11.5892	6.3458	7.9226	3.6191	8.4348	5.7469
干扰作用控制指数 (IIPC) Interference index of population control (IIPC)		1.0000	0.5476	0.6836	0.3123	0.7278	0.4959

*表中 10⁶ P1 表示玫烟色拟青霉的浓度为 1.0 × 10⁶ 分生孢子/ml;D × 10⁶ P1 表示使用了两次浓度为 1.0 × 10⁶ 分生孢子/ml 的玫烟色拟青霉;本试验在于 2004 年 10 月至 11 月在华南农业大学农场进行,寄主植物为黄瓜 The 10⁶ P1 in the table means the concentration of 1 × 10⁶ conidia/ml of *P. fumosoroseus*; The D × 10⁶ P1 in the table means the concentration of 1 × 10⁶ conidia/ml of *P. fumosoroseus* used twice; This experiment has been studied in the farm of South China Agricultural of University from Oct. to Nov. 2004; Host plant: Cucumber

2.3 玫烟色拟青霉与吡虫啉对第 2 代烟粉虱种群的联合控制作用

在 0.3 %吡虫啉 + 1.0 ×10⁶ 分生孢子/ml、0.1 %吡虫啉 + 1.0 ×10⁶ 分生孢子/ml、10 %吡虫啉、1.0 ×10⁶ 个孢子/ml菌液、1.0 ×10⁶ 个孢子/ml 菌液连续施用 2 次处理区,第 2 代烟粉虱的种群增长趋势指数分别为 1.2443、1.2915、7.8124、2.0125、1.0718,见表 3,与对照区相比分别下降了 84.34 %、83.75 %、1.70 %、74.68 %、86.51 %。分析各处理区烟粉虱的存活率可知,玫烟色拟青霉和吡虫啉混合处理后导致烟粉虱低龄若虫的大量死亡是引起该处理区烟粉虱死亡的重要因素,玫烟色拟青霉导致烟粉虱低龄若虫的持续大量死亡是引起该处理区烟粉虱死亡的重要因素。

表 3 玫烟色拟青霉与农药联合作用下第 2 代烟粉虱的自然种群生命表 *

Table 3 Effect of Paecilomyces fumosoroseus and Imidaclopid on life table of the second generation of Bemisia tabaci in greenhouse							
		烟粉虱各虫期的存活率 Survival ratio of all stages of B. tabaci					
虫期 Stage	作用因子 Mortality factor	CK	10 ⁶ P1 + 0.3 %	10 ⁶ P1 + 0.1 %	10 %吡虫啉	10 ⁶ P1	D ×10 ⁶ P1
			吡虫啉 * Imidaclopid	吡虫啉 Imidaclopid	Imidaclopid		
卵 Egg	捕食及其它 Predation and others	0.9859	0.9708	0.9866	0.9831	0.9679	0.9694
	不孵 No hatch	0.9504	0.9504	0.9504	0.9504	0.9504	0.9504
1 龄若虫 1 st instar	捕食及其它 Predation and others	0.8821	0.7606	0.7601	0.8901	0.7621	0.7670
	真菌寄生 Parasitism	0.8250	0.7372	0.7514	0.9220	0.7718	0.7084
2 龄若虫 2 nd instar	捕食及其它 Predation and others	0.6175	0.6823	0.3800	0.8489	0.3854	0.3360
	真菌寄生 Parasitism	0.7749	0.2364	0.4804	0.9307	0.5644	0.4231
3 龄若虫 3 rd instar	捕食及其它 Predation and others	0.6855	0.6824	0.8463	0.8123	0.5516	0.9841
	真菌寄生 Parasitism	0.8954	0.7842	0.6582	0.8011	0.8534	0.8839
4 龄若虫 4 th instar	捕食及其它 Predation and others	0.8739	0.8088	0.8347	0.4895	0.9223	0.7912
	真菌寄生 Parasitism	0.929	0.8455	0.8503	0.9066	0.7736	0.8688
伪蛹 "Pupa "	捕食及其它 Predation and others	0.7329	0.6594	0.5458	0.6619	0.8001	0.4708
	真菌寄生 Parasitism	0.9986	0.9300	0.9155	0.9954	0.9580	0.8024
成虫 Adult	标准卵量 Fecundity	400	400	400	400	400	400
	雌性概率 Female proportion	0.5513	0.5513	0.5513	0.5513	0.5513	0.5513
	达标卵量概率 Fecundity ratio	0.3009	0.3009	0.3009	0.3009	0.3009	0.3009
种群趋势指数 (I) Index of population trend (I)		7.9472	1.2443	1.2915	7.8124	2.0125	1.0718
干扰作用控制指数 (IIPC) Interference index of population control (IIPC)		1.0000	0.1566	0.1625	0.9830	0.2532	0.1349

