

· 研究论文 ·

亚致死浓度氯虫苯甲酰胺 对小菜蛾药剂敏感度和解毒酶活性的影响

邢 静, 梁 沛*, 高希武

(中国农业大学 昆虫学系 北京 100193)

摘 要:采用叶片药膜法,使用亚致死浓度(LC_{10} 、 LC_{25})的氯虫苯甲酰胺对小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 3 龄幼虫连续处理 5 代后,试虫对氯虫苯甲酰胺的敏感度分别比敏感品系下降了 57.3% 和 67.7%,同时对多杀菌素的敏感度也分别下降了 60.2% 和 51.5%,但对毒死蜱和高效氯氰菊酯的敏感度变化不明显。采用该浓度的氯虫苯甲酰胺分别处理小菜蛾 3 龄幼虫 24、48 和 72 h,可诱导其羧酸酯酶(CarE)比活力上升,但对细胞色素 P450 *O*-脱乙基酶(ECOD)、谷胱甘肽 *S*-转移酶(GSTs)和芳基酰胺酶(AA)有明显的抑制作用;连续处理 5 代后,小菜蛾 CarE 和 ECOD 的比活力显著高于对照组,分别为对照组的 1.16、1.40 倍和 1.65、1.56 倍,但 GSTs 和 AA 的比活力则分别比对照下降了 11.0%、27.5% 和 43.6%、52.5%。结果表明,小菜蛾对氯虫苯甲酰胺产生抗性的风险较高;羧酸酯酶和多功能氧化酶可能与小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的敏感度下降有关。

关键词:氯虫苯甲酰胺;小菜蛾;亚致死浓度;敏感度;解毒酶

DOI: 10.3969/j.issn.1008-7303.2011.05.05

中图分类号:S481.1;S482.3;S481.4

文献标志码:A

文章编号:1008-7303(2011)05-0464-07

Effects of sublethal concentrations of chlorantraniliprole on insecticide susceptibility and detoxifying enzyme activity in *Plutella xylostella*

XING Jing, LIANG Pei*, GAO Xi-wu

(Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: By using the leaf-dip method, effects of sublethal concentrations of chlorantraniliprole on insecticide susceptibility and detoxifying enzyme activity in the larvae of diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella*, were investigated. After continuous treatment with sublethal concentrations (LC_{10} and LC_{25}) of chlorantraniliprole for five generations, the susceptibility of DBM to chlorantraniliprole and spinosad decreased by 57.3%, 67.7% and 60.2%, 51.5% respectively, compared to the untreated control, but kept susceptible to chlorpyrifos and beta-cypermethrin. When the 3rd instar larvae were treated with chlorantraniliprole at concentration of LC_{10} and LC_{25} for 24, 48 and 72 h, the specific activity of carboxylesterase (CarE) was induced, but the specific activity of cytochrome P450 *O*-deethylase (ECOD), glutathione *S*-transferase (GSTs) and aryl amidase were significantly inhibited. After

收稿日期:2011-03-29;修回日期:2011-04-19.

作者简介:邢静(1986-),女,山东博兴县人,硕士研究生,E-mail: jingx926@163.com; * 通讯作者(Author for correspondence):梁沛(1970-),男,陕西凤翔人,博士,副教授,主要从事昆虫毒理学研究,电话:010-62731306, E-mail: liangcau@sohu.com

基金项目:国家自然科学基金项目(30971941, 30671389);公益性农业行业专项课题(201103021)。

continuous treatment with LC_{10} and LC_{25} of chlorantraniliprole for 5 generations, the CarE and ECOD activity of the DBM were increased significantly to 1.16–1.40-fold and 1.65–1.56-fold respectively, whereas the specific activity of GSTs and aryl amidase was decreased by 11.0%, 27.5% and 43.6%, 52.5% respectively, comparing to those of the untreated control. These results suggested that the diamondback moth may have high risk of developing resistance to chlorantraniliprole, and the carboxylesterase and mixed function oxidase may be involved in the resistance of the DBM to chlorantraniliprole.

