

• 研究论文 •

亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕食物利用的影响

高海燕^{1,2}, 王 静¹, 朱九生^{1,2}, 乔雄梧^{* 1}

(1. 山西省农业科学院 山西省农药重点实验室, 太原 030031; 2 山西农业大学 农学院, 山西 太谷 030801)

摘 要: 采用质量分析法研究了经甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 3 个亚致死剂量 (LC_5 、 LC_{10} 和 LC_{20}) 药剂处理的桑叶对家蚕 *Bombyx mori* 3、4 龄幼虫生长及食物利用的影响。结果表明, 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕 3、4 龄幼虫的生长和食物利用有明显的抑制作用。处理后家蚕的生长指标 (虫体增重率和相对生长率)、营养指标 (相对取食量和排粪量) 和营养效应指数 (食物利用率和食物转化率) 均显著降低, 而近似消化率 (营养指标) 显著升高。其中 3、4 龄幼虫在处理后的第 2 d 其相对生长率、相对取食量、食物利用率和食物转化率分别比对照下降了 19.6%~66.1%、13.9%~23.6%、6.6%~57.0% 和 9.3%~66.2%。

关键词: 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐; 亚致死剂量; 家蚕; 食物利用

中图分类号: S884.96

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2008)03-0297-06

Sublethal Effects of Emamectin Benzoate on Food Utilization of *Bombyx mori* Larvae

GAO Haiyan^{1,2}, WANG Jing¹, ZHU Ji-sheng^{1,2}, QIAO Xiong-wu^{* 1}

(1 Shanxi Key Laboratory of Pesticide Science, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China;

2 College of Agriculture, Shanxi Agriculture University, Taigu 030801, Shanxi Province, China)

Abstract Effects of mulberry leaves treated with emamectin benzoate at sublethal doses of LC_5 , LC_{10} and LC_{20} on food utilization of 3rd and 4th instar larvae of silkworm (*Bombyx mori*) were studied by gravimetric method. The results indicated that the tested chemical had obviously inhibiting activity on the growth and food utilization of the 3rd and 4th instar larvae at sublethal doses of LC_5 , LC_{10} and LC_{20} . The growth indices such as the increase of body weight and relative growth rate (RGR), nutritional indices such as relative consumption rate (RCR), feces weight, nutritional efficiency parameters such as efficiency of ingested food (ECI) and efficiency of conversion of digested food (ECD) of the 3rd and 4th instar larvae were decreased greatly after the larvae were fed with leaves treated by sublethal doses of emamectin benzoate; however the approximate digestibility (AD) was increased significantly. The RGR, RCR, ECI and ECD of the 3rd and 4th instar larvae were reduced by 19.6%~66.1%, 13.9%~23.6%, 6.6%~57.0% and 9.3%~66.2%, respectively 2 d after treatment.

Key words emamectin benzoate; sublethal effect; silkworm (*Bombyx mori*); food utilization

收稿日期: 2008-01-28 修回日期: 2008-05-10

作者简介: 高海燕 (1981-), 女, 山西昔阳人, 在读硕士研究生, E-mail: anni_1981@126.com; * 通讯作者 (A author for correspondence): 乔雄梧 (1959-), 男, 山西浑源人, 博士, 研究员, 主要从事农药残留与环境毒理研究工作。联系电话: 0351-7127683; E-mail: xw_qiao@public.ty.sx.cn

基金项目: 山西省留学回国人员科研资助项目 (2005-82); 山西省自然科学基金资助项目 (2008011067)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

随着人们环保意识的增强, 评价亚致死剂量农药对生物的影响日益受到研究者的关注。农药的亚致死剂量是指可使生物个体受到一定的毒害但未致死, 仍有一定行为能力的剂量。在田间, 当使用致死剂量农药对目标害虫进行防治时, 目标害虫的抗药性个体和非靶标生物即有可能处于亚致死剂量药剂的胁迫下, 尤其对非靶标生物的生殖力、生长发育、行为、食物利用率和抗药性等方面都会产生不同程度的影响^[1-2]。目前国内外涉及农药亚致死剂量的研究对象主要集中在害虫和天敌方面, 对资源昆虫的研究较少。

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐是阿维菌素的高活性衍生物, 为近年来开发的一种高效、广谱、无公害的抗生素类杀虫剂, 具有胃毒和触杀作用^[3-4], 广泛应用于蔬菜、棉花等农作物害虫的防治^[5-7]。目前有关甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕的急性毒性已有研究^[8], 而对家蚕食物利用效应的研究尚未见报道。

