

40% 毒死蜱乳油在桑园使用后对家蚕的影响评估

林小丽¹, 单正军*², 韩志华², 田 丰²

(1. 南京农业大学 资源与环境科学学院 环境工程系, 南京 210095

2. 环境保护部 南京环境科学研究所, 南京 210042)

摘 要: 采用食下毒叶法测定及气相色谱分析, 研究了 40% 毒死蜱乳油对家蚕的急性毒性、桑园使用后在桑叶中的残留消解动态及桑叶中残留农药对家蚕的急性毒性和亚致死效应。结果表明: 按有效成分计, 40% 毒死蜱乳油对家蚕的急性毒性 LC₅₀ 值为 0.82 mg/kg (桑叶), 对家蚕为高毒; 以推荐剂量 (1 500 倍稀释液) 和 1.5 倍剂量 (1 000 倍稀释液) 在桑园使用后, 1.5 倍剂量下 40% 毒死蜱乳油在桑叶中的降解半衰期为 1.82~3.88 d, 第 22 d 时其在桑叶中的残留量为 0.01~0.28 mg/kg, 推荐剂量下第 18 d 时的最终残留量为低于 LOD~0.20 mg/kg, 当桑叶染毒剂量为 0.56 mg/kg 时, 对家蚕不会产生急性毒性危害, 桑叶染毒剂量小于 0.20 mg/kg 时, 与空白对照相比, 处理组家蚕眠蚕体重、死笼率、全茧重、茧层率不存在明显差异。为防止施用毒死蜱乳油对家蚕产生危害, 建议该农药在桑园中使用次数为 1 次、喷雾使用 1 500 倍稀释液时, 安全间隔期至少应为 18 d。

关键词: 毒死蜱; 家蚕; 叶面残留; 急性毒性; 亚致死效应

中图分类号: X820.4 S481.8

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2009)02-0255-06

Effect of 40% Chlorpyrifos Emulsifiable Concentrates to Silkworm with Spraying Application in Mulberry Field

LIN Xiaoli¹, SHAN Zhengjun*², HAN Zhihua², TIAN Feng²

(1. Department of Environmental Engineering, College of Resource and Environment Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, SEPA, Nanjing 210042, China)

Abstract Acute toxicity to silkworm (*Bombyx mori* L.) caused by chlorpyrifos was tested. Residue dynamic of chlorpyrifos was determined on mulberry leaf sprayed with 40% chlorpyrifos EC diluted by 1 000 or 1 500 times with water. The acute toxicity and sub-lethal effect caused by the chlorpyrifos residues to silkworm was also investigated. As a result, the 96 h LC₅₀ of chlorpyrifos to silkworm was 0.82 mg/kg of mulberry leaf with feeding method. According to the toxicity category, the acute toxicity of chlorpyrifos to silkworm belongs to the high class. The results also showed that when applied in a rate of high dose, the short half-life of the dissipation rate of chlorpyrifos in mulberry leaves was 1.82~3.88 d. At the 22nd day after the application, the residue of chlorpyrifos was 0.01~0.28 mg/kg in mulberry leaf. When applied with chlorpyrifos diluted by 1 500 times, the residue was found to be at the level of LOD~0.20 mg/kg of mulberry leaf at the 18th day. When feeding with the dose of 0.56 mg/kg of mulberry leaf, the silkworms showed no observed effect. When feeding with a dose lower than 0.20 mg/kg of mulberry leaf, the mortality, larval weight, cocoon weight and cocoon shell

收稿日期: 2008-12-05 修回日期: 2009-03-25

作者简介: 林小丽 (1982-), 女, 福建漳州人, 硕士研究生, E-mail: csk1982@sohu.com; * 通讯作者 (Author for correspondence): 单正军 (1963-), 男, 江苏阜宁人, 博士, 研究员, 主要从事农药污染环境归趋及生态效应研究, 联系电话: 025-85287071; E-mail: szjnie@163.com

基金项目: 环保公益行业科研专项 (200709039).

ratio did not decrease significantly as compared with that of the control treatment. In conclusion, in order to prevent the harmful effects to silkworms, the application of 40% chlorpyrifos EC diluted by 1 500 times within one application in the whole season was recommended with pre-harvest interval of 18 days as the GAP.