Key words: chlorantraniliprole; *Plutella xylostella*; sublethal concentrations; susceptibility; detoxifying enzymes

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 是为害十字花科蔬菜的重要害虫, 由于目前仍以化学药剂防治为主, 其已对多种杀虫剂产生了抗性, 其中包括有机氯、有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、昆虫生长调节剂和苏云金芽胞杆菌 (Bt)、噁二嗪、阿维菌素、苯吡唑、多杀菌素类等^[1-2]。

氯虫苯甲酰胺 (chlorantraniliprole) 是一种全新的邻酰胺基苯甲酰胺类杀虫剂^[3-4], 作用方式新颖: 其通过与鱼尼丁受体结合, 激活钙离子通道, 引起细胞内钙库中的钙离子过度释放, 使肌肉细胞丧失收缩功能^[5], 从而使害虫表现为迅速停止进食、乏力、反胃和肌肉瘫痪, 直至死亡^[6-7]。氯虫苯甲酰胺几乎可防治所有重要的鳞翅目害虫和部分鞘翅目、双翅目和半翅目害虫, 还可有效防治已对其他杀虫剂产生抗性的害虫^[8]。

杀虫剂施用于田间后, 除了对昆虫的直接杀死作用外, 由于个体间接触药量的差异及药剂的降解, 对部分个体还可能存在着亚致死效应, 包括引起害虫生物学和生态学行为的改变、生殖力的变化、抗药性的发展等^[9-11]。氯虫苯甲酰胺在田间使用后对小菜蛾同样可能存在亚致死效应, 但目前国内外尚未见相关报道。本研究主要考查了经亚致死浓度 (LC_{10} 和 LC_{25}) 的氯虫苯甲酰胺连续处理 5 代后, 小菜蛾对不同药剂的敏感度以及短期和长期处理后小菜蛾体内 4 种解毒酶活性的变化, 以期氯虫苯甲酰胺在田间的合理使用及小菜蛾的综合防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 试虫及其饲养

共设 7 个供试小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 品系: 海南、云南、天津敏感品系及阿维菌素敏感品系分别来自海南、云南、天津及河北宣化田间自然种群, 饲养多年未接触任何药剂; 吡喃虫酰肼敏感品系

为本实验室长期饲养, 未接触任何药剂; 阿维菌素抗性品系 (抗性约 250 倍) 和吡喃虫酰肼抗性品系 (抗性约 300 倍) 均为本实验室筛选所得。室内饲养使用蛭石萝卜苗法^[12], 饲养条件: 温度 (25 ± 1) °C, 相对湿度 70%~90%, 光暗周期 16:8 (L:D)。

1.2 药剂及试剂

20% 氯虫苯甲酰胺 (chlorantraniliprole) 悬浮剂 (SC), 美国杜邦公司; 20% 氟虫双酰胺 (flubendiamide) 水分散粒剂 (WG), 日本农药株式会社; 95.3% 毒死蜱 (chlorpyrifos) 原药, 山东华阳化工有限公司; 99% 高效氯氰菊酯 (*beta*-cypermethrin) 原药, 江苏扬农化工集团; 90.4% 多杀菌素 (spinosad) 原药, 美国陶氏益农公司。

乙酸- α -萘酯 (α -NA)、毒扁豆碱 (eserine)、2,4-二硝基氯苯 (CDNB)、还原型谷胱甘肽 (GSH)、苯甲基磺酰氟 (PMSF)、二巯苏糖醇 (DTT)、7-乙氧基香豆素、固蓝 B 盐、十二烷基硫酸钠 (SDS) 和牛血清白蛋白 (BSA) 均为美国 Sigma 公司产品; 对硝基乙酰苯胺和对硝基苯胺购自国药集团上海化学试剂有限公司; 其余试剂均为分析纯。

1.3 主要仪器

Bio-40 型双光束扫描紫外分光光度计及 LS55 型荧光分光光度计 (美国 Perkin Elmer 公司); 5417R 型台式冷冻离心机 (德国 Eppendorf 公司)。

1.4 生物活性测定

参照 Shelton 等^[13] 和 Liang 等^[14] 改进的叶片药膜法。

1.5 解毒酶活性测定

羧酸酯酶 (CarE) 活性参照夏冰等^[15] 改进的方法测定; 谷胱甘肽 S-转移酶 (GSTs) 活性参照梁沛等^[16] 改进的方法测定。

细胞色素 P450 7-乙氧基香豆素脱乙基酶 (ECOD) 活性参照 Aitio^[17] 和 Greenlee 等^[18] 的方法测定, 但有改进。取处理不同时间的小菜蛾 4 龄幼

虫 10 头,加入预冷的 0.1 mol/L、pH 7.5 的磷酸盐缓冲液(含质量分数为 10% 的甘油、1 mmol/L DTT、1 mmol/L PMSF 和 1 mmol/L 乙二胺四乙酸 EDTA),冰浴下充分匀浆,于 10 000 × g、4 °C 下离心 20 min,取上清液作为酶源,冰浴保存备用。试管中依次加入 705 μL 0.1 mol/L、pH 7.8 的 Tris-HCl 缓冲液,25 μL 2 mmol/L 的 7-乙氧基香豆素,20 μL 6 mmol/L 的还原型辅酶 II (NADPH) 和 250 μL 粗酶液,于 34 °C、220 r/min 的恒温摇床上反应 10 min。立即将反应试管放入冰中并加入 300 μL、15% (W/V) 的三氯乙酸终止反应,于 10 000 × g 下离心 3 min。取 1 mL 上清液加入 450 μL 1.6 mol/L、pH 10.3 的甘氨酸-氢氧化钠,用荧光分光光度计测定产物 7-羟基香豆素的荧光值,激发波长 368 nm,发射波长 456 nm,狭缝宽度分别为 5 和 10 nm。对照在加入三氯乙酸后补加相同量的酶液。实验设 3 个重复,每重复平行测定 3 次。以 7-羟基香豆素标准品测定结果绘制标准曲线,计算 ECOD 的比活力,单位为 pmol/(min · mg pro.)。