家蚕是我国特有的重要经济昆虫, 桑叶是其主要食料来源。家蚕的营养状况可以通过计算其生长率、取食量以及食物利用率、转化率和消化率等指标加以分析。通过这些指标可以评估昆虫的营养效应, 反映昆虫生长的优劣程度^[9]。笔者就亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理桑叶后对家蚕幼虫食物利用的影响进行了研究, 旨在阐明该杀虫剂对家蚕的亚致死效应, 为其科学合理使用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

家蚕 *Bombyx mori* 品种为鲁七 × 9202, 购于山东广通蚕种集团有限公司。常规饲育至 3 龄和 4 龄期备用。桑树品种为陕桑 305(多倍体)。

64 12% 的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (emamectin benzoate) 原药由青岛凯源祥化工有限公司提供。

母液配制: 称取 0 156 0 g 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药, 用 1 mL 丙酮溶解, 蒸馏水定容至 100 mL, 即为 1 000 mg/L。

1.2 试验方法

1.2.1 亚致死剂量的确定 采用食下毒叶法^[10]。

根据 Finney 法^[11]求得供试农药对家蚕 3、4 龄幼虫 48 h 的毒力回归方程分别为 $Y = 2.640 2x +$

$10.502 9$ 和 $Y = 2.544 5x + 9.356 0$ 。由此方程分别计算得到供试农药对 3 龄幼虫的 LC_5 、 LC_{10} 和 LC_{20} 剂量分别为 0.002 0、0.002 7 和 0.004 0 mg/L, 对 4 龄幼虫的 LC_5 、 LC_{10} 和 LC_{20} 剂量分别为 0.004 4、0.006 1 和 0.009 1 mg/L, 以此作为本研究的试验剂量。

1.2.2 营养指标的测定 取母液分别用清水稀释至以上亚致死浓度, 每 100 mL 稀释液加 3 滴 (约 0.1 mL) 吐温-80 以清水加吐温-80 为空白对照。将桑叶于药液中浸渍 30 s, 取出自然晾干, 称重后放入 20 cm × 20 cm 的纸盒内, 接入已称重的 3 或 4 龄起蚕 20~40 头, 24 h 后改用新鲜无毒桑叶继续饲养。每处理设 5 次重复, 每 24 h 给桑一次 (称重, 给桑量随幼虫的生长逐渐增大), 同时对幼虫称重, 直到对照组 80% 的试虫准备入眠时结束。给桑时随机取同批次的桑叶 10 g 连同剩余桑叶及粪便, 在 50℃ 下烘 24 h, 再在 80℃ 下烘干至恒重, 计算桑叶干湿比, 以推测每日幼虫取食干重和粪便干重。

另取发育进度一致的 3、4 龄起蚕各 50 头, 在相同条件下用新鲜无毒桑叶饲养, 每日各取 5 头称重后, 在上述条件下烘干至恒重, 计算幼虫干湿比, 以推测每日幼虫干重。

参照王琛柱的方法^[12]计算各营养指标:

幼虫相对生长率 (%) = $G / (B \times T) \times 100$

幼虫相对取食量 = $I / (B \times T)$

食物利用率 (%) = $G / I \times 100$

食物转化率 (%) = $G / (I - F) \times 100$

近似消化率 (%) = $(I - F) / I \times 100$

式中, G 为虫体增重 (即 $G =$ 饲后幼虫干重 - 饲前幼虫干重); I 为幼虫的取食量 (即 $I =$ 饲前食物干重 - 饲后食物干重); F 为排泄物 (粪便) 干重; B 为实验期间幼虫的平均体重 [即 $B =$ (饲前幼虫干重 + 饲后幼虫干重) / 2]; T 为实验天数。

2 结果与分析

2.1 对家蚕虫体增重的影响

从图 1 可以看出, 随实验天数增加, 虫体增重逐渐加大, 即随着幼虫的生长发育, 虫体增长逐渐加快。但经甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理后的家蚕虫体增重显著低于对照, 其减少幅度随处理剂量的加大而增大, 第 3 d, 4 龄 LC_{20} 剂量处理组虫体增重比对照下降了 69.4%。除 3 龄第 1 d 外, 其余

