

吡蚜酮对烟粉虱取食干扰效应的探讨*

王海鸿¹ 雷仲仁^{1**} 岳梅¹ 李硕² 纪云亮²

(1. 中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100193;

2. 吉林农业大学农学院 吉林 130118)

摘要 采用甘兰叶片浸液法测定了吡蚜酮对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 成虫、卵、1 龄若虫和 3 龄若虫的致死作用。在所测试的浓度范围(9.38 ~ 300 mg/L)内,烟粉虱若虫和成虫的校正死亡率均随吡蚜酮浓度的增大而顺次显著增大。取食 75 ~ 150 mg/L、9.38 ~ 37.5 mg/L 吡蚜酮处理叶片和清水处理叶片的存活成虫个体单头蜜露量(分别为 0.37 ~ 0.42、0.59 ~ 0.72、1.48 mm²)间存在显著差异($P < 0.05$)。用 EPG 技术研究了吡蚜酮对烟粉虱口针刺吸的不同阶段和取食活性的影响。接触低浓度吡蚜酮(75 mg/L)时,最初粉虱能够正常开始取食,但不能从韧皮部正常吸取汁液。高浓度的吡蚜酮(300 mg/L)抑制了口针向植物的插入。综合上述结果,说明吡蚜酮可望成为防治番茄黄曲叶病毒病载体—烟粉虱的重要药剂之一。

关键词 吡蚜酮,烟粉虱,取食干扰,蜜露

Effect of pymetrozine interferes with feeding behaviour of *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae)

WANG Hai-Hong¹ LEI Zhong-Ren^{1**} YUE Mei¹ LI Shuo² JI Yun-Liang²

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Chinese Academy of Agricultural

Sciences, Beijing 100193, China; 2. Agricultural College, Jilin Agricultural University, Jilin 130118, China)

Abstract We tested the mortality and LC₅₀ of pymetrozine against whiteflies using the cabbage leaf-disc dipping method. The concentration of pymetrozine ranged between 9.38mg/L and 300mg/L and mortality was significantly dosage-dependent. There were significant differences in the honeydew quantities (0.37 – 0.42, 0.59 – 0.72 and 1.48 mm², respectively) of adults feeding on leaves dipped in 75 – 150, 9.38 – 37.5 and 0 mg/L pymetrozine ($P < 0.05$). The effect of pymetrozine on different phases of stylet penetration and feeding activity of individual whiteflies was studied using the Electrical Penetration Graph technique (EPG). When low-concentration pymetrozine (75 mg/L) was applied to leaves, whiteflies started feeding normally. However, after some time they withdrew their stylets from the phloem. Higher concentrations of pymetrozine (300 mg/L) inhibited stylet insertion into the plant. Therefore, pymetrozine may be one of the most effective chemicals for the control of sweet-potato whiteflies, which are vectors of tomato yellow-leaf curl viruses.

Key words pymetrozine, *Bemisia tabaci* feeding interference, honeydew

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是世界范围内严重为害蔬菜、经济作物和园艺作物的一种重要害虫(Perring, 1993; 曹凤勤等, 2008)。由于化学杀虫剂的频繁使用,该虫已经对包括昆虫生长调节剂和新烟碱类杀虫剂在内的多种化学农药产生了抗性(Elbert and Nauen, 2000; 何玉仙和黄建, 2005; Nauen and Denholm, 2005)。吡蚜酮

(pymetrozine)是一种新类型杀虫剂——吡啶类杀虫剂的代表。吡蚜酮具有对同翅目刺吸性害虫特有的选择性活力(Bedford *et al.*, 1998),对其它高等动物毒性低,在环境中能迅速降解等特性(Kristinsson, 1990; Muller, 1990; 刘永红和梅利科, 2000; 何茂华等, 2002)。吡蚜酮通过“口针穿透阻塞”(blockage of stylet penetration)机制使蚜虫

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803005)、国家大宗蔬菜产业技术体系(Ncytx-35-gw27)。