Key words chlorpyrifos; silkworm; residues in leaf; acute toxicity; sub-lethal effect

毒死蜱为有机磷类杀虫杀螨剂,是全球应用最广泛的5种杀虫剂之一^[1],具有触杀、胃毒和熏蒸作用,杀虫谱广。1984年起在我国获得登记生产,主要应用于桑树、水稻、棉花、柑桔、蔬菜等作物的害虫防治。

毒死蜱是桑园中防治缨翅目、鳞翅目、鞘翅目、蜚蠊目害虫的重要品种之一。但长期以来,由于桑园防治病虫害用药不当及桑园附近农田使用农药的漂移,导致家蚕误食有毒桑叶造成死亡或蚕茧欠收、蚕丝质量下降的事件屡有发生,极大地影响了我国养蚕业的发展和蚕农的生产积极性^[2,3]。有关毒死蜱对家蚕毒性评价的文献较多,其中也有部分关于微量农药对家蚕亚致死效应研究的报道^[4~6],但均未结合农药在野外施用后的实际残留量定量地对家蚕进行急性毒性及亚致死效应综合影响的评估。笔者拟通过研究毒死蜱在桑园使用后对家蚕的急性毒性和亚致死效应,提出毒死蜱在桑园使用的安全间隔期,旨在为桑园合理使用毒死蜱提供基础数据,保障蚕业生产安全。

1 材料与方法

1.1 仪器与药剂

Agilent 6890N 气相色谱仪(带 μ -ECD检测器),HPM S-5色谱柱(30 m \times 0.25 mm \times 2.65 μ m),固定相为含5%苯基的甲基硅酮;固相萃取小柱(BOND[®] florisil PR, 500 mg/6 mL)。

40%毒死蜱(chlorpyrifos)乳油(EC),由东台农用化学厂提供;毒死蜱标准品纯度为99.9%(国家标准物质中心);丙酮及石油醚经重蒸,其他试剂均为分析纯。

1.2 供试生物

家蚕 *Bombyx mori* L.,采用明虎 \times 苏菊蚕种(春蚕、秋蚕,以下试验数据均为春、秋蚕的平均值),由中国农业科学院镇江蚕业研究所提供。同时孵化,室内饲养至2龄及3龄起,选择生长正常、大小一致的家蚕供试。急性毒性试验从2龄

开始,亚致死效应试验从3龄开始。

1.3 试验方法

1.3.1 40%毒死蜱乳油对家蚕的急性毒性 采用国家“化学农药环境安全评价试验准则”^[7]推荐的家蚕食下毒叶法测定。在直径9 cm的玻璃皿内饲养20头2龄起家蚕。40%毒死蜱乳油用超纯水稀释成不同浓度(按有效成分计,下同),采集无病害健康桑叶,经不同浓度药液浸渍,晾干后供蚕食用[该方法以5 mL药液浸渍5 g桑叶,药液量相对较少,除残留在烧杯壁的极少量药液外,几乎全部被桑叶吸附,因此通常认为5 mL的药液全部附着在5 g桑叶上,计量单位为mg/kg(桑叶)]。先通过预试验确定药剂对家蚕的毒性剂量范围,正式试验时在此范围内按级差设置若干浓度处理组和一个空白对照,每组均设3个重复。试验温度为25 \pm 1 $^{\circ}$ C。给药4 h后观察记录受试家蚕的中毒症状,统计24、48 h至3龄起家蚕的死亡数,用概率统计法对试验结果进行统计分析,求出40%毒死蜱乳油对家蚕的胃毒作用半致死浓度LC₅₀值及LC₅、LC₁₀值。

1.3.2 40%毒死蜱乳油在桑叶上的残留消解试验 于2007年9~10月及2008年7~8月分别在浙江、江苏两地同时进行。每小区5棵桑树,设2个处理,每处理3个重复,共6个小区30棵桑树,小区随机排列。40%毒死蜱乳油按推荐剂量(1 500倍稀释液)和1.5倍剂量(1 000倍稀释液)(设1.5倍剂量为高剂量组,推荐剂量为常量组)各施药1次(喷湿至滴水为止),分别于施药后第0、1、2、4、7、10、14、18、22 d采集高剂量组桑叶测定残留消解动态,于施药后第18 d采集常量组桑叶测定最终残留。桑叶样品置于-20 $^{\circ}$ C冰箱保存。