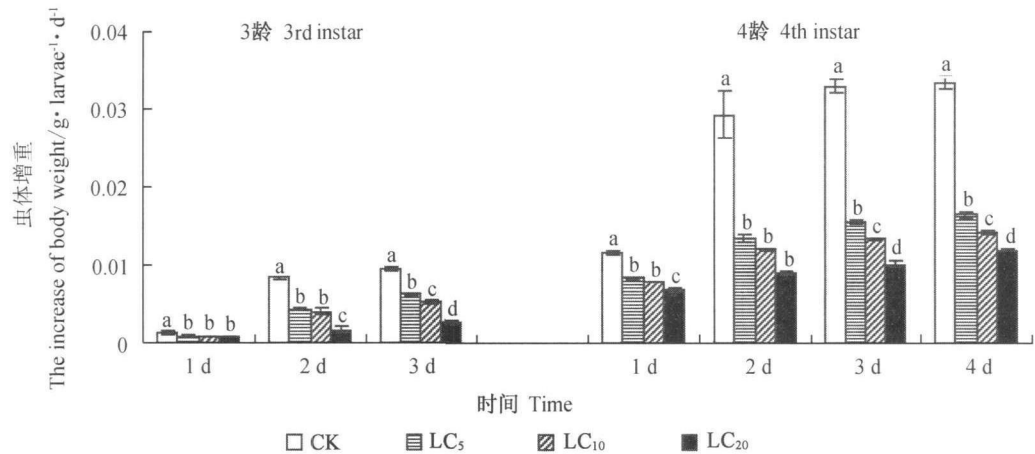


图 1 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕虫体增重的影响

Fig. 1 Sublethal effects of emamectin benzoate on the increase of body weight of silkworm

注: 同一天中柱形图上方不同字母表示经 Duncan 法检验处理间差异显著 ($P \leq 0.05$)。下同。

Note: Different alphabetical letters above each column at the same day indicate significant difference at the level of 0.05 by Duncan's multiple range test. The same as in the following figures.

各不同浓度处理间差异显著, 高浓度处理后的幼虫体重增加较为缓慢。

2.2 对家蚕相对生长率的影响

亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对 3、4 龄家蚕生长具有明显的抑制作用, 除 LC₅ 剂量处理 3 龄第 3 d 外, 其他处理组幼虫相对生长率均低于对照, 且随剂量的增大相对生长率降低幅度加大 (图 2)。3 龄幼虫除第 1 d 和第 3 d LC₅ 剂量处

理组与对照差异不显著外, 其余两种剂量处理均与对照差异显著, 尤其是第 2 d 各处理组幼虫的相对生长率分别比对照下降了 19.6%、28.0%、66.1%。4 龄幼虫在整个生长发育阶段, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 3 种剂量处理组与对照的差异均达显著水平, 其中第 2 d 各处理组分别比对照下降了 30.2%、35.1% 和 48.1%。

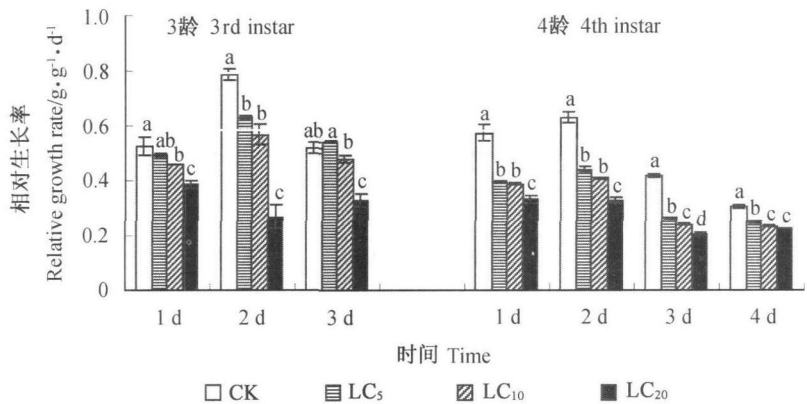


图 2 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕相对生长率的影响

Fig. 2 Sublethal effects of emamectin benzoate on relative growth rate of silkworm

2.3 对家蚕相对取食量的影响

结果见图 3。随着处理天数的增加, 对照相对取食量在第 2 d 达到高峰, 第 3 d 急剧下降。不同浓度亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理不同龄期的家蚕幼虫后, 对相对取食量的影响不同。LC₅ 和 LC₁₀ 处理组取食变化规律与对照相似; 浓

