

玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的控制作用

黄振, 任顺祥, 吴建辉

(华南农业大学资源环境学院, 生物防治教育部工程研究中心, 广东广州 510642)

摘要: 在大田网室内评价了不同孢子含量的玫烟色拟青霉 *Paecilomyces fumosoroseus* 对烟粉虱种群的控制效果。结果表明, 各处理区玫烟色拟青霉对烟粉虱当代的种群干扰作用控制指数 (IPC) 分别为 0.802 0, 0.673 2, 0.641 3, 0.538 9 和 0.418 6, 对烟粉虱下一代的 IPC 分别为 0.482 6, 0.346 9, 0.330 8, 0.134 8 和 0.101 7。玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的控制作用主要表现为累积效应, 连续 2 代都使用玫烟色拟青霉对烟粉虱的种群控制效果比只在 1 代上使用的效果好; 同一世代内连续 2 次使用 $1.0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 的处理区对烟粉虱种群的控制效果更好。

关键词: 玫烟色拟青霉; 烟粉虱; 控制作用

中图分类号: S432.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2007)02-0024-05

Population Control of *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in Greenhouse

HUANG Zhen, REN Shun-xiang, WU Jian-hui

(Engineering Research Center of Biological Control, Ministry of Education, College of Resources and Environment, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: In the greenhouse, the control efficiency of *Paecilomyces fumosoroseus* on *Bemisia tabaci* in the first generation and the second generation were evaluated with five treatments. The interference indexes of population control (IPC) of *B. tabaci* were 0.802 0, 0.673 2, 0.641 3, 0.538 9, 0.418 6 for the first generation and 0.482 6, 0.346 9, 0.330 8, 0.134 8, 0.101 7 for the second generation, respectively. *P. fumosoroseus* provided accumulative control for *B. tabaci*, and continuous applications of *P. fumosoroseus*, for controlling *B. tabaci* for two generations provided a better control than for first generation. Two applications of *P. fumosoroseus* with concentration $1 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ provided the best control to *B. tabaci*.

Key words: *Paecilomyces fumosoroseus*; *Bemisia tabaci*; control efficiency

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^[4-7]。近年来, 生物防治成为防治烟粉虱的研究热点之一, 利用昆虫病原真菌防治烟粉虱倍受关注^[8-12], 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 aleyrodidis* 等^[9]。玫烟色

拟青霉是粉虱类刺吸式口器害虫上的一种重要昆虫病原真菌^[9,13-15], 在自然条件下, 可在蔬菜、水果和园林植物等的烟粉虱种群中形成流行病^[8], 在我国南方地区蔬菜植物上的烟粉虱种群中可大面积地持续流行^[3], 能有效地控制烟粉虱种群的危害。目前, 在国外玫烟色拟青霉已被开发为商品用于防治烟粉虱, 在墨西哥已有玫烟色拟青霉的商品制剂出售; 在欧美一些发达国家, 已将玫烟色拟青霉开发为一种芽孢子和菌丝体混合制剂, 用于防治温室和保护地

收稿日期: 2006-10-09

作者简介: 黄 振 (1970—), 男, 博士; 通讯作者: 任顺祥, 男, 教授, 博士, E-mail: rensxcn@yahoo.com.cn

基金项目: 国家“973”项目 (2006CB102005); “十五”国家攻关课题 (2004BA509B0604); 广州市科技计划联合资助项目 (02181-1)。

中的烟粉虱^[15]. 本文以作用因子组配的生命表技术, 评价玫烟色拟青霉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 材料

玫烟色拟青霉 *Paecilomyces fumosoroseus* PF01-N4 分离株^[16]. 烟粉虱 *Bemisia tabaci*, 生物型为 B 型. 黄瓜 *Cucumis sativus* L., 品种为万吉青瓜, 购自广东省农业科学院蔬菜研究所.

1.2 方法

1.2.1 寄主植物的种植 盆栽黄瓜苗(每盆2株), 常规肥水管理, 上盆时施足基肥, 5叶时施根外追肥. 当幼苗长至20 cm高、8~10片真叶时供试.