芳基酰胺酶(AA)活性参照 Yu 等^[19]的方法测定,有改进。取处理后不同时间的小菜蛾 4 龄幼虫 10 头,加入预冷的 0.05 mol/L、pH 7.5 的磷酸盐缓冲液,冰浴下充分匀浆,10 000 × g、4 °C 下离心 20 min,取上清液作为酶源,冰浴保存备用。试管中依次加入 1.85 mL 0.05 mol/L、pH 7.5 的磷酸盐缓

冲液 0.5 mL 1.2 × 10⁻³ mol/L 的对硝基乙酰苯胺和 0.65 mL 粗酶液,于 35 °C 恒温水浴中反应 30 min,立即置于沸水浴中 10 min 终止反应。10 000 × g 下离心 3 min,取上清液,在紫外分光光度计上于 405 nm 下测定吸光度值。对照中补加煮沸 10 min 后失活的酶液。实验设 3 个重复,每重复平行测定 3 次。以对硝基苯胺标准品测定结果绘制标准曲线,计算 AA 的比活力,单位为 nmol/(min · mg pro.)。

1.6 蛋白质含量测定

采用 Bradford^[20]考马斯亮蓝 G-250 方法。

1.7 数据统计分析

假如生物活性测定结果中不同 LC₅₀ 的 95% 置信限重叠则认为其差异不显著。不同处理间酶活性比较采用 GraphPad InStat 3.0^[21] 软件进行 one-way ANOVA 分析。

2 结果与分析

2.1 氯虫苯甲酰胺对 7 个品系小菜蛾的毒力

表 1 显示了 7 个品系小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的敏感度。从中可以看出,氯虫苯甲酰胺对天津品系的 LC₅₀ 值最低,因此选择其作为后续试验的敏感品系,并计算得其 LC₁₀ 和 LC₂₅ 值分别为 0.01 和 0.025 mg/L,以此浓度为亚致死浓度分别处理后试验中的小菜蛾。

表 1 氯虫苯甲酰胺对 7 个品系小菜蛾的毒力

Table 1 Toxicity of chlorantraniliprole to seven strains of *Plutella xylostella*

小菜蛾品系 Strains	回归方程斜率 Slope ± SE	LC ₅₀ (95% CL) / (mg/L)	卡方值(df)* χ ² (df)
海南品系 Hainan strain	1.475 ± 0.125	0.078(0.060 ~ 0.102)	13.09(19)
云南品系 Yunnan strain	2.013 ± 0.185	0.195(0.160 ~ 0.237)	16.42(19)
天津品系 Tianjin strain	1.771 ± 0.170	0.059(0.048 ~ 0.074)	10.79(19)
阿维菌素抗性品系 abamectin-R strain	1.512 ± 0.222	0.130(0.091 ~ 0.183)	12.64(19)
阿维菌素敏感品系 abamectin-S strain	1.531 ± 0.163	0.104(0.082 ~ 0.135)	17.11(19)
呋喃虫酰胺抗性品系 fufenozide-R strain	1.940 ± 0.199	0.299(0.230 ~ 0.406)	25.23(19)
呋喃虫酰胺敏感品系 fufenozide-S strain	2.087 ± 0.196	0.187(0.153 ~ 0.230)	12.73(19)

* df: 自由度 Degree of freedom.