度较高的 LC₂₀ 剂量处理后, 幼虫需要较长的时间解毒和恢复体力, 因此取食量表现为先降低后逐渐回升。3 龄幼虫处理后第 1 d 药物在虫体内还未发挥作用, 处理组与对照差异不显著; 第 2 d 开始出现拒食现象, 各处理组相对取食量均显著低于对照, 并且表现出与剂量的相关性, 其中 LC₂₀ 处

理组幼虫的取食量比对照下降了 21.1%; 而第 3 d 对照因累积能量准备入眠, 取食量急剧减少, LC_5 和 LC_{10} 处理组取食量则显著高于对照, LC_{20} 处理组由于浓度较高, 毒性较大, 取食量仍显著低于对

照。4 龄幼虫处理后前 3 d 各处理组取食量均显著低于对照, 尤其是第 2 d LC_{20} 处理组取食量比对照下降了 23.6%; 第 4 d 各处理组取食量略有回升且接近对照。

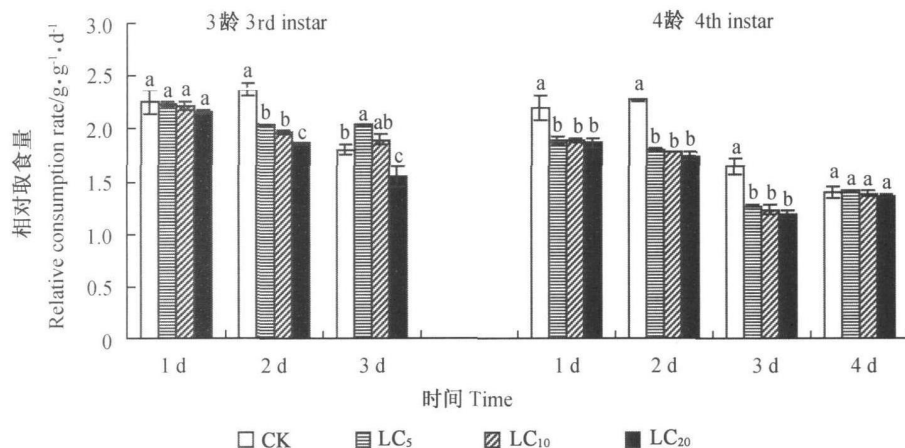


图 3 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕相对取食量的影响

Fig 3 Sublethal effects of emamectin benzoate on relative consumption rate of silkworm

2.4 对家蚕排粪量的影响

不同浓度亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理引起家蚕幼虫排粪量的变化趋势与虫体增

重的变化趋势相同 (见图 4), 即药剂处理后的家蚕排粪量减少, 其减少幅度随处理剂量的加大而增大。

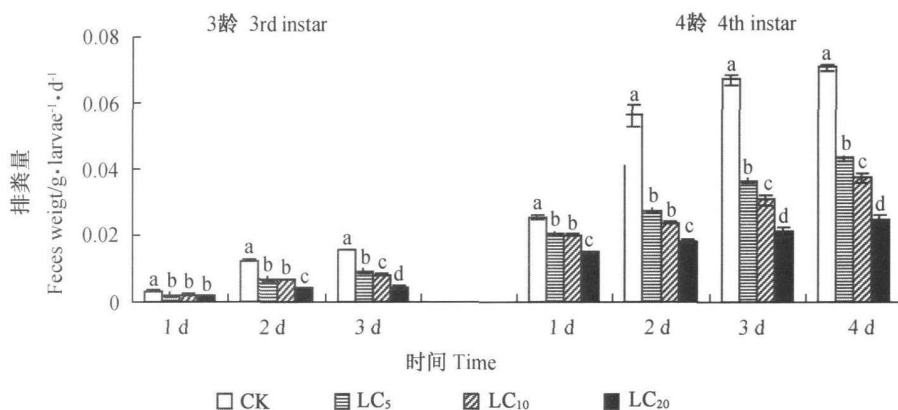


图 4 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对家蚕排粪量的影响

Fig 4 Sublethal effects of emamectin benzoate on the feces weight of silkworm

2.5 对家蚕食物利用率、食物转化率和近似消化率的影响

对食物的利用和消耗情况的测定结果 (见表 1 表 2) 表明, 随着处理时间的延长, 对照组食物利用率和转化率在第 2 d 达到高峰, 近似消化率呈逐渐增大趋势。不同浓度亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理组之间食物利用率和转化率的变化规律不同。 LC_5 和 LC_{10} 剂量处理组变化规律和对照相似, LC_{20} 处理组则由于家蚕需要较长时间解毒而呈现先降低后逐渐回升的趋势。

亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理 3、4 龄家蚕后, 幼虫食物利用率和食物转化率明显降低, 而近似消化率却明显增高, 并且表现出与剂量的相关性。3 龄家蚕在 LC_{20} 剂量处理后第 2 d, 食物利用率和转化率分别比对照下降了 57.0% 和 66.2%, 近似消化率为对照的 1.26 倍; 4 龄家蚕在 LC_{20} 剂量处理后第 2 d 食物利用率和转化率分别比对照下降了 44.0% 和 59.6%, 近似消化率为对照的 1.38 倍。

表 1 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对 3龄家蚕食物利用率的影响

Table 1 Effects of sublethal dosage of emamectin benzoate on food utilization of 3rd instar larvae of silkworm

时间 Time/d	处理 Treatment	食物利用率 ECI(%)	食物转化率 ECD(%)	近似消化率 AD(%)
1	CK	23.66±0.52 a	59.28±1.36 a	39.97±1.00 d
	LC ₅	22.17±0.38 b	49.18±2.04 b	45.29±1.06 c
	LC ₁₀	20.91±0.39 b	41.92±1.48 c	50.17±1.80 b
	LC ₂₀	17.92±0.46 c	32.67±1.02 d	54.90±0.48 a
2	CK	33.34±0.41 a	66.80±0.70 a	49.94±0.89 b
	LC ₅	31.14±0.30 a	60.60±0.91 ab	51.43±0.62 b
	LC ₁₀	28.92±2.03 a	55.13±3.57 b	52.39±0.56 b
	LC ₂₀	14.32±2.33 b	22.57±3.44 c	63.00±1.00 a
3	CK	28.84±0.40 a	54.78±0.35 a	52.64±0.49 c
	LC ₅	26.63±0.23 b	44.07±0.46 b	60.43±0.13 b
	LC ₁₀	25.24±0.30 c	41.28±0.51 c	61.16±0.62 b
	LC ₂₀	21.30±0.20 d	31.90±0.47 d	66.80±0.56 a

注:表中数据为 5 次重复的平均值±标准误差。同列中处理天数相同的数据若后缀字母相同,则表示经 Duncan 新复极差检验处理间差异不显著(P<0.05),下同。

Note: The data in the table denote mean±SE and those followed by the same letter at the same day indicate no significant difference at the level of 0.05 by Duncan's multiple range test. ECI refers to efficiency of ingested food. ECD refers to efficiency of conversion of digested food. AD refers to the approximate digestibility. The same as below.

表 2 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对 4龄家蚕食物利用率的影响

Table 2 Effects of sublethal dosage of emamectin benzoate on food utilization of 4th instar larvae of silkworm

时间 Time/d	处理 Treatment	食物利用率 ECI(%)	食物转化率 ECD(%)	近似消化率 AD(%)
1	CK	26.18±0.03 a	61.50±0.13 a	42.56±0.13 c
	LC ₅	20.92±0.16 b	43.67±0.68 b	47.93±0.47 b
	LC ₁₀	20.52±0.09 b	42.71±0.48 b	48.07±0.56 b
	LC ₂₀	17.91±0.21 c	29.44±0.19 c	60.83±0.42 a
2	CK	27.95±0.85 a	62.03±0.44 a	45.07±1.47 c
	LC ₅	24.70±0.29 b	50.07±2.68 b	49.99±2.45 b
	LC ₁₀	23.26±0.15 c	43.39±0.23 c	53.60±0.24 b
	LC ₂₀	15.64±0.05 d	25.04±0.31 d	62.10±0.52 a
3	CK	25.68±0.86 a	53.71±1.61 a	47.79±0.42 d
	LC ₅	20.79±0.62 b	40.73±1.29 b	51.07±0.32 c
	LC ₁₀	19.76±0.52 b	36.54±1.57 c	54.37±1.54 b
	LC ₂₀	17.38±0.13 c	27.22±0.48 d	63.94±1.15 a
4	CK	22.10±0.60 a	41.56±1.38 a	53.23±0.55 b
	LC ₅	17.86±0.10 b	33.80±0.10 b	52.86±0.40 b
	LC ₁₀	17.07±0.38 b	30.91±0.18 c	55.22±1.02 b
	LC ₂₀	16.69±0.23 b	25.77±0.62 d	64.89±1.31 a

3 讨论

本研究结果显示,亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理对家蚕 3、4龄幼虫的生长和食物利用有明显的抑制作用,经供试农药处理后,家蚕虫体增重、相对生长率、相对取食量、排粪量、食物