1.2.2 供试昆虫的饲养 将在温室黄瓜苗上饲养繁殖了10代以上的烟粉虱成虫, 接种到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 $w = 0.1\%$ 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 2004年9—12月, 在华南农业大学农场的网室内(17.5 m × 5.0 m × 1.9 m)进行试验, 每个网室分成8个小区, 共使用18个小区. 调查烟粉虱的第1代时网室内的平均温度为24~30℃, 调查第2代时网室内的平均温度为18~24℃, RH 60%~70%. 取长势较一致的无虫盆栽黄瓜苗放入网室中, 每小区放32盆苗(4 × 8). 小区按随机区组排列.

菌液的孢子含量设 1.0×10^5 、 1.0×10^6 、 1.0×10^7 、 1.0×10^8 和 $1.0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 共5个处理, 连续施用2次(间隔7 d后第2次用药), 另设 $w = 0.1\%$ 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接烟粉虱成虫后约4周, 每次施用玫烟色拟青霉的时间均选择在烟粉虱1、2龄发生的高峰期进行.

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、下部各10片叶, 记录每片叶上烟粉虱各虫态的数量. 虫口调查方法为: 每叶随机取5个点, 每点取1 cm², 记录每个样点上烟粉虱卵、1、2、3、4龄若虫和伪蛹的数量. 每3 d调查1次.

1.2.6 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:

$$N_{im} = N_{is}D/T_i,$$

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

$$S_i = (N_{ib})/(N_{(i-1)b}).$$

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_{ib} 为第 i 虫期的起始虫数.

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研究的结果. 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 = (卵的期中值 - 1龄若虫的期中值) × 卵的孵化率/2 + 卵的期中值

1.2.7 各作用因子作用的存活率及各虫期参数的估计方法 在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、2、3、4龄若虫和伪蛹的作用因子分为“捕食及其他”和真菌寄生, 本文主要讨论真菌寄生, 将其他作用因子引起的寄生归入了“捕食及其他”.

1.2.8 烟粉虱被玫烟色拟青霉处理后, 新羽化出成虫的产卵量测定方法 取网室内各处理区的烟粉虱伪蛹, 待其羽化后配对, 每处理区取成虫20对, 每对供给无虫的黄瓜叶片, 每3 d检查1次并记录其产卵量直到成虫死亡为止.

1.2.9 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^[17]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.

2 结果与分析

2.1 不同浓度的玫烟色拟青霉对当代烟粉虱种群的控制作用

在大田网室内, 玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的控制作用结果见表1. 在烟粉虱1、2龄若虫发生的高峰期喷施 1.0×10^8 、 1.0×10^7 、 1.0×10^6 、 $1.0 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ 的玫烟色拟青霉, 对照区烟粉虱的种群趋势指数(I)为10.6827, 即下一代种群的数量是当代种群的10.6827倍. 与对照区相比, 各处理区分别下降了46.11%、35.87%、32.68%和19.80%. 用 $1.0 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 菌液处理的烟粉虱 I 比用 $1.0 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$

菌液处理的下降了32.81%。从对烟粉虱的种群干扰作用控制指数(IIPC)可以更直观地看出,连续2次使用 $1.0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,对烟粉虱的IIPC最低(0.4186),且烟粉虱的I与对照相比下降了58.14%;在 1.0×10^7 和 $1.0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,对烟粉虱的IIPC相近、分别为0.6413

和0.6732;在 $1.0 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,对烟粉虱的IIPC最高(0.8020);说明菌液孢子含量在 $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 范围内,含量越高,其控制效果越好;在同一世代内连续2次使用玫烟色拟青霉对烟粉虱的控制效果更佳。

表1 玫烟色拟青霉作用下烟粉虱当代的自然种群生命表

Tab.1 Life table of the first generation of *B. tabaci* on different concentration of *P. fumosoroseus* in greenhouse