2.2 亚致死浓度氯虫苯甲酰胺连续处理后小菜蛾品系的敏感度变化

用 LC₁₀ 和 LC₂₅ 浓度的氯虫苯甲酰胺分别连续处理小菜蛾天津敏感品系 5 代后,其 LC₅₀ 值明显增加,表明试虫对该药剂的敏感度下降。其中到第 5 代时,LC₁₀ 浓度处理组的 LC₅₀ 值为敏感品系的 2.3 倍,LC₂₅ 浓度处理组的 LC₅₀ 值则上升至敏感品

系的 3.1 倍(图 1)。

2.3 亚致死浓度氯虫苯甲酰胺连续处理后小菜蛾对不同杀虫剂的敏感度变化

用 LC₁₀ 和 LC₂₅ 浓度的氯虫苯甲酰胺分别连续处理小菜蛾天津敏感品系 5 代后,2 个处理组试虫对其他 4 种杀虫剂的敏感度见表 2。与敏感品系(SS-CK)相比,LC₁₀ 和 LC₂₅ 处理品系(Sub-LC₁₀ 和

Sub- LC_{25}) 对多杀菌素的敏感度分别下降了 60.2% 和 51.5% ,但对毒死蜱、高效氯氰菊酯和氟虫双酰胺的敏感度均无明显变化。

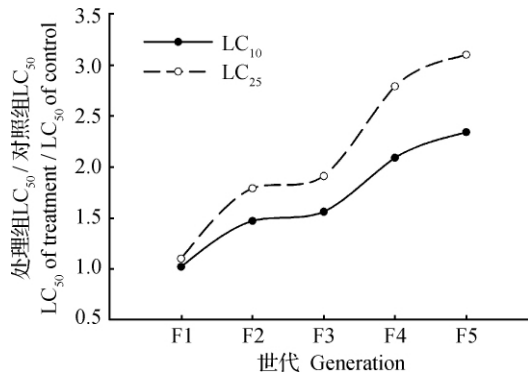


图1 经亚致死浓度氯虫苯甲酰胺连续处理后小菜蛾对该药剂敏感度的变化

Fig. 1 Changes of susceptibility of *Plutella xylostella* to chlorantraniliprole after continuous treatment with sublethal concentrations of chlorantraniliprole

2.4 亚致死浓度氯虫苯甲酰胺处理对小菜蛾4种解毒酶活性的影响

采用 LC_{10} 和 LC_{25} 浓度的氯虫苯甲酰胺分别处理小菜蛾天津敏感品系3龄幼虫24、48和72 h后,其CarE比活力分别增加至对照组的1.36、1.48、1.64倍和1.49、1.67、2.11倍,且酶活性随处理时间的延长而不断升高。同时, LC_{25} 浓度处理组的CarE比活力明显高于 LC_{10} 处理组。连续处理5代后, LC_{10} 和 LC_{25} 处理组的CarE比活力仍显著高于对

照组,分别为对照组的1.16和1.40倍,且 LC_{25} 处理组的活性比 LC_{10} 处理组高20%(图2A)。

经 LC_{10} 和 LC_{25} 浓度的氯虫苯甲酰胺分别处理小菜蛾3龄幼虫24、48和72 h后,其GSTs比活力分别比对照组降低了17.3%、19.7%、34.2%和39%、43.5%、36.3%,且 LC_{25} 比 LC_{10} 浓度处理对GSTs比活力的抑制作用更明显。两个浓度下连续处理5代后,小菜蛾GSTs比活力也均显著低于对照组(图2B)。

LC_{10} 和 LC_{25} 浓度的氯虫苯甲酰胺处理后72 h内对小菜蛾3龄幼虫的P450 ECOD比活力均表现出一定的抑制作用。其中, LC_{10} 处理组的ECOD比活力在24、48和72 h后分别是对照组的84.0%、92.4%和76.7%, LC_{25} 处理组则分别是对照组的57.0%、82.3%和70.4%。但连续处理5代后, LC_{10} 和 LC_{25} 处理组的ECOD比活力均显著高于敏感品系,分别是敏感品系的1.65和1.56倍(图2C)。

该亚致死浓度的氯虫苯甲酰胺处理对小菜蛾AA的比活力同样也表现为抑制作用。 LC_{10} 浓度处理组AA比活力在处理24、48和72 h时分别是对照组的76.7%、75.1%和62.7%; LC_{25} 浓度处理组则分别只有对照组的64.0%、52.7%和46.4%,差异显著($P < 0.05$)。经 LC_{10} 和 LC_{25} 浓度连续处理5代后,其AA比活力均显著低于对照组($P < 0.05$),分别仅为对照组的56.4%和47.5%(图2D)。

表2 供试5种杀虫剂对敏感品系和 LC_{10} 、 LC_{25} 处理品系小菜蛾的毒力

Table 2 Toxicity of five insecticides to susceptible strain and Sub- LC_{10} , LC_{25} strain of *Plutella xylostella*