分析方法:桑叶样品经粉碎机粉碎后按四分法留样,-20 $^{\circ}$ C保存待测。称取20 g样品置于三角瓶中,加入50 mL丙酮于20 $^{\circ}$ C下振荡提取,重复1次后合并提取液,过滤、旋蒸脱去丙酮,加入10~20 mL蒸馏水,转移至250 mL分液漏斗中,以30 mL

×2的石油醚萃取, 合并有机相并脱溶, 用石油醚定容至 5 mL, 过柱^[8-10]。弗罗里硅土固相萃取小柱先经石油醚预淋。用 15 mL 石油醚-乙酸乙酯(8:1, 体积比)洗脱, 收集全部洗脱液, 氮气吹干, 用石油醚定容至 10 mL, 待测。

气相色谱条件: 进样口温度 230℃, 检测器温度 300℃; 程序升温: 150℃保持 2 min, 10℃/min 升至 250℃, 保持 5 min, 载气为高纯 N₂(99.999%), 恒流 2.0 mL/min。

该测定条件下, 毒死蜱的最小检出量(LOD)为 6×10^{-14} g, 方法的最低检测浓度(LOQ)为 0.01 mg/kg。当桑叶中毒死蜱的添加浓度为 0.10~1.00 mg/kg 时, 回收率为 86.8%~102.6%, 相对标准偏差为 1.8%~5.9%。

1.3.3 桑叶中残留的毒死蜱对家蚕的亚致死效应 亚致死效应是指受农药作用后存活个体在行为、生理、生物学等方面的异常变化。一般把不引起实验对象死亡, 但对其正常的行为或生理活动有亚致死效应的剂量称之为农药的亚致死剂量。由于不同剂量对试验生物生理和行为的影响程度不同, 因此从应用的角度出发, 亚致死剂量的取值范围不宜脱离供试农药在环境中的实际残留量值^[11]。结合残留消解动态试验及急性毒性试验结果, 确定 40% 毒死蜱乳油对家蚕的亚致死效应试验剂量。采用食下毒叶法, 以亚致死剂量的 40%

毒死蜱乳油染毒桑叶后, 饲喂 3 龄起家蚕至 4 龄, 以超纯水处理为对照。每处理重复 3 次, 每组 50 头。从 4 龄起, 按壮蚕饲养标准方法进行饲喂。观察记录从 3 龄起各龄期家蚕的死亡及中毒症状, 记录家蚕死亡率、眠蚕体重、茧层量、全茧重、茧层率等指标^[6, 12, 13]。

2 试验结果

2.1 40% 毒死蜱乳油对家蚕的室内急性毒性

经预试验, 在 0~20 mg/kg(桑叶)剂量范围内设置 6 个浓度组, 分别对家蚕进行暴露处理。结果发现, 0.2, 0.4, 0.8 mg/kg 处理组家蚕昂头摆动, 蚕体肿大, 表皮松弛, 尾部细瘦; 1.2 和 2.0 mg/kg 处理组家蚕头部剧烈摇摆、甩动, 尾部逐渐肿大, 5~6 h 后出现吐水症状, 随后扭曲挣扎死亡。空白对照组家蚕全部生长正常无一死亡。根据各处理组的染毒剂量及家蚕的死亡数(见表 1), 计算得出 40% 毒死蜱乳油对 2 龄家蚕的 LC₅、LC₁₀、LC₅₀ 值分别为 0.54、0.60、0.82 mg/kg(桑叶)。根据农药对家蚕(2 龄)的毒性等级划分标准^[14]: LC₅₀ > 200 mg/kg(桑叶)的为低毒, 20 < LC₅₀ ≤ 200 mg/kg 的为中毒, 0.5 < LC₅₀ ≤ 20 mg/kg 的为高毒, LC₅₀ ≤ 0.5 mg/kg 的为剧毒, 可推断 40% 毒死蜱乳油对家蚕属于高毒。