利用率和食物转化率都显著降低,表明亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐不利于家蚕幼虫的生长发育,进而会影响家蚕的吐丝结茧。处理后家蚕的近似消化率升高,说明处理幼虫对食物的消化与吸收能力较差,这种高的消化率有可能是对低转化率的一种生理补偿。

昆虫对食物的消化和吸收与昆虫体内的消化酶有密切关系。Ishaaya等^[13]的研究表明,昆虫体内的消化酶如蔗糖酶和海藻糖酶活力可以作为评价昆虫对食物利用情况的指标。实验过程中发现,家蚕在取食经亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐处理过的桑叶后表现出吐液、拒食等中毒症状,中毒家蚕由于饥饿造成消化液减少,消化酶活性减弱,使得食物利用率和转化率降低。另外,家蚕中毒后代谢能力增强,需消耗更多的能量来缓解农药的毒性,而转化为体质的能量减少,这也可能是造成食物利用率和转化率降低的原因。

桑叶是家蚕的主要食料,桑园及其周围农田用药都有可能污染桑叶。桑叶上残留的微量农药可在一定程度上改变其性质,从而影响食物的适口性、营养成分比例和家蚕的取食行为以及摄入后的消化吸收等。

综上所述,亚致死剂量的农药虽不能使家蚕直接致死,但对其食物利用有显著影响,从而会影响到家蚕的吐丝结茧,给蚕业生产带来损失。所以在实践中不能仅以致死剂量来评价农药的安全性,应结合亚致死剂量进行更全面的分析。

参考文献:

- [1] NEMOTO H. Mechanism of Resurgence of the Diamondback Moth *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) [J]. J. ARQ, 1993, 27(1): 27-32.
- [2] PERVEEN F. Sublethal Effects of Chlorfiazuron on Reproductivity and Viability of *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. J. Appl Entomol, 2000, 124(5-6): 223-231.
- [3] BIFU-chun(毕富春), XU Feng-bo(徐风波). 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐研究概述 [J]. Pestic Sci Admin (农药科学与管理), 2002, 23(3): 31-32.
- [4] MEN Zhen(门振), WEN Pei-hong(温沛宏), XU Bo-yong(徐波勇), et al. 生物源杀虫剂——甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 [J]. Pestic (农药), 2001, 40(5): 43.
- [5] BIFU-chun(毕富春), XU Feng-bo(徐风波). 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对黏虫的杀虫活性 [J]. Pestic (农药), 2001, 40(1): 21.
- [6] ZHANG Xin(张新), WANG Jin-xin(王金信). 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐等对棉铃虫的室内毒力评价 [J]. Pestic (农药), 2002, 41(1): 24-25.
- [7] WANG Chen-ju(王成菊), LI Xue-feng(李学锋), QIU Lihong(邱立红), et al. 甲氨基阿维菌素与阿维菌素对5种农业害虫的毒力测定 [J]. Henan Agric Sci(河南农业科学), 2004(12): 39-43.
- [8] CANG Tao(苍涛), ZHAO Xue-ping(赵学平), WU Chang-xing(吴长兴), et al. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对4种非靶生物毒性及安全评价 [J]. Pestic (农药), 2007, 46(7): 481-483.
- [9] QIN Jun-de(钦俊德). Relation of between Insects and Plants—Interaction and Evolution Between Insects and Plants(昆虫与植物的关系——论昆虫与植物的相互作用及其演化) [M]. Beijing(北京): China Science Press(科学出版社), 1987: 141-149.
- [10] ZHU Jin-wen(朱金文), WEI Fang-lin(魏方林), LI Shao-nan(李少南), et al. 氟虫腈对家蚕的急性毒性与安全评价研究 [J]. Chin J Pestic Sci(农药学报), 2006, 8(1): 41-45.
- [11] FINNEY D J. Probit Analysis (3rd ed.) [M]. London: Cambridge Univ Press, 1971: 333.
- [12] WANG Chen-zhu(王琛柱). 棉酚和单宁酸对棉铃虫幼虫生长和消化生理的影响 [J]. Acta Phytophyl Sin (植物保护学报), 1997, 24(1): 13-18.
- [13] ISHAAYA I, SWERSKIE E. Trehalase, Invertase and Amylase Activities in the Black Scale, *Saissetia oleae*, and their Relation to Host Adaptability [J]. Insect Physiol, 1976, 22: 1025-1029.

(Ed TANG J)