*表中 10⁶ P1 表示玫烟色拟青霉的浓度为 1.0 ×10⁶ 分生孢子/ml;D ×10⁶ P1 表示使用了两次浓度为 1.0 ×10⁶ 分生孢子/ml 的玫烟色拟青霉;本试验在于 2004 年 11 月至 2005 年 1 月在华南农业大学农场进行,寄主植物为黄瓜 The 10⁶ P1 in the table means the concentration of 1 ×10⁶ conidia/ml of *P. fumosoroseus*. The D ×10⁶ P1 in the table means the concentration of 1 ×10⁶ conidia/ml of *P. fumosoroseus* used twice. This experiment has been studied in the farm of South China Agricultural University from Nov. 2004 to Jan. 2005; Host plant: Cucumber

在不同处理区(0.3 %吡虫啉 + 1.0 ×10⁶ 分生孢子/ml、0.1 %吡虫啉 + 1.0 ×10⁶ 分生孢子/ml、10 %吡虫啉、1.0 ×10⁶ 个孢子/ml 菌液、1.0 ×10⁶ 个孢子/ml 菌液连续施用 2 次)烟粉虱的种群干扰作用控制指数 (IIPC) 分别为 0.1566、0.1625、0.9830、0.2532、0.1349。其中以使用 1.0 ×10⁶ 个孢子/ml 菌液连续施用 2 次的处理区玫烟色拟青霉对烟粉虱的控制效果最好,以 10 %吡虫啉对烟粉虱的控制效果最差。

从第 1 代和第 2 代烟粉虱的生命表数据中可看出,玫烟色拟青霉对烟粉虱的累积控制作用并没有因为与低浓度的吡虫啉混合使用而受到影响。与对照区相比,玫烟色拟青霉与吡虫啉对烟粉虱种群连续两代处理后的影响远大于仅对一代种群进行处理后的影响。但在连续两代仅使用吡虫啉的处理区,烟粉虱的种群干扰作用控制指数 (IIPC) 反而上升了,分别为 0.3123 与 0.9830,在其它处理区其 IIPC 值则有较大程度的降低。在使用玫烟色拟青霉的处理区,在对第 2 代烟粉虱继续施用玫烟色拟青霉时,第 1 代烟粉虱的虫尸上已产生了玫烟色拟青霉的分生孢子,这些分生孢子可持续侵染下一代烟粉虱;因此连续 2 代用药比只用一代的效果好得

多。在玫烟色拟青霉与低浓度吡虫啉混合的处理区,因低浓度的吡虫啉对玫烟色拟青霉无负面影响,所以连续 2 代用药比只用 1 代的效果也好得多。

从经济和使用方便的角度上综合考虑,使用 0.3%吡虫啉 + 1.0×10^6 分生孢子/ml 的玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的控制效果最好。这种混合配比能在处理的早期有效地控制烟粉虱的 2 龄若虫,将烟粉虱对寄主植物的危害降到最低。

3 讨论

本试验结果表明低浓度的吡虫啉与玫烟色拟青霉混合可有效地防治烟粉虱,两者混合不产生负面影响,与陈斌等^[13]在云南使用吡虫啉与玫烟色拟青霉混合防治温室内烟粉虱的试验结果一致。Furlong 等^[12]用吡虫啉与白僵菌混合使用时两者可产生增效作用。与只使用玫烟色拟青霉的处理区相比,在玫烟色拟青霉与吡虫啉混合的处理区烟粉虱低龄若虫的死亡率较高,这说明烟粉虱的种群数量在早期就开始减少,玫烟色拟青霉与吡虫啉联合控制可发挥时间上的速效性,可在早期减轻对寄主植物的危害,同时低浓度的吡虫啉又可减小对环境的污染。