表 1 40% 毒死蜱乳油对家蚕的急性毒性

Table 1 Acute toxicity of 40% chlorpyrifos EC to silkworm

处理浓度 / [mg/kg (桑叶)] Treated conc /(mg/kg of mulberry leaf)	死亡率 Mortality (%)		
	24 h	48 h	To 3rd
0	0	0	0
0.2	0	0	0
0.4	0	0	0
0.8	2	15	45
1.2	19	63	93
2.0	72	97	100
LC ₅	0.93	0.65	0.54
LC ₁₀	1.06	0.74	0.60
LC ₅₀ (95% 置信限 95% FL)	1.62 (1.52~1.72)	1.09 (1.02~1.16)	0.82 (0.69~0.89)

2.2 40% 毒死蜱乳油在桑叶上的残留消解动态

1.5 倍高剂量组 40% 毒死蜱乳油在江苏、浙江桑园的两年两地残留消解动态试验结果(见图 1)表明, 其在桑叶上的原始附着量为 19.71~

50.25 mg/kg。随时间延长, 残留量逐渐降低, 前 7 d 内消解较快, 消解率均在 95% 以上, 此后消解速度逐渐减缓。

2007 年、2008 年在浙江桑园使用后, 高剂量

组毒死蜱的消解半衰期分别是 3.33和 1.85 d 第 22 d时在桑叶中的残留量分别为 0.28和 0.01 mg/kg 消解率均高于 99.5%; 施药后第 18 d 常量组在桑叶中的最终残留量分别为 0.20和 0.01 mg/kg 2007年、2008年在江苏桑园使用

后,高剂量组毒死蜱的消解半衰期分别是 3.88和 1.82 d 第 22 d时在桑叶中的残留量分别为 0.05和 0.02 mg/kg 消解率均高于 99.9%; 施药后第 18 d 常量组在桑叶中的最终残留量分别为 0.20 mg/kg和 低于 LOD(未检出)。

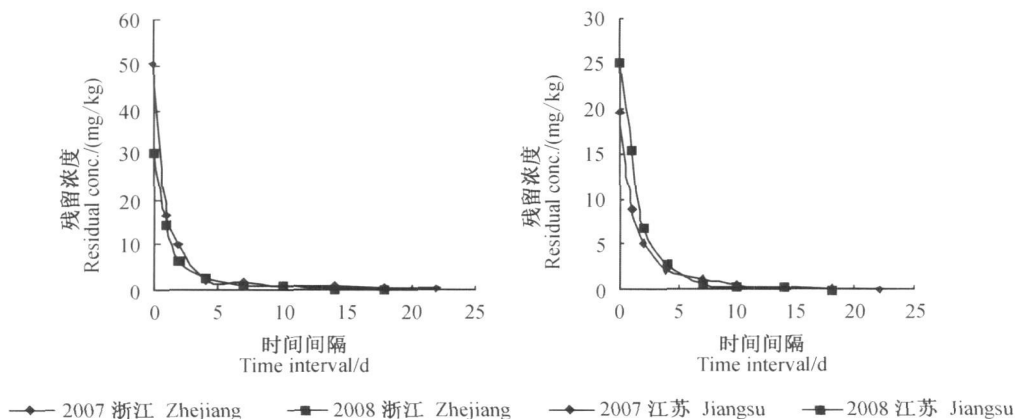


图 1 40% 毒死蜱乳油在桑叶上的残留消解动态 (1 000倍稀释)

Fig 1 The residue decline study of 40% chlorpyrifos EC in mulberry leaves(diluted by 1 000 times)

残留消解动态试验结果显示,施药后 7~ 10 d 高剂量组桑叶中毒死蜱的残留量为 0.41~ 1.02 mg/kg 与毒死蜱对家蚕的急性毒性 LC₁₀值 0.60 mg/kg接近,因此若在施药后 7~ 10 d之前采摘桑叶饲喂家蚕,易对家蚕产生急性致死危害,因而该农药使用后 10 d内,应禁止采摘桑叶饲喂家蚕。