** 通讯作者 E-mail: leizhr@sina.com

收稿日期:2010-12-23, 接受日期:2011-01-07

停止取食,最终因饥饿致死(Harrewijn and Kayser, 1997),作用机制独特,在综合防治(IPM)中显示出很好的应用前景。已用来防治对吡虫啉等产生高度或极高度抗性的棉蚜种群(Foster *et al.*, 2002;杨焕青等,2009)。吡蚜酮能有效干扰烟粉虱(Polston and Sherwood, 2003)和蚜虫(Bedford *et al.*, 1998)对植物病毒的传播。摄取一定量的吡蚜酮能影响蚜虫的 EPG (Harrewijn and Kayser, 1997)。目前尚未有吡蚜酮对烟粉虱各虫态的毒力作用、对蜜露分泌的抑制作用以及对烟粉虱 EPG 影响的报道。本文开展这些试验,以期为该药应用于降低烟粉虱种群、控制番茄黄化曲叶病毒病(纠敏等,2006;周涛等,2010)提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和寄主植物

B 型烟粉虱采自中国农业科学院植物保护研究所温室内。在 GXZ 智能型光照培养箱(宁波江南仪器厂生产)内采用甘兰苗培养至少 10 代以上。光周期 L:D=14:10,光照和黑暗条件下温度分别设定为 27℃和 21℃。试验中所用甘兰叶均取自 4~6 片真叶完全展开的幼苗。

1.2 供试药剂和试验器材

95%的吡蚜酮原药(由中国农业科学院植物保护研究所袁会珠老师惠赠)。用无离子水稀释成 9.38、18.75、37.5、75、150、300 mg/L 6 个浓度,各浓度药液中均加入 5‰的 Tween-20,以无离子水为对照。

生物显微镜用载玻片(厚度 1.8~2 mm,面积 $(76\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}) \times (26\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm})$,江苏省海门县三厂镇热工仪表厂);金属镁条(纯度 99%以上,规格 0.2 mm×3.2 mm,中国洛阳铜加工厂);体视显微镜(日本 SANYO 有限公司);精密移液器(热电上海仪器有限公司);电子天平(赛多利斯科学仪器(北京)有限公司);RXZ 控湿温光照培养箱(宁波江南仪器有限公司)。EPG 信号放大器(荷兰 Wageningen 大学昆虫学实验室)。

1.3 试验方法

1.3.1 吡蚜酮对烟粉虱卵的毒力 取无虫的甘兰苗放入无虫笼内,接入烟粉虱成虫数头,任其产卵。24 h 后取下叶片,在解剖镜下每叶留 80—100 粒卵。将叶片放入系列浓度药液中浸泡 10 s,取出置室内自然晾干,再用清水湿润的脱脂棉(以不

滴水为准)包住叶柄放在玻璃培养皿(直径 9 mm)中(事先倒入 12 g/L 的琼脂 35 mm 厚,起到保湿和固定叶片的作用)。培养皿放入人工培养箱中培养。7 d 后在解剖镜下检查各处理的孵化卵数,计算死亡率。对照叶片用清水浸泡,其余操作相同。每处理重复 4 次。

1.3.2 吡蚜酮对烟粉虱若虫的毒力和蜜露分泌的影响 取无虫的甘兰苗放入无虫笼内,接入烟粉虱成虫数头,任其产卵。24 h 后赶走成虫,再把有卵的植株转移到无虫笼中培养待用。在产卵后第 7 天(1 龄若虫)和第 13 天(3 龄若虫),于体视显微镜下挑取叶片上过量的若虫,保证每处理有若虫 40—60 头。根据粉虱若虫分泌的蜜露滴落在氧化镁薄板上可形成清晰的圆坑,采用氧化镁薄板法记录蜜露滴数(王海鸿等,2009),然后将叶片浸入系列浓度药液中 10 s,取出置室内自然晾干。24 h 后再用同样方法记录蜜露滴数,在体视显微镜下统计氧化镁薄板上的圆坑数量分析施药前后若虫蜜露分泌情况。记录完蜜露滴数的叶片在体视显微镜下观察,根据若虫体色判断其死亡和存活,颜色鲜黄有光泽者为存活,否则为死亡。每处理重复 4 次。