杀虫剂 Insecticide	品系 Strain	回归方程斜率 Slope $\pm$ SE	LC_{50} (95% CL) / (mg/L)	卡方值(df) ** χ^2 (df)	相对比值 Relative ratio
毒死蜱 chlorpyrifos	SS-CK	2.086 $\pm$ 0.194	289.5 (217.1 ~ 396.1)	34.71 (19)	1.0
	Sub- LC_{10}	2.041 $\pm$ 0.194	381.1 (281.0 ~ 541.8)	36.31 (19)	1.3
	Sub- LC_{25}	2.005 $\pm$ 0.191	368.3 (264.8 ~ 542.2)	41.93 (19)	1.3
多杀菌素 spinosad	SS-CK	1.607 $\pm$ 0.128	0.589 (0.472 ~ 0.739)	22.52 (19)	1.0
	Sub- LC_{10}	3.667 $\pm$ 0.374	1.480 (1.212 ~ 1.819) *	11.03 (19)	2.5
	Sub- LC_{25}	2.318 $\pm$ 0.236	1.216 (1.006 ~ 1.491) *	12.18 (19)	2.1
高效氯氰菊酯 <i>beta</i> -cypermethrin	SS-CK	3.028 $\pm$ 0.307	37.79 (32.07 ~ 44.39)	7.78 (19)	1.0
	Sub- LC_{10}	3.270 $\pm$ 0.334	40.53 (34.65 ~ 47.37)	6.12 (19)	1.1
	Sub- LC_{25}	2.008 $\pm$ 0.190	45.87 (37.23 ~ 56.11)	10.04 (19)	1.2
氟虫双酰胺 flubendiamide	SS-CK	2.063 $\pm$ 0.190	0.165 (0.135 ~ 0.202)	13.57 (19)	1.0
	Sub- LC_{10}	3.070 $\pm$ 0.306	0.212 (0.181 ~ 0.250)	16.71 (19)	1.3
	Sub- LC_{25}	2.986 $\pm$ 0.314	0.275 (0.234 ~ 0.326) *	7.68 (19)	1.7
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	SS-CK	2.918 $\pm$ 0.413	0.029 (0.023 ~ 0.036)	5.59 (13)	1.0
	Sub- LC_{10}	1.535 $\pm$ 0.154	0.068 (0.053 ~ 0.087) *	4.56 (19)	2.3
	Sub- LC_{25}	1.616 $\pm$ 0.161	0.090 (0.071 ~ 0.115) *	7.79 (19)	3.1

注: * 表示处理组与对照组 LC_{50} 值差异显著 ($P < 0.05$); ** df: 自由度。

Note: * The LC_{50} values of the treatment and the control are significantly different ($P < 0.05$). ** df: Degrees of freedom.