2.3 施药后不同时期桑叶中残留毒死蜱对家蚕的急性毒性

从保守估计的角度出发,采用高剂量处理组桑叶中毒死蜱的残留量作为桑叶染毒剂量对家蚕进行暴露。40% 毒死蜱乳油对家蚕的急性毒性 LC₁₀值为 0.60 mg/kg 高于高剂量处理组施药后 10 d时桑叶中毒死蜱的残留量(0.41~ 1.02 mg/kg),因此分别以施药后 10、14、18、22 d时桑叶中毒死蜱的残留量作为染毒剂量染毒桑叶,对 2龄期家蚕进行暴露,调查一个龄期的死亡率,结果见图 2。2007~ 2008年在浙江、江苏两地施药后 18、14、14、14 d 桑叶中残留的毒死蜱对家蚕的急性毒性致死率均为零,即施药后 18 d桑叶中残留的毒死蜱对家蚕不会产生急性致死危害。这与戎世芳^[15]于江苏海安县研究得到 40% 毒死蜱乳油在桑园使用后对家蚕的残毒期为 12~ 15 d的结果相似。

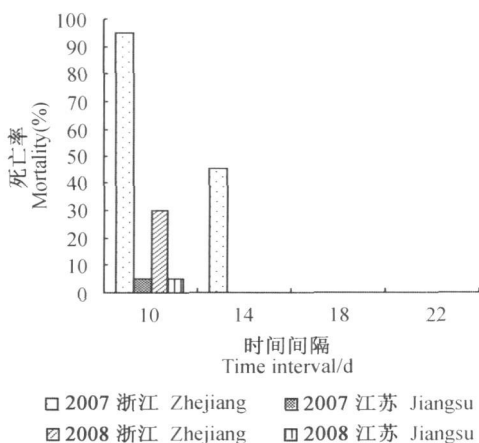


图 2 桑叶中残留的毒死蜱对家蚕的急性毒性

Fig 2 Acute residue toxicity of chlorpyrifos to silkworm

2.4 桑叶中残留毒死蜱对家蚕的亚致死效应

农药施用于田间后,除了对目标生物的直接杀伤作用外,由于个体间接触药量的差异以及随着时间的推移,对非目标生物或部分目标生物个体及抗性个体还存在着亚致死效应^[16]。

残留消解动态试验结果显示,在第 18~ 22 d 40% 毒死蜱乳油高剂量处理组在桑叶中的残留量为 0.01~ 0.56 mg/kg,常量组最终残留量为低于 LOD~ 0.29 mg/kg 对家蚕虽已不会产生急性致

死影响,但仍可能对家蚕产生亚致死效应^[13]。急性毒性试验结果测得 LC₅ 值为 0.54 mg/kg(桑叶),结合毒死蜱在桑叶中的残留试验结果,最终确定 0.01~0.50 mg/kg(桑叶)作为 40% 毒死蜱乳油对家蚕的亚致死效应研究的试验剂量。

2.4.1 亚致死剂量毒死蜱对家蚕死亡率的影响
在 0.01~0.50 mg/kg(桑叶)剂量范围内设置

6个剂量间隔染毒桑叶后分别对3龄期家蚕进行暴露。结果(见表2)表明,3龄至4龄期间,各处理组均无家蚕死亡;5龄期至结茧,0.40、0.50 mg/kg处理组有0.67%~4.00%的家蚕出现软化状死亡现象(蚕体绵软,静伏不动,体躯伸直,瘫痪直至慢慢死亡)。

表 2 亚致死剂量毒死蜱对家蚕死亡率的影响

Table 2 Effect of sub-lethal dose of chlorpyrifos on mortality

处理浓度 / [mg/kg (桑叶)] Treated conc /(mg/kg of mulberry leaf)	死亡率 Mortality (%)		
	3rd	4th	5th
CK	0	0	0
0.01	0	0	0
0.05	0	0.67	0
0.10	0	0.67	0
0.20	0	0.67	0
0.40	0	3.33	3.33
0.50	0	0.67	4.00

2.4.2 亚致死剂量毒死蜱对家蚕眠蚕体重的影响
眠蚕体重是家蚕生长发育中较为敏感的指标之一,微量农药就有可能造成眠蚕体重的变化和眠性的不齐^[17]。各剂量处理组对家蚕眠蚕体重的影响见表3。4龄期期间,0.01、0.05、0.10、0.20、0.40、0.50 mg/kg(桑叶)处理组与对照差异不大(各处理组平均每条眠蚕体重与空白对照分别差0.0025、0.0000、0.0025、0.0075、0.0100、0.0125 g)。在5龄期,体重下降趋势比4龄期明显(各处理组平均每条眠蚕体重与对照组分别差0.0025、0.0050、0.0050、0.0100、0.0275、0.0400 g)。