1.3.3 吡蚜酮对烟粉虱成虫的毒力和蜜露分泌的影响 用打孔器将甘兰叶片制成叶饼(直径约 3.5 cm),浸入系列浓度药液中 10 s。取出放在室内自然晾干(约 1 h),然后将单个叶片正面朝下铺在直径 3.5 cm 的塑料培养皿中(以琼脂保湿,与上同)。将用打孔器打好的滤纸浸入 0.2% 的溴甲酚绿乙醇溶液中约 10 s,取出晾干后,放入培养皿中,粉虱分泌的蜜露滴落在滤纸上将形成深蓝色斑点。然后将事先在冰盒中冷冻几秒钟的成虫轻轻倒入皿内,每皿接入成虫 10—20 头(不分雌雄),盖好培养皿,并倒置于光照培养箱中。24 h 后检查烟粉虱成虫死亡情况和蜜露分泌情况。每处理重复 10 次。

1.3.4 EPG 记录 参照岳梅等(2006)的方法,将烟粉虱成虫连接到与 EPG 信号放大器相连的金丝上。分别记录 300、150 和 0 mg/L 吡蚜酮处理的甘兰叶片上烟粉虱取食的情况。每头粉虱只用于 1 个记录,每株植物仅用 1 次,每浓度处理叶片上的试验虫数均为 25 头,记录时间为 6 h,金丝直径 10 μm 。

1.4 数据分析方法

利用 EXCEL 进行毒力回归方程 $y = a + bx$ 、 LC_{50} 及其 95% 置信区间、标准误 (SE) 和卡方 (χ^2) 的计算 (黄剑和吴文君, 2004)。用单因素方差分析 (one way ANOVA) 比较取食不同浓度吡蚜酮和清水处理叶片的烟粉虱蜜露分泌的差异。取食不同浓度吡蚜酮处理叶片烟粉虱的同一 EPG 指标的差异应用独立样本的 t 检验进行分析。各处理间的显著性差异均设为 $P = 0.05$ 水平。

2 结果与分析

2.1 吡蚜酮对烟粉虱成虫的毒力和蜜露分泌的影响

吡蚜酮圆片浸液法处理甘兰叶片对烟粉虱成虫有较强的取食抑制和致死作用 (表 1, 取食 300 mg/L 吡蚜酮处理叶片 24 h 后烟粉虱全部死亡, 数据未列出)。在 9.375 ~ 150 mg/L 范围内, 随着吡蚜酮浓度增大, 致死作用增加 (毒力回归方程: $y = 2.47 + 1.73x$; LC_{50} (95% 置信限) 为 28.98 (12.78 ~ 65.78 mg/L)) 卡方值 $\chi^2 = 4.86 < \chi^2_{(3, 0.05)} = 7.82$, 故毒力回归方程与实际相符。取食 9.375 ~ 37.5、75 ~ 150 mg/L 吡蚜酮处理叶片和清水处理叶片的粉虱存活个体间单头蜜露分泌面积存在显著差异 ($P < 0.05$), 其中对照的单头粉虱蜜露分泌

量最大, 而烟粉虱的蜜露分泌量是与取食量呈正比的, 说明在取食了吡蚜酮处理的叶片 24 h 后, 部分烟粉虱成虫虽然没有立即死亡, 但已经停止了取食, 或者是由于吡蚜酮导致烟粉虱整体取食能力下降所致。

2.2 烟粉虱的 EPG 情况

从表 2 中可以看出, 一定浓度的吡蚜酮能改变烟粉虱的 EPG 波形。烟粉虱在摆放到未经吡蚜酮处理的植物上几分钟内开始刺吸, 并形成正常的 EPG 波形。在 75 mg/L 吡蚜酮处理叶片上的绝大部分的烟粉虱产生了正常顺序的电位模式和 E_2 波形, 但是第一次刺探和第一次成功到达韧皮部之前所需时间显著长于无处理叶片上的个体。然而, 反映昆虫吸取汁液的 E_2 波形均未持续下去, 要么从 E_2 转换为 C 形, 要么昆虫完全拔出口针。在观察的 6 h 内, 在 300 mg/L 吡蚜酮处理叶片上的烟粉虱没有一头向叶片内插入口针, 粉虱只是在叶表面行走, 但没有与叶片发生电接触。大部分的粉虱在 24 h 内死亡。