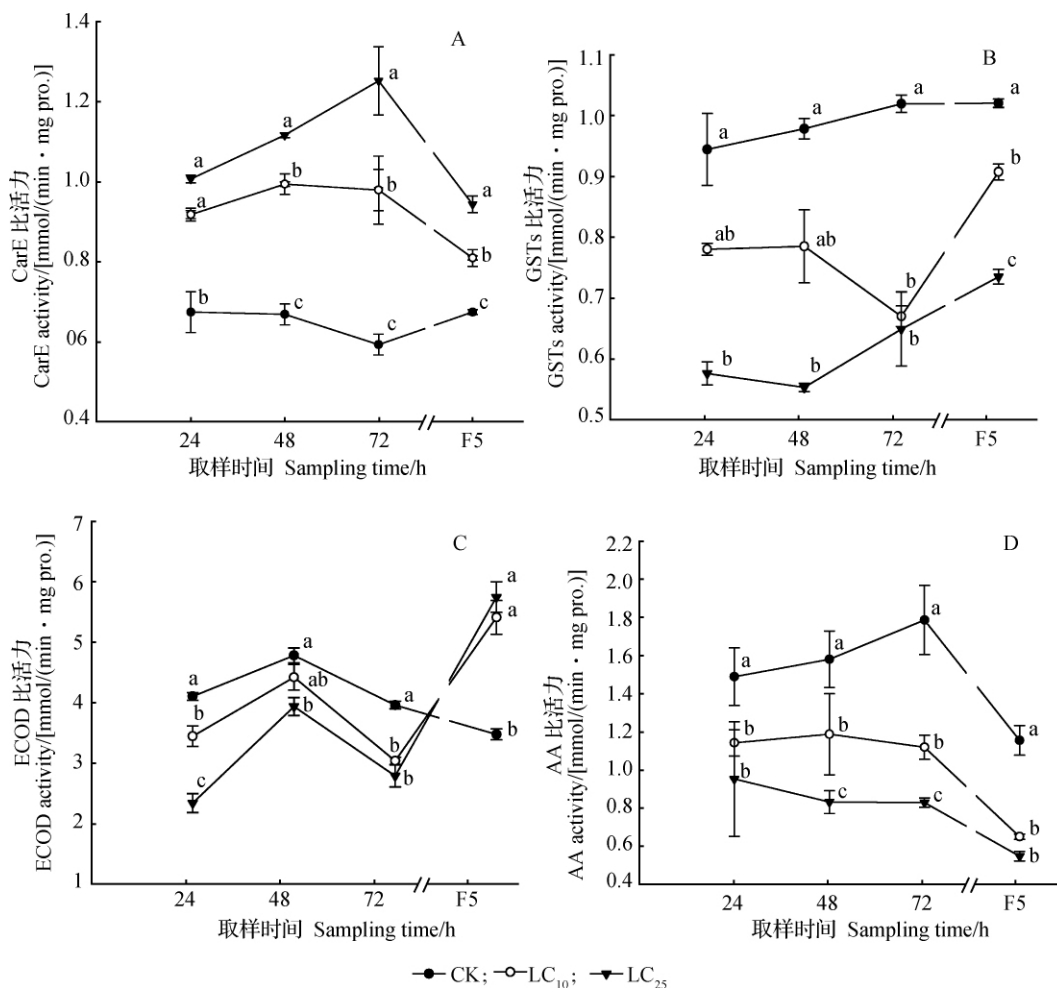


图2 亚致死浓度的氯虫苯甲酰胺对小菜蛾解毒酶比活力的影响

Fig. 2 Effect of sublethal concentrations of chlorantraniliprole on specific activity of detoxifying enzymes in the *Plutella xylostella*

A. 羧酸酯酶; B. 谷胱甘肽 S-转移酶; C. P450 O-脱乙酰酶; D. 芳基酰胺酶。图中数据为 3 次独立重复的平均值 ± 标准差, 同一时间点不同处理间标注不同小写字母表示在 $P = 0.05$ 水平上差异显著。

A. CarE; B. GSTs; C. P450 ECOD; D. AA. Data were shown as mean ± SD. The data at same time point followed with different small letter are significantly different at $P = 0.05$.

3 结论与讨论

目前对氯虫苯甲酰胺的研究大多集中在其杀虫活性方面, 有关其抗性和交互抗性方面的研究相对较少。最近, Sial 等^[22]报道, 用 LC₅₀ 浓度的氯虫苯甲酰胺连续筛选 9 代后, 稻纵卷叶螟 *Choristoneura rosaceana* 即对其产生了 8 倍的抗性。胡珍娣等^[23]对田间小菜蛾的调查结果表明, 即使在氯虫苯甲酰胺轮换使用的地区, 小菜蛾也已对其产生了低水平抗性, 而在用药频率明显较高的地区, 小菜蛾对该药剂的抗性已达中等水平。本研究中经亚致死浓度 (LC₁₀ 和 LC₂₅) 的氯虫苯甲酰胺连续筛选 5 代后, 其对小菜蛾的 LC₅₀ 值分别增加了 2.34 和 3.10 倍。表

明鳞翅目害虫对氯虫苯甲酰胺产生抗性的风险较高, 同时由于药剂的亚致死效应为害虫提供了持续的选择压力^[24-25], 从而对其抗性的产生起到了促进作用。因此合理使用氯虫苯甲酰胺, 降低其对害虫的选择压将是延缓其抗药性发展的重要措施。

此外, 经 LC₁₀ 和 LC₂₅ 浓度氯虫苯甲酰胺连续处理的小菜蛾品系对多杀菌素的敏感度也明显下降, 表明小菜蛾对这两种药剂可能具有相同的抗性机制。虽然两个亚致死浓度处理品系对毒死蜱、高效氯氰菊酯和氟虫双酰胺的敏感度保持不变, 但这两个处理品系的抗性水平太低, 还不清楚当小菜蛾对氯虫苯甲酰胺产生高水平抗性后其对上述几种药剂是否会产生交互抗性, 因此这几种药剂能否在生产

实践中与氯虫苯甲酰胺轮换使用,还有待进一步研究。

害虫解毒酶活性增强是其产生抗药性的主要机制之一。Sial 等^[22]研究发现,对氯虫苯甲酰胺产生低倍抗性(8 倍)的稻纵卷叶螟种群的酯酶比活力显著高于其室内敏感品系,但其多功能氧化酶(MFO)和 GSTs 比活力则与敏感品系无明显差异,因此认为酯酶很可能与稻种卷叶螟对氯虫苯甲酰胺的抗性有关。Cao 等^[26]的研究表明:经 0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的氯虫苯甲酰胺处理可诱导棉铃虫敏感品系酯酶和 GSTs 活性分别增加至对照组的 1.84 和 1.36 倍;处理 3 个抗转基因棉铃虫品系同样可诱导其酯酶和 GSTs 活性分别升高至对照的 1.36~2.08 和 1.81~2.85 倍;但药剂对敏感品系与抗性品系的 LC_{50} 值差异不显著。本试验中,经亚致死浓度的氯虫苯甲酰胺短期处理(72 h)小菜蛾后,对其 CarE 活性具有明显的诱导作用,但对 GSTs、MFO 和 AA 的活性则均表现出明显的抑制作用;连续处理 5 代后,处理组 CarE 和 ECOD 活性均显著高于对照组,但处理组的 GSTs 和 AA 活性仍低于对照组。因此从现有结果看,酯酶参与了小菜蛾对氯虫苯甲酰胺抗性的可能性较大。但本研究中对这些解毒酶活性的测定都是在抗性水平较低或药剂短期胁迫下进行的,因此要明确某种解毒酶是否确实参与了小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的抗性,还需进一步的系统研究。