2.4.3 亚致死剂量毒死蜱对家蚕死笼率、全茧重、茧层率的影响
茧内有病、死蚕,或病、死蛹,或超过3个环节未蜕皮的半蜕皮蛹的茧,统称为死笼茧。死笼率是指死笼茧总头数与结茧总头数的比值,是家蚕饲育成绩的一个重要指标^[18]。茧层量和全茧重是家蚕养殖中的重要经济指标,而茧层率既是家蚕的重要经济性状,也是家蚕吐丝功能强弱的表现^[6,19]。计算公式如下:

$$\text{死笼率}(\%) = \frac{\text{死笼茧总头数}}{\text{结茧总头数}} \times 100$$

$$\text{茧层率}(\%) = \frac{\text{茧层量}(g)}{\text{全茧重}(g)} \times 100$$

表 3 亚致死剂量毒死蜱对家蚕眠蚕体重的影响

Table 3 Effect of sub-lethal dose of chlorpyrifos on larval weight during moult

处理浓度 / [mg/kg (桑叶)] Treated conc /(mg/kg of mulberry leaf)	眠蚕体重 / (g/40头) Larval weight / (g/40 larvae)	
	4th	5th
CK	16.6	39.6
0.01	16.5	39.5
0.05	16.6	39.4
0.10	16.5	39.4
0.20	16.9	40.0
0.40	16.2	38.5
0.50	16.1	38.2

试验结果见表4。0.20 mg/kg(桑叶)处理组的死笼率与对照基本一致,0.40、0.50 mg/kg处理组死笼率达到79.4%~83.3%,与对照组(8.6%)相比有较大差异。从全茧重、茧层量和茧层率来看,各处理组与对照组相比基本没有差异。

3 结论

40% 毒死蜱乳油对家蚕的急性毒性 LC₅₀ 值为 0.82 mg/kg(桑叶),对家蚕的毒性为高毒;在桑园使用后,1.5倍高剂量下其在桑叶中的降解半衰期为 1.82~3.88 d,降解速度快;施药后 14~18 d时,桑叶中毒死蜱的残留量为 0.20~0.56 mg/kg。对

表 4 亚致死剂量毒死蜱对家蚕死笼率、茧层量、全茧重、茧层率的影响
Table 4 Effect of sub-lethal dose of chlorpyrifos on cocoon death ratio,
cocoon shell weight, cocoon weight and cocoon shell ratio

处理浓度 / [mg/kg (桑叶)] Treated conc /(mg/kg of mulberry leaf)	死笼率 Cocoon death ratio (%)	茧层量 Cocoon shell weight /g	全茧重 Cocoon weight /g	茧层率 Cocoon shell ratio (%)
CK	8.6	0.23	1.37	16.8
0.20	8.8	0.21	1.33	16.5
0.40	79.4	0.21	1.28	16.4
0.50	83.3	0.20	1.23	16.3

家蚕已无急性毒性危害,但对家蚕的眠蚕体重、死笼率、全茧重、茧层量、茧层率等亚致死效应指标仍存在一定的影响。施药后第 22 d 高剂量组桑叶中毒死蜱的残留量为 0.01~0.28 mg/kg,对家蚕无亚致死效应危害。

综上所述,建议 40% 毒死蜱乳油在桑园中按推荐剂量、喷雾使用 1 次下的安全间隔期至少应为 18 d,以确保所采摘桑叶不会对家蚕产生危害。

参考文献:

- [1] CHEN Zhen-de(陈振德), CHEN Xue-hui(陈雪辉), FENG Ming-xiang(冯明祥). 毒死蜱在菠菜中的残留动态研究 [J]. *J Agro-Environ Sci* (农业环境科学学报), 2005, 24(4): 728-731.
- [2] JING Cheng(景成), SONG Jun-rong(宋俊荣). 家蚕农药中毒的发生与防治 [J]. *Jiangsu Sericulture* (江苏蚕业), 2007, (1): 2-7.
- [3] YU Cong-cong(郁葱葱). 苏中地区家蚕微量农药中毒的现状及其预防对策 [J]. *Sichuan Sericulture* (四川蚕业), 2003, (3): 40-41.
- [4] CHEN Xiao-ping(陈小平), YAN Yu-min(严欲民), HUANG Shi(黄世). 10种国外新农药对家蚕的毒力及残效期研究 [J]. *Silkworm Tea Message* (桑蚕茶叶通讯), 2000, 102(4): 11-14.
- [5] ZHANG Hai-yan(张海燕), ZHOU Qin(周勤), PAN Mei-liang(潘美良). 阿维菌素对家蚕毒性的试验 [J]. *Bulletin of Sericulture* (蚕桑通报), 2006, 37(1): 18-20.
- [6] LU Xing-meng(鲁兴萌), ZHOU Qin(周勤), ZHOU Jin-qian(周金钱). 微量氯氰菊酯对家蚕的毒性 [J]. *Chin J Pestic Sci* (农药学学报), 2003, 5(4): 42-46.
- [7] SEPA(国家环保局). 化学农药环境安全评价试验准则 [J]. *Pestic Sci Adm in* (农药科学与管理), 1990, (4): 7.
- [8] LIANG Jun(梁俊), LI Hai-fei(李海飞). 苹果中毒死蜱农药残留的 GC-NPD 测定方法 [J]. *J Northwest Sci-Tech Univ Agric* (西北农林科技大学学报), 2006, 34(7): 62-64.
- [9] LU Xu-yuan(陆勋元), JIANG Yong-xiang(蒋永祥). 气相色谱法同时检测和分析蔬菜中毒死蜱、氯氰菊酯和氰戊菊酯的残留量 [J]. *Chem Anal* (理化检验化学分册), 2006, 42(9): 737-739.
- [10] Institute for the Control of Agrochemicals Ministry of Agriculture(农业部农药检定所). *Handbook of Practical Inspection Methods of Pesticide Residues Vol 1* (农药残留量实用检测方法手册, 第一卷) [M]. Beijing(北京): Chinese Agricultural Science and Technology Press(中国农业科技出版社), 1995: 182-195.
- [11] ZHU Jiu-sheng(朱九生), WANG Jing(王静), QIAO Xiong-wu(乔雄梧). 农药对家蚕 (*Bombyx mori* L.) 的亚致死效应研究进展 [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2008, 28(7): 3335-3343.
- [12] ZHU Jiu-sheng(朱九生), WANG Jing(王静), ZHANG Hai-yan(张海燕). 亚致死剂量阿维菌素对家蚕食物利用及中肠消化酶活性的影响 [J]. *Chin J Appl Ecology* (应用生态学报), 2008, 19(11): 2527-2532.
- [13] ZHOU Hai-bing(周海冰), XIA Hong-kuan(夏宏宽), WANG Liang(王良). 稻田应用锐劲特对家蚕的影响和残毒期测定的研究 [J]. *Shanghai Agric Sci Tech* (上海农业科技), 2003, (5): 50-52.
- [14] MA Hui(马惠), WANG Kai-yun(王开运), LIU Liang(刘亮). 农药对家蚕的毒性及安全性评价研究进展 [J]. *Pestic Sci Adm in* (农药科学与管理), 2005, 26(5): 15-17.
- [15] RONG Shi-fang(戎世芳). 40% 乐桑乳油防治桑虫对家蚕毒性的试验 [J]. *China Sericulture* (中国蚕业), 2005, 26(1): 19-20.
- [16] WANG Xiao-yi(王小艺). 杀虫剂对昆虫的亚致死效应 [J]. *World Pestic* (世界农药), 2004, 26(3): 24-27.
- [17] SUN Ke-fang(孙克坊), ZHOU Qin(周勤), ZHOU Jin-qian(周金钱). 微量菊酯类农药对家蚕毒性的调查初报 [J]. *Bulletin of Sericulture* (蚕桑通报), 2003, 33(3): 27-29.
- [18] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局). GB 19179-2003. Parent Egg of *Silkworm* (*Bombyx mori*) (桑蚕原种) [S]. Beijing(北京): Standards Press of China(中国标准出版社), 2003: 1.
- [19] HE Lihua(何丽华), ZENG Jian(曾健), LUO Cheng-jun(骆承军). 甲基锡对家蚕的毒性试验 [J]. *J Zhejiang Agric Sci* (浙江农业科学), 2003, (3): 142-144.

(Ed TANG J)