虫期 stage	作用因子 mortality factor	烟粉虱各虫期的存活率 survival of all stage of <i>B. tabaci</i>					
		0(CK)	$1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ (2次)
卵 egg	捕食及其他 predation and others	0.975 4	0.962 7	0.965 7	0.978 6	0.970 3	0.964 3
	不孵 no hatch	0.950 4	0.950 4	0.950 4	0.950 4	0.950 4	0.950 4
1龄若虫 1 st instar	捕食及其他 predation and others	0.847 9	0.854 0	0.790 8	0.787 5	0.787 4	0.807 1
	真菌寄生 parasitism	0.879 8	0.861 7	0.876 1	0.877 6	0.895 0	0.860 6
2龄若虫 2 nd instar	捕食及其他 predation and others	0.767 7	0.705 0	0.619 9	0.621 0	0.627 0	0.734 5
	真菌寄生 parasitism	0.830 5	0.646 3	0.708 4	0.763 4	0.799 8	0.703 9
3龄若虫 3 rd instar	捕食及其他 predation and others	0.902 1	0.860 0	0.946 3	0.939 8	0.927 3	0.922 0
	真菌寄生 parasitism	0.845 9	0.497 5	0.586 9	0.671 0	0.831 3	0.500 9
4龄若虫 4 th instar	捕食及其他 predation and others	0.775 3	0.986 4	0.982 2	0.934 7	0.909 1	0.954 3
	真菌寄生 parasitism	0.917 5	0.796 9	0.846 9	0.851 4	0.863 9	0.599 2
伪蛹 pupa	捕食及其他 predation and others	0.663 1	0.954 5	0.906 5	0.855 3	0.863 2	0.926 9
	真菌寄生 parasitism	0.989 5	0.995 3	0.997 5	0.904 5	0.856 6	0.945 2
成虫 adult	标准卵量 fecundity	400	400	400	400	400	400
	雌性概率 female sex ratio	0.551 3	0.551 3	0.551 3	0.551 3	0.551 3	0.551 3
	达标卵量概率 realized fecundity	0.337 9	0.270 8	0.270 8	0.270 8	0.270 8	0.270 8
	种群趋势指数(I) index of population trend	10.682 7	5.853 6	6.966 0	7.312 7	8.712 3	4.547 3
	干扰作用控制指数(IIPC) interference index of population control	1.000 0	0.538 9	0.641 3	0.673 2	0.802 0	0.418 6

2.2 不同浓度的玫烟色拟青霉对烟粉虱下一代种群的控制作用

在大田网室内,玫烟色拟青霉对烟粉虱下一代种群的控制效果见表2。在 1.0×10^8 、 1.0×10^7 、 1.0×10^6 、 $1.0 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,烟粉虱种群的趋势指数与对照区相比分别下降了约6.4、2.0、1.8和1.0倍。同防治当代烟粉虱的结果相似,玫烟色拟青霉对烟粉虱下一代种群的控制作用在 $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 的范围内与菌液孢子含量成正相关,含量越高,其控制效果越好。在连续2次使用 $1.0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,烟粉虱的种群趋势指数与对照相比下降了8.8倍,均低于其他处理区。从玫烟色拟青霉对烟粉虱种群干扰作用控制指数(IIPC)来看,在连续2次使用 $1.0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,对烟粉虱的IIPC最低(0.1017),其次是使用 $1.0 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,其IIPC为0.1348,在 $1.0 \times$

10^7 和 $1.0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,其IIPC相近,分别为0.3308和0.3469,在 $1.0 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ 菌液的处理区,其IIPC最高,为0.4826。以上分析表明对烟粉虱的下一代种群连续2次使用玫烟色拟青霉的控制效果(IIPC为0.1017)好于只使用1次玫烟色拟青霉的控制效果。

2.3 玫烟色拟青霉对烟粉虱种群控制作用的累积效应

玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的控制作用主要表现为累积控制效应。进一步对比表1和表2可以看出,玫烟色拟青霉对烟粉虱下一代种群的影响远大于对当代种群的影响,具体表现为在各处理区该菌株对烟粉虱下一代种群的IIPC比在相应孢子含量处理区中对当代烟粉虱的IIPC低。在烟粉虱的当代种群中,一部分个体被玫烟色拟青霉杀死,在死亡个体的虫尸上繁殖起来的玫烟色拟青霉分生孢子成为对

下一代烟粉虱种群的侵染源;还有一部分个体在玫烟色拟青霉作用下虽没有死亡,但此种状况下繁殖起来的烟粉虱种群,其生活力与繁殖力下降,即下一代烟粉虱种群的死亡率增加,其种群的达标卵量概

率比当代的低.在连续2次使用玫烟色拟青霉的处理区,烟粉虱的 IIPC 均低于其他的处理区,因为在间隔7 d 后对同一世代的烟粉虱再次使用玫烟色拟青霉,降低了烟粉虱种群的存活率.