2.3 吡蚜酮对烟粉虱若虫的毒力和蜜露分泌的影响

吡蚜酮处理叶片和清水处理的甘兰叶片上的粉虱 1 龄和 3 龄若虫存活个体间单头蜜露分泌滴

表 1 吡蚜酮叶片浸液法处理甘兰叶片对烟粉虱成虫存活率和蜜露分泌的影响

Table 1 The effect of cabbage leaf dipped into pymetrozine on *B. tabaci* adult survival and honeydew excretion

	吡蚜酮浓度 (mg/L)					
	Concentration of pymetrozine (mg/L)					
	150	75	37.5	18.75	9.38	CK
试虫数 (头)	128	164	166	200	192	119
Number of test insect (head)						
死虫数 (头)	125	125	90	65	21	4
Number of dead insect (head)						
死亡率 (%)	97.65	76.22	54.21	32.50	10.94	3.36
Mortality rate (%)						
活虫数 (头)	3	39	76	136	171	115
Number of live insect (head)						
蜜露分泌面积 (mm ²)	1.11	16.38	44.84	89.76	123.12	178.05
Area of honeydew excretion (mm ²)						
单头粉虱蜜露分泌面积 (mm ²)	0.37 ± 0.02c 0.42 ± 0.05c 0.59 ± 0.08b 0.66 ± 0.04b 0.72 ± 0.06b 1.48 ± 0.09a					
Area of honeydew excretion per whitefly (mm ²)						

注: 同行不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著, 下表同。

Data in the same row with different letters are significantly different at $P < 0.05$. The same below.

表 2 烟粉虱成虫取食不同吡蚜酮浸叶浓度的波形分析

Table 2 Waveform analysis of adult *B. tabaci* at different pymetrozine concentrations

指标 Parameter	吡蚜酮浸叶浓度 (mg/L) Concentration of pymetrozine for leaf-dipping (mg/L)		
	0	75	300
第一次刺探的时间 (min)	3.6 ± 2.8	180 ± 76.5	—
Time to 1st probe (min)			
第一次成功到达韧皮部的时间 (min)	15 ± 8.9	> 280	—
Time to 1st phloem stage (min)			
第一次和第二次刺探的间隔 (min)	3 ± 2.2	> 200	—
Duration between 1st and 2nd probe (min)			
最长的 E ₂ 波形	> 5.5 h	< 10 min	—
The longest E ₂ waveform			
24 h 内的死亡率 (%)	3.36	76.22	100
Mortality within 24 h (%)			

表 3 吡蚜酮浸叶法处理甘兰叶片对烟粉虱 1 龄若虫死亡率的影响

Table 3 The effect of cabbage leaf dipped into pymetrozine on *B. tabaci* first-instar nymph mortality

吡蚜酮浓度 (mg/L) Concentration of pymetrozine (mg/L)	300	150	75	37.5	18.75	9.38	CK
试虫数 (头)	169	203	196	177	221	167	147
Number of test insect (head)							
死虫数 (头)	155	144	97	53	19	8	7
Number of dead insect (head)							
死亡率 (%)	91.7	70.9	49.5	29.9	8.6	4.8	4.8
Mortality (%)							
存活数 (头/叶)	3.7 ± 0.5	16.2 ± 2.1	24.9 ± 2.2	30.5 ± 3.1	49.8 ± 1.4	38.2 ± 2.7	35.9 ± 2.3
Number of live insect (head/leaf)							
蜜露数 (滴/叶)	29.3 ± 1.9	128.7 ± 3.4	193.5 ± 3.7	230.9 ± 4.2	368.49 ± 5.5	289.7 ± 2.8	264.07 ± 4.3
Number of honeydew (droplet/leaf)							
单头分泌蜜露数 (滴)	7.12 ± 0.7a	7.94 ± 0.3a	7.77 ± 1.8a	7.57 ± 2.2a	7.22 ± 1.0a	7.58 ± 1.5a	7.17 ± 1.6a
Number of honeydew per whitefly (droplet/leaf)							