本试验中相同的处理在室内笼罩试验与室外网室试验等不同条件下的试验结果相差较大,主要是由于室内的湿度较大且容易控制,特别是在喷施之后能保湿 12 ~ 24h,这对提高侵染率相当重要,而室外的网室试验正值广州的干旱时期。这对玫烟色拟青霉的侵染、发病症状的即时表现、在寄主上大量产孢和孢子的侵染循环等产生了不利影响。

在大网室试验中还观察到各试验小区中烟粉虱其它天敌的种类和数量并不一致。在仅仅使用玫烟色拟青霉的处理区,烟粉虱的寄生蜂、瓢虫、蚂蚁等天敌的数量较大;在混合处理区,其它天敌的种类和数量次之;在仅仅使用 10%吡虫啉的处理区,烟粉虱的天敌数量很少或基本上没有发现。结合分析生命表中的数据我们不难看出,本试验中吡虫啉的低浓度是至关重要的,因为是低浓度所以对玫烟色拟青霉与其它天敌没有负面影响或负面影响甚微,这样,天敌能对烟粉虱起到持续地控制作用。这也是为什么连续 2 代用药比只用 1 代的防治效果好的原因之一。

大田网室试验中有很多因素对防治效果产生影响,如:光照^[25]、温度^[26]、湿度、寄主植物的种类^[27,28]、分泌物^[29]和叶面指数、烟粉虱的种群密度等,在湿度、寄主植物的叶面指数、烟粉虱的种群密度适中的情况下,有利于玫烟色拟青霉的侵染和再侵染,此种条件对虫生真菌的生长繁殖最有利,此时的防治效果也最好。

References:

- [1] Brown J K. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide, FAO Plant Prot. Bull., 1994, 42: 1 ~ 32.
- [2] Secker A E, Bedford I A, Markham P G. Squash, a reliable field indicator for the presence of B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. In: Brighton Crop Protection Conference-pest and Disease. British Crop Protection Council, 1998. 837 ~ 842.
- [3] Ren S X, Wang Z Z, Qiu B L, et al. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. Entomol. Sinica, 2001, 18: 279 ~ 288.
- [4] Dittrich V, Ernst G H. Chemical control and insecticide resistance in whiteflies. In: Gerling D Ed. Whiteflies, Their Bionomics, Pest Status and Management. Intercept Ltd. Andover, Hants. UK, 1990. 263 ~ 286.
- [5] Dittrich V, Ernst G H, Ruesch O. Resistance mechanisms in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala, and Nicaragua. J. Econ. Entomol., 1990, 83: 1665 ~ 1670.
- [6] Horowitz A R, Forer G, Ishaaya I Z. Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with emphasis on cotton. Pestic. Sci., 1994, 42: 113 ~ 122.
- [7] Sterk G, Bolckmans K, Eyal J. A new microbial insecticide, *Pacilomyces fumosoroseus* strain Apopka 97, for the control of the greenhouse whitefly. In: Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference: Pests and Disease. Brighton, UK, 1996. 451 ~ 466.
- [8] Lacey L A. A global distribution of naturally occurring fungi of *Bemisia*, their biologies and use as biological control agents. In: "Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management" Gerling, D. Ed. Intercept, Andover. UK, 1996. 401 ~ 433.
- [9] Vidal C, Osborne L S, Lacey L, et al. Effect of host plant on the potential of *Pacilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for controlling the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in greenhouse. Biol. Contr., 1998, 12: 191 ~ 199.
- [10] Wright S P, Carruthers R I, Jaronski S T, et al. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Pacilomyces fumosoroseus* for microbial