表 2 玫烟色拟青霉作用下烟粉虱下一代的自然种群生命表

Tab.2 Life table of the second generation of *B. tabaci* on different concentration of *P. fumosoroseus* in greenhouse

虫期 stage	作用因子 mortality factor	烟粉虱各虫期的存活率 survival of all stage of <i>B. tabaci</i>					
		0(CK)	$1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$	$1 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ (2次)
卵 egg	捕食及其他 predation and others	0.959 7	0.974 3	0.969 6	0.967 0	0.979 0	0.971 4
	不孵 no hatch	0.950 4	0.950 4	0.950 4	0.950 4	0.950 4	0.950 4
1 龄若虫	捕食及其他 predation and others	0.826 9	0.805 7	0.781 7	0.776 2	0.756 0	0.806 4
1 st instar	真菌寄生 parasitism	0.904 3	0.655 1	0.719 2	0.718 6	0.798 4	0.599 8
2 龄若虫	捕食及其他 predation and others	0.403 7	0.420 8	0.410 2	0.413 2	0.417 0	0.501 2
2 nd instar	真菌寄生 parasitism	0.917 9	0.448 8	0.559 3	0.605 4	0.699 1	0.412 4
3 龄若虫	捕食及其他 predation and others	0.885 5	0.909 9	0.979 0	0.940 7	0.954 9	0.948 7
3 rd instar	真菌寄生 parasitism	0.895 4	0.578 5	0.794 8	0.813 5	0.889 3	0.527 9
4 龄若虫	捕食及其他 predation and others	0.795 9	0.910 9	0.886 9	0.872 1	0.833 1	0.824 6
4 th instar	真菌寄生 parasitism	0.907 1	0.601 2	0.701 1	0.756 3	0.802 3	0.584 1
伪蛹 pupa	捕食及其他 predation and others	0.701 3	0.723 1	0.782 3	0.733 4	0.720 9	0.753 1
	真菌寄生 parasitism	0.998 6	0.937 9	0.984 1	0.978 0	0.964 1	0.812 0
成虫 adult	标准卵量 fecundity	400	400	400	400	400	400
	雌性概率 female sex ratio	0.551 3	0.551 3	0.551 3	0.551 3	0.551 3	0.551 3
	达标卵量概率 realized fecundity	0.337 8	0.255 8	0.255 8	0.255 8	0.255 8	0.255 8
	种群趋势指数(I)	7.548 5	1.017 7	2.497 0	2.618 4	3.642 8	0.767 9
	index of population trend						
	干扰作用控制指数(IIPC)	1.000 0	0.134 8	0.330 8	0.346 9	0.482 6	0.101 7
	interference index of population control						

3 讨论与结论

本试验中玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的控制效果同所使用的浓度呈正相关,玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的控制作用主要表现为累积效应,对烟粉虱连续2代都使用玫烟色拟青霉可有效控制其种群数量的增长.本研究结果与陈斌等^[18]在云南的温室中防治烟粉虱的试验结果一致.与邱宝利等^[19]利用座壳孢对烟粉虱的控制效果相类似.

在网室试验时,烟粉虱种群为世代重叠的种群,在当代烟粉虱1、2龄若虫发生的高峰期使用玫烟色拟青霉,对其有较好的控制效果,但对卵的控制效果甚微;间隔7 d后再次使用玫烟色拟青霉,则能有效地侵染由卵发育成的新一批烟粉虱1、2龄若虫,这样有效地降低了烟粉虱的虫口基数,其控制效果好于每个世代只使用菌液1次的效果.同时,当代烟粉虱死亡虫体上新繁殖起来的玫烟色拟青霉分生孢子,可以成为对下一代烟粉虱的侵染源.因此,对烟

粉虱的连续世代都使用玫烟色拟青霉能有效地控制烟粉虱的危害.