表 4 吡蚜酮浸叶法处理甘兰叶片对烟粉虱 3 龄若虫死亡率的影响

Table 4 The effect of cabbage leaf dipped into pymetrozine on *B. tabaci* third-instar nymph mortality

吡蚜酮浓度 (mg/L) Concentration of pymetrozine (mg/L)	300	150	75	37.5	18.75	9.375	CK
试虫数 (头)	199	164	166	242	224	142	159
Number of test insect (head)							
死虫数 (头)	173	111	72	69	34	7	7
Number of dead insect (head)							
死亡率 (%)	86.9	67.7	43.4	28.5	15.2	4.9	4.4
Mortality (%)							
存活数 (头/叶)	7.3 ± 0.2	12.5 ± 0.7	23.3 ± 1.1	42.8 ± 2.1	48 ± 0.9	34.2 ± 0.7	38.2 ± 0.4
Number of live insect (head/leaf)							
蜜露数 (滴/叶)	45.2 ± 2.6	69.6 ± 1.6	136.3 ± 3.0	237.9 ± 2.8	275.6 ± 4.2	201.3 ± 1.9	218.5 ± 3.1
Number of honeydew (droplet/leaf)							
单头分泌蜜露数 (滴)	6.3 ± 1.6 a	5.6 ± 0.8 a	5.9 ± 1.1 a	5.56 ± 1.7 a	5.7 ± 1.6 a	5.9 ± 0.6 a	5.7 ± 0.6 a
Number of honeydew per whitefly (droplet/leaf)							

数无显著差异($P < 0.05$) (表 3 和表 4),说明吡蚜酮对烟粉虱 1 龄和 3 龄若虫没有抑制取食作用,但是有较强的致死作用。在 9.375 ~ 300 mg/L 浓度范围内,随着吡蚜酮浓度增大,若虫死亡率增加。1 龄若虫的毒力回归方程的斜率大于 3 龄若

虫,说明 1 龄若虫对于吡蚜酮更敏感(表 5)。

2.4 吡蚜酮对烟粉虱卵的毒力

与清水对照相比,吡蚜酮(在 9.38 ~ 300 mg/L 范围内)浸叶法处理甘兰叶片对烟粉虱卵的孵化率没有显著影响($P > 0.05$)。

表 5 吡蚜酮浸叶法处理甘兰叶片对烟粉虱若虫的毒力

Table 5 The toxicity of cabbage leaf dipped into pymetrozine on *B. tabaci* nymph

烟粉虱龄期 Instar of nymph	毒力回归方程 Toxicity regression equation	LC ₅₀ (95% 置信限) (mg/L) Median lethal concentration (95% confidence limits) (mg/L)	卡方值 (X^2) Chi-square (X^2)	标准误 Standard error
1 龄 First-instar	$y = 2.57 + 2.32x$	11.05 (6.23 ~ 19.58)	6.67	0.13
3 龄 Third-instar	$y = 2.16 + 1.87x$	32.93 (17.05 ~ 63.58)	2.27	1.52

注:卡方值均小于 $\chi^2_{(3, 0.05)} = 7.82$,故毒力回归方程与实际相符。
 $\chi^2 < \chi^2_{(3, 0.05)} = 7.82$ shows that toxicity regress equation is practical.

表 6 吡蚜酮浸叶法处理甘兰叶片对烟粉虱卵孵化的影响

Table 6 The effect of cabbage leaf dipped into pymetrozine on *B. tabaci* egg hatching

吡蚜酮浓度 (mg/L) Concentration of pymetrozine (mg/L)	300	150	75	37.5	18.75	9.38	CK
产卵数 (粒) Number of eggs (grain)	221	114	231	141	122	177	204
孵化数 (粒) Number of eggs hatched (grain)	217	109	226	139	118	169	199
孵化率 (%) Proportion of hatch (%)	98.19 a	95.6 a	97.83 a	98.58 a	96.72 a	95.5 a	97.54 a