参考文献:

- [1] HUANG Xiong-ying(黄雄英), ZHOU Xiao-mao(周小毛), BO Lian-yang(柏连阳). 长沙地区小菜蛾对 13 种药剂的抗性测定[J]. *Acta Phytophylacica Sinica*(植物保护学报), 2008, 34(5): 146–149.
- [2] SHOJI S, CHIKAKO I, HISAAKI T. Alternatively spliced sodium channel transcripts expressed in field strains of the diamondback moth[J]. *Insect Biochem Mol Biol*, 2008, 38(9): 883–890.
- [3] LAHM G P, SELBY T P, FREUDENBERGER J H, et al. Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potent ryanodine receptor activators[J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2005, 15(12): 4898–4906.
- [4] CHAI Bao-shan(柴宝山), LIN Dan(林丹), LIU Yuan-xiong(刘远雄) et al. 新型邻甲酰胺基苯甲酰胺类杀虫剂的研究进展[J]. *Agrochemicals*(农药), 2007, 46(3): 148–153.
- [5] TANG Zhen-hua(唐振华), TAO Li-ming(陶黎明). 新型二酰胺类杀虫剂对鱼尼丁受体作用的分子机理[J]. *Acta Entomol Sin*(昆虫学报), 2008, 51(6): 646–651.
- [6] DONG Wei-li(董卫莉), XU Jun-ying(徐俊英), LIU Xing-hai(刘幸海) et al. 昆虫鱼尼丁受体及其为靶标的杀虫剂的研究进展[J]. *Chin J Pestic Sci*(农药学报), 2008, 10(2): 178–185.
- [7] OHKAWA H, MIYAGAWA H, LEE P W. Pesticide Chemistry: Crop Protection, Public Health, Environmental Safety [M]. Weinheim: Wiley-VCH Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany, 2007: 137–140.
- [8] MARCON P J, HELDRETH K, HANNIG G, et al. DuPont Rynaxypyr global baseline susceptibility program: foundation for proactive susceptibility management of a selective insecticide in a novel chemical class and mode of action [R/OL]. San Diego, California, ESA Annu. Meeting (2007) [2011-01]. http://esa.confex.com/esa/2007/techprogram/paper_32676.htm
- [9] SINGH J P, MARWAHA K K. Effects of sublethal concentrations of some insecticides on growth and development of maize stalk borer, *Chilo partellus* (Swinhoe) larvae[J]. *Shashpa*, 2000, 7(2): 181–186.
- [10] DESNEUX N, RAFALIMANANA H, KAISER L. Dose-response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi* [J]. *Chemosphere*, 2004, 54(5): 619–627.
- [11] CUTLER G C, SCOTT-DUPREE C D, TOLMAN J H, et al. Toxicity of the insect growth regulator novaluron to the non-target predatory bug *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) [J]. *Biol Contr*, 2006, 38(2): 196–204.
- [12] CHEN Zhi-hao(陈之浩), LIU Chuan-xiu(刘传秀), LI Feng-liang(李凤良) et al. 小菜蛾继代繁殖大量饲养方法研究初报[J]. *Guizhou Agric Sci*(贵州农业科学), 1990(4): 52–53.
- [13] SHELTON A M, ROBERTSON J L, TANG J D, et al. Resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field[J]. *J Econ Entomol*, 1993, 86(3): 697–705.
- [14] LIANG P, GAO X W, ZHENG B Z. Genetic basis of resistance and studies on cross-resistance in a population of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. *Pest Manag Sci*, 2003, 59(11): 1232–1236.
- [15] XIA Bing(夏冰), SHI Tai(石泰), LIANG Pei(梁沛) et al. 杀虫剂亚致死浓度对小菜蛾羧酸酯酶活性的影响[J]. *Chin J Pestic Sci*(农药学报), 2002, 4(1): 23–27.
- [16] LIANG Pei(梁沛), XIA Bing(夏冰), SHI Tai(石泰) et al. 阿维菌素和高效氯氰菊酯亚致死剂量对小菜蛾谷胱甘肽 S-转移酶的影响[J]. *J China Agric Univ*(中国农业大学学报), 2003, 8(3): 65–68.
- [17] AITIO A. A simple and sensitive assay of 7-ethoxycoumarin deethylation[J]. *Anal Biochem*, 1978, 85(2): 488–491.
- [18] GREENLEE W F, POLAND A. An improved assay of 7-ethoxycoumarin O-deethylase activity: induction of hepatic enzyme activity in C57BL/6J and DBA/2J mice by phenobarbital, 3-methylcholanthrene and 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin[J]. *J Pharmacol Exp Ther*, 1978, 205(3): 596–605.
- [19] YU S J, VALLES S M. Carboxylamidase activity in the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and other lepidoptera, orthoptera and dictyoptera [J]. *J Econ Entomol*, 1997, 90(6): 178–185.