玫烟色拟青霉对烟粉虱种群的影响,还表现为对新羽化成虫产卵量的影响.一部分烟粉虱虽被玫烟色拟青霉侵染,但在羽化前不足以致其死亡,这种状况下羽化出的成虫其产卵量一般来说是较低的.如果只用烟粉虱若虫的死亡率来评价玫烟色拟青霉的控制效果,则显然不合适.本文对这种影响进行了评价,从各处理区随机挑取一定数量的烟粉虱伪蛹,待其羽化后为成虫配对,测每对成虫的产卵量.结果表明,各处理区成虫的产卵量差异不大,但明显低于对照区成虫的产卵量.因此本文中各处理区的雌成虫的产卵概率相同.因为是从各处理区随机挑选的伪蛹,所以并不是所有新羽化出的成虫都受到过玫烟色拟青霉的影响,这样通过平均值法获得的平均产卵量比较接近大田中烟粉虱产卵的实际情况,能较真实地反映出实际的控制效果.

参考文献:

- [1] 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* [C] // GERLING D. Crop Protection Conference; Pest and Disease. London: British Crop Protection Council, 1998:837-842.
- [2] BROWN J K. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide [J]. FAO Plant Prot Bull, 1994, 42: 1-32.
- [3] REN Shun-xiang, WANG Zhen-zhong, QIU Bao-li, et al. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies [J]. Entomol Sinica, 2001, 18: 279-288.
- [4] HOROWITZ A R, FORER G, ISHAAYA I Z. Managing resistance in *Bemisia tabaci* in Israel with emphasis on cotton [J]. Pestic Sci, 1994, 42: 113-122.
- [5] DITTRICH V, ERNST G H, RUESCH O. Resistance mechanisms in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala, and Nicaragua [J]. J Econ Entomol, 1990, 83: 1665-1670.
- [6] DITTRICH V, ERNST G H. Chemical control and insecticide resistance in whiteflies [M] // GERLING D. Whiteflies, Their Bionomics, Pest Status and Management. Andover: Intercept Ltd, 1990:263-286.
- [7] 张芝利. 关于烟粉虱大发生的思考 [J]. 北京农业科学, 2000(增刊):1-3.
- [8] LACEY L A, FRANSEN J J, CARRUTHERS R I. Global distribution of naturally occurring fungi of *Bemisia*, their biologies and use as biological control agents [M] // GERLING D, MAYER R T. *Bemisia* 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Andover: Intercept Ltd, 1996, 401-433.
- [9] FARIA M, WRIGHT S P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi [J]. Crop Prot, 2001, 20: 767-778.
- [10] STERK G, BOLCKMANS K, EYAL J. A new microbial insecticide, *Paecilomyces fumosoroseus* strain Apopka 97, for the control of the greenhouse whitefly [C] // LANDBROW F. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference; Pests and Disease. Brighton: Univ Gent, 1996:451-466.
- [11] VIDAL C, OSBORNE L S, LACEY 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 greenhouse [J]. Biol Contr, 1998, 12: 191-199.
- [12] WRIGHT S P, CARRUTHERS R I, JARONSKI S T, et al. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for microbial control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* [J]. Biol Contr, 2000, 17: 203-217.
- [13] 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]. J Econ Entomol, 1997, 90: 765-772.
- [14] BOLCKMANS K, STERK G, EYAL J, et al. PreFeRal, (*Paecilomyces fumosoroseus* (wize) Brown and Smith, strain Apopka 97), a new microbial insecticide for the biological control of whiteflies in greenhouses [C] // LANDBROW F. Brighton: Univ Gent, 1995, 60: 719-724.
- [15] JACKSON M A, MCGUIRE M R, LACEY L A, et al. Liquid culture production of desiccation tolerant blastospores of the bioinsecticide fungus *Paecilomyces fumosoroseus* [J]. Mycol Res, 1997, 101: 35-41.
- [16] 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 [J]. 中国生物防治, 2004, 20: 248-251.
- [17] 庞雄飞, 梁广文. 害虫种群系统的控制 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1995: 24-30.
- [18] 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的协同防效评价 [J]. 应用生态学报, 2003, 14: 1934-1938.
- [19] 邱宝利, 任顺祥, 肖燕, 等. 蚜小蜂和粉虱座壳孢对烟粉虱的控制作用研究 [J]. 应用生态学报, 2003, 14: 2251-2254.

【责任编辑 周志红】