- control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. Biol. Contr., 2000, 17: 203 ~ 217.
- [11] Faria M and Wraight S P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Prot., 2001, 20: 767 ~ 778.
- [12] Furlong M J, Groden E. Evaluation of synergistic interaction between the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomeliprid) pathogen *Beauveria bassiana* and the insecticides, imidacloprid, and cyromazine. J. Econ. Entomol., 2001, 94: 344 ~ 356.
- [13] Chen B, Feng M G. Evaluation of interactive efficacy of two mycoinsecticides and low application rate imidacloprid in controlling greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Appl. Ecol., 2003, 14(11): 1934 ~ 1938.
- [14] Poprawski T J, Majchrowicz L. Effects of herbicides on in vitro vegetative growth and sporulation of Entomopathogenic fungi. Crop Prot., 1995, 14: 81 ~ 87.
- [15] Sterk G, Heut F, Merck N, Bock J. Sensitivity of non-target arthropods and beneficial fungal species to chemical and biological plant protection products: result of laboratory and semfield trials. In: First International Symposium on Biological Control of Arthropods. Honolulu, Hawaii, USA, 2002, 306 ~ 313.
- [16] Yeo H, Pell J K, Anderson P G, Clark S J, et al. Laboratory evaluation of temperature effects on the germination and growth of Entomopathogenic fungi and their pathogenicity to two aphid species. Pest Manag. Sci., 2003, 59: 156 ~ 165.
- [17] Bolckmans K, Sterk G, Eyal J, et al. PreFeRal, (*Paecilomyces fumosoroseus* (wize) Brown and Smith, strain Apoka 97), a new microbial insecticide for the biological control of whiteflies in greenhouses, Eds. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 1995, 60: 719 ~ 724.
- [18] Vidal C, Lacey L, Fargues J. Pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) with a description of a bioassay method. J. Econ. Entomol., 1997, 90: 765 ~ 772.
- [19] James R R, Buckner J S, Freeman T P. Cuticular lipids and silverleaf whitefly stage affect conidial germination of *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus*. J. Invertebr. Pathol., 2003, 84: 67 ~ 74.
- [20] Kubilay Er M and Gökçe A. Effects of selected pesticides used against glasshouse tomato pests on colony growth and conidial germination of *Paecilomyces fumosoroseus*. Biol. Contr., 2004, 31: 398 ~ 404.
- [21] Inglis P W, Tigano M S, Valadares-Ingles M C. Transformation of the entomopathogenic fungus, *Paecilomyces fumosoroseus* and *Paecilomyces lilacinus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) to benomyl resistance. Genet Mol. Biology, 1999, 22: 119 ~ 123.
- [22] Huang Z, Ren S X. Biology of *Paecilomyces fumosoroseus* isolates and their pathogenicity against *Bemisia tabaci*. Chin. J. Biol. Contr., 2004, 20(4): 248 ~ 251.
- [23] Qiu B L, Ren S X, Xiao Y, et al. Distribution and control of B biotype of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China. Entomol. J. East China, 2003, 12(2): 27 ~ 31.
- [24] Pang X F, Liang G W. Pest population system Control. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1995. 24 ~ 30.
- [25] Fargues J, Rougier M, Goujet R, et al. Inactivation of conidia of *Paecilomyces fumosoroseus* by near-ultraviolet (UVB and UVA) and visible radiation. J. Invertebr. Pathol., 1997, 69: 70 ~ 78.
- [26] Vidal C, Fargues J, Lacey L A. Interspecies variability of *Paecilomyces fumosoroseus*: effect of temperature on vegetative growth. J. Invertebr. Pathol., 1997, 70: 18 ~ 26.
- [27] Claire V, Lance S, Osborne L, et al. Effect of host plant on the potential of *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for controlling the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in greenhouses. Biol. Contr., 1998, 12: 191 ~ 199.
- [28] Poprawski T J, Greenberg S M, Comperlik M A. Effect of host plant on *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* induced mortality of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol., 2000, 29(5): 1048 ~ 1053.
- [29] Vega F E, Dowd P F, McGuire M R, et al. In Vitro effects of secondary plant compounds on germination of blastospores of the Entomopathogenic fungus *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). J. Invertebr. Pathol., 1997, 70: 209 ~ 213.

参考文献:

- [13] 陈斌,冯明光. 两种杀虫真菌制剂与低剂量的吡虫啉对温室烟粉虱的协同防效评价. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1934 ~ 1938.
- [22] 黄振,任顺祥. 玫烟色拟青霉分离株的生物学特性及其对烟粉虱的致病力. 中国生物防治, 2004, 20(4): 248 ~ 251.
- [24] 庞雄飞,梁广文. 害虫种群系统的控制. 广州:广东科技出版社, 1995. 24 ~ 30.