- 1521 – 1527.
- [20] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Anal Biochem*, 1976, 71: 248 – 254.
- [21] GraphPad Software. InStat Guide to choosing and interpreting statistical tests [CP/OL]. GraphPad Software, Inc., San Diego California USA (1998) [2011-03-25]. www.graphpad.com.
- [22] SIAL A A, BRUNNER J F, GARCZYNSKI S F. Biochemical characterization of chlorantraniliprole and spinetoram resistance in laboratory-selected obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. *Pestic Biochem Physiol* 2011 99(3): 209 – 284.
- [23] HU Zhen-di(胡珍娣), FENG Xia(冯夏), LI Zhen-yu(李振宇) *et al.* 不同小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺药剂的敏感性[J]. *Agrochem Res & Appl*(农药研究与应用), 2010, 14(3): 25 – 27.
- [24] CHATON P F, RAVANEL P, MEYRAN J C, *et al.* The toxicological effects and bioaccumulation of fipronil in larvae of the mosquito *Aedes aegypti* in aqueous medium [J]. *Pestic Biochem Physiol* 2001 69(3): 183 – 188.
- [25] REIDY G F, ROSE H A, VISETSON S, *et al.* Increased glutathione S-transferase activity and glutathione content in an insecticide resistance strain of *Tribolium castaneum* (Herbst) [J]. *Pestic Biochem Physiol* 1990 36(3): 269 – 276.
- [26] CAO G C, LU Q, ZHANG L L, *et al.* Toxicity of chlorantraniliprole to Cry1Ac-susceptible and resistant strains of *Helicoverpa armigera* [J]. *Pestic Biochem Physiol* 2010 98(1): 99 – 103.
- (责任编辑: 唐 静)

《精细化工中间体》2012 年征订启事

《精细化工中间体》(ISSN 1009-9212, CN 43-4354/TQ) 是中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、中国化工学会精细化工专业委员会中间体协作网专业期刊、美国《化学文摘》(CA) 全球重点收录期刊。主办单位为湖南化工研究院。刊物着重报道国内外精细化工领域重点/热点产品或方向的研究开发进展情况; 农药/医药及其中间体的研究开发、技术创新及分析测试; 染料及其中间体的研究开发、应用研究及分析测试; 其他多用途有机中间体的新产品/新工艺/新技术/新设备的研究开发成果; 最新有机/无机功能材料的研究开发成果; 精细有机化工行业设计、生产等领域的新工艺、新技术、新设备、新材料; 精细有机化工生产企业的生产操作经验、技术改造、化工环保、资源再生、循环经济及生产节能; 精细有机化工中间体新建项目可行性探讨、工艺技术路线选择与评价、新建项目的投资效益分析。

主要栏目有: 综述与专论、农药及中间体、医药及中间体、功能材料、有机合成原料、香精香料、表面活性剂、染料颜料涂料、水处理剂、分析测试等等。刊物读者定位为化工企业、科研院所和高等院校、政府部门等化工管理和科研设计人员; 希望深入了解国内外化工新技术、新产品开发研究情况的化工从业人员及化工设备、仪器仪表、化学试剂等生产厂家。

热忱欢迎业内专家及有关技术研究人员投稿。来稿将按国家标准发放稿酬。

《精细化工中间体》为双月刊, 逢双月底出版, 84 元/年。邮发代号: 42-432, 各地邮局均可订阅, 也可直接汇款到杂志社, 随到随订。广告经营许可证号: 430000400134, 欢迎发布广告。

地址: 湖南长沙芙蓉中路二段 251 号(410007)

收款单位: 湖南省化工信息中心

电话: 0731-85357909 85357908(传真)

开户行: 中行长沙市南大路分理处

帐号: 44410500208091001

主页: www.j-fci.com 电邮: j-fci@vip.163.com