3 结论与讨论

本研究发现,在 18.75 ~ 300 mg/L 的浓度范围内,吡蚜酮浸叶法对烟粉虱卵的孵化没有显著影响,但对于烟粉虱 1 龄和 3 龄若虫均有显著的毒杀作用。尤其重要地是,一定浓度的吡蚜酮对于烟粉虱成虫的取食有显著的抑制作用。

烟粉虱是引起生产上毁灭性病害的番茄黄曲叶病毒(TYLCV)的传播载体(纠敏等,2006)。虽然有大量的防治措施可以用于烟粉虱(马瑞燕,2005),但是能够降低病毒传播的杀虫剂却很有限。本研究表明,烟粉虱能够在低浓度的吡蚜酮处理过的植物上刺探和取食一段时间,但是无法有效地从韧皮部吸取汁液;高浓度的吡蚜酮处理过的植物则完全抑制了烟粉虱对叶片的插入。取食韧皮部汁液是获得和传播 TYLCV 的关键。在有效浓度的吡蚜酮处理的植物上,烟粉虱成虫不

能持续的取食。因此,吡蚜酮有望在控制烟粉虱发生和抑制病毒病传播方面发挥重要作用。

参考文献 (References)

Bedford ID, Kelly A, Banks GK, Fuog D, Markham PG, 1998. The effect of pymetrozine, a feeding inhibitor of Homoptera, in preventing transmission of cauliflower mosaic caulimovirus by the aphid species *Myzus persicae* (Sulzer). *Ann. Appl. Biol.*, 132:453—462.

曹凤勤,刘万学,范中南,万方浩,程立生,2008. B 型烟粉虱对三种寄主植物及其挥发物的行为反应. *昆虫学报*, 51 (8):830—838.

Elbert A, Nauen R, 2000. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Management Science*, 56: 60—64.

Foster SP, Denholm I, Thompson R, 2002. Bioassay and field-simulator studies of the efficacy of pymetrozine against peach-potato aphids, *Myzus persicae* (Hemiptera:

- Aphididae), possessing different mechanisms of insecticide resistance. *Pestmanag. Sci.* 58: 805—810.
- Harrewijn P, Kayser H, 1997. Pymetrozine, a fast-acting and selective inhibitor of aphid feeding. *in-situ* studies with electronic monitoring of feeding behaviour. *Pestic. Sci.*, 49: 130—140.
- 何茂华, 罗万春, 慕立义, 2002. 防止蚜虫、白粉虱的新颖杀虫剂—吡蚜酮. *世界农药* 29(2): 46—47.
- 何玉仙, 黄建, 烟粉虱抗药性的研究进展. *华东昆虫学报*, 2005. 14(4): 336—342.
- 黄剑, 吴文君, 2004. 利用 EXCEL 快速进行毒力测定中的致死中量计算和卡方检验. *昆虫知识*, 41(6): 594—598.
- 纠敏, 周雪平, 刘树生, 2006. 烟粉虱传播双生病毒研究进展. *昆虫学报*, 49(3): 513—520.
- Kristinsson, 1990. Pesticides. US 4931439.
- 刘永红, 梅利科, 2000. 新型高效安全杀虫剂吡蚜酮. *四川化工与腐蚀控制* 3(4): 51—53.
- 马瑞燕, 2005. 入侵种烟粉虱及其持续治理. 北京: 科学出版社.
- Muller, 1990. Preparation of 4-amino-1, 2, 4-triazol-5-one. US 4952701.
- Nauen R, Denholm I, 2005. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticide: Current status and future prospects. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 58: 200—215.
- Perring MT. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74—77.
- Polston JE, Sherwood T, 2003. Pymetrozine interferes with transmission of tomatoyellow leaf curl virus by the whitefly *Bemisia tabaci*. *Phytoparasitica*, 31(5): 490—498.
- 王海鸿, 问锦曾, 雷仲仁, 2009. 估计粉虱若虫存活数量的新方法——氧化镁薄板法. *昆虫知识*, 46(2): 309—401.
- 杨焕青, 王开运, 王红艳, 史晓斌, 牛芳, 2009. 抗吡虫啉棉蚜种群对吡蚜酮等药剂的交互抗性及其施药对其生物学特性的影响. *昆虫学报* 52(2): 175—182.
- 岳梅, 罗晨, 郭晓军, 张芝利, 2006. B 型烟粉虱在甘蓝、西葫芦和辣椒上的刺吸取食行为. *昆虫学报*, 49(4): 625—629.
- 周涛, 师迎春, 陈笑瑜, 范在丰, 2010. 北京地区番茄黄化曲叶病毒病的鉴定及防治对策. *植物保护*, 36(2): 116—118.

蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ对烟粉虱的忌避与拒食活性^{*}

洪慧金 杨艺华 王联德^{**}

(福建农林大学 生物农药与化学生物学教育部重点实验室 福州 350002)

摘要 蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ和化学合成的吡啶-2,6-二羧酸(DPA)对烟粉虱成虫的忌避作用均表现出忌避与拒食活性。利用罩叶选择法测定了蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ和DPA对烟粉虱成虫的忌避与拒食活性。试验表明蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ和DPA对烟粉虱具忌避与拒食作用活性,100 mg·L⁻¹毒素Ⅷ的忌避率与拒食率分别为41%和23%。

关键词 蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ 吡啶-2,6-二羧酸 烟粉虱 忌避 拒食

Repellence and feeding deterrence of *Verticillium lecanii* toxic-Ⅷ against *Bemisia tabaci*

HONG Hui-Jin YANG Yi-Hua WANG Lian-De^{**}

(Key Laboratory of Biopesticide and Chemical Biology, MOE, Fujian Agriculture & Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract Both the dipicolinic acid, toxin Ⅷ, produced by the fungus *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viégas and an artificially synthesized version of this compound, were effective in repelling *Bemisia tabaci* (Gennadius) adults. The effectiveness of these compounds was tested using a choice experiment. The results show that both natural and synthetic toxic-Ⅷ had similar deterrence values against *B. tabaci* of 41% and 23% respectively.

Key words *Verticillium lecanii* toxic-Ⅷ, dipicolinic acid, *Bemisia tabaci*, repellence, feeding deterrence

蜡蚧轮枝菌 *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viégas 是寄生粉虱的一种重要昆虫病原真菌。然而要诱发害虫真菌病流行达到控制种群,必需有较高的环境湿度,而高湿度往往造成植物病害的发生(范晓莉等 2003);这种高湿度的苛求和稳定性差的特性成为杀虫真菌成功开发的一个“瓶颈”(顾宝根和姜辉,2000)。克服这个“瓶颈”最有效的方法之一,是利用虫生真菌产生的具有杀虫活性的代谢产物——虫生真菌毒素。虫生真菌毒素是一类相对稳定性强、受环境影响相对较小的低分子量天然杀虫产物。然而由于受植物病原真菌毒素污染食物和饲料的传统影响,虫生真菌毒素长期以来没有得到很好的开发,至今仍未有产品的成功开发(Aabendstein *et al.*, 2000)。Kanaoka 等(1978)从蜡蚧轮枝菌中分离出一种具有生物活性的环状多肽,我国学者也开展了利用该菌代谢粗提物对粉虱、蚜虫、菜青虫和小菜蛾毒杀作用的

研究,证实了该菌毒素的田间杀虫效果(李国霞等,1995;王克勤等,2000;刘春来等,2003;张仙红等,2003;王联德和黄建,2006a;2006b;王联德等,2007)。迄今为止,分离到10种蜡蚧轮枝菌杀虫毒素(王联德等,2010)。作者分离并鉴定了蜡蚧轮枝菌杀虫毒素4化合物,其中,蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ对烟粉虱不仅表现出触杀作用,还表现出产卵和取食忌避活性(王联德和黄建,2006b)。研究蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ(吡啶二羧酸)对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 杀虫活性以及取食、产卵忌避作用,以期对开发和利用蜡蚧轮枝菌毒素Ⅷ的进一步研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试毒素

生物测定所用毒素为用化学品98%的吡啶-2,6-二羧酸(dipicolinic acid, DPA)(国药集团化学

^{*} 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803005)、国家自然科学基金(30771452)、福建省科技计划重点项目(2007I0004)。

^{**} 通讯作者, E-mail: wangliande@yahoo.com

收稿日期:2010-12-23,接受日期:2011-01-07