

毒性与残留

# 灭蝇胺及其代谢物三聚氰胺在大棚黄瓜上的残留降解动态

王京文<sup>1</sup>, 周航<sup>1</sup>, 卜惠斐<sup>2</sup>, 杨文叶<sup>1</sup>, 章虎<sup>3</sup>, 吴声敢<sup>3</sup>

(1. 杭州市植保土肥总站, 杭州 310020; 2. 建德市土肥站, 浙江 建德 311600;  
3. 浙江省农业科学院 农产品质量标准研究所, 杭州 310021)

**摘要:** [方法]采用亲水作用色谱-串联质谱法研究了灭蝇胺及其代谢物三聚氰胺在大棚黄瓜上的残留降解动态, 为大棚黄瓜中灭蝇胺的安全使用提供科学依据。 [结果]50%灭蝇胺SP以田间推荐用量150 g a.i./hm<sup>2</sup>(对水600 kg/hm<sup>2</sup>)喷施1次后, 灭蝇胺在大棚黄瓜上的残留量于药后5 d达到最大值, 为0.230 mg/kg。以0.230 mg/kg为原始沉积量, 灭蝇胺在大棚黄瓜上的残留降解动态符合一级动力学方程, 半衰期为14.3 d。处理后28 d内, 黄瓜样品中三聚氰胺的残留量一直在增加, 但其残留量均低于灭蝇胺的残留量。在最后1次采样时(药后28 d), 三聚氰胺和灭蝇胺的残留量趋于相同。 [结论]以0.2 mg/kg为灭蝇胺在黄瓜上的最高残留限量, 建议灭蝇胺在大棚黄瓜上的安全间隔期为7 d。

**关键词:** 灭蝇胺; 三聚氰胺; 大棚; 黄瓜; 残留; 降解动态

中图分类号: TQ450.7 文献标志码: A 文章编号: 1006-0413(2011)02-0130-03

## The Degradation Dynamics of Cyromazine and Its Metabolite Melamine on Cucumbers in Greenhouse

WANG Jing-wen<sup>1</sup>, ZHOU Hang<sup>1</sup>, BU Hui-fei<sup>2</sup>, YANG Wen-ye<sup>1</sup>, ZHANG Hu<sup>3</sup>, WU Sheng-gan<sup>3</sup>

(1. Hangzhou Plant Protection and Soil-fertilizer Station, Hangzhou 310020, China;  
2. Jiande Soil-fertilizer Station, Jiande 311600, Zhejiang, China; 3. Institute of Quality and Standard for Agro-products, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

**Abstract:** [Methods] In order to provide scientific basis for the safe use of cyromazine on cucumbers in greenhouse, the degradation dynamics of cyromazine and its metabolite melamine on cucumbers in greenhouse were studied by hydrophilic interaction chromatography combined with MS/MS. [Results] Cyromazine 50% SP was sprayed once on the cucumbers by 150 g a.i./ha. The maximum cyromazine levels were measured on 5th day after application in the cucumbers (0.230 mg/kg fresh weight). When 0.230 mg/kg as the original residue, the cyromazine degraded by pseudo-1st-order kinetics, with a half-life of 14.3 days. The melamine residues in the cucumbers were constantly increasing within the 28 days after application. Nevertheless, the melamine residues were constantly much lower than those of cyromazine on all sampling dates, although on the last sampling day (28 d) they tended toward convergence. [Conclusions] It is suggested that the safety interval on cucumbers in greenhouse was 7 days with the MRLs of 0.2 mg/kg.

**Key words:** cyromazine; melamine; greenhouse; cucumber; residue; degradation dynamics

灭蝇胺(cyromazine)又名环丙氨嗪,为1,3,5-三嗪类昆虫生长调节剂,对双翅目幼虫有特殊活性,具有内吸传导作用,诱使双翅目幼虫和蛹在形态上发生畸变,成虫羽化不全或受抑制<sup>[1]</sup>。在我国农药登记中,灭蝇胺主要用于防治黄瓜、菜豆和花卉上的美洲斑潜蝇和斑潜蝇以及韭菜上的韭蛆<sup>[2]</sup>。灭蝇胺在动物和植物体内可通过脱烷基作用代谢为三聚氰胺,亦可在环境中通过光降解形成三聚氰胺和另外两种物质<sup>[3-7]</sup>。康奈尔大学向美国EPA递交的研究报告表明灭蝇胺可致动物乳房产生肿瘤<sup>[3]</sup>,其代谢产物三聚氰胺在饮食剂量大于10 000 mg/kg时会致公鼠膀胱肿瘤<sup>[8]</sup>。2005年,康奈尔大学向纽约州政府建议

将灭蝇胺列为“限制使用”的化合物<sup>[9]</sup>。为了减少环境中残留灭蝇胺对人类的潜在危害,美国、欧盟、日本、CAC(国际法典委员会)和中国等均制定了严格的食品、畜产品和饲料中最高残留限量<sup>[3,8,10]</sup>。目前,国内外有关灭蝇胺在食品中的研究主要集中于检测方法方面<sup>[11-15]</sup>。而有关灭蝇胺在蔬菜上的残留动态与行为的研究甚少<sup>[5-6,16-19]</sup>,且有关灭蝇胺在黄瓜中的降解动态,特别是在大棚环境中的残留降解情况尚未见报道。基于此,本文采用亲水作用色谱-串联质谱法<sup>[12]</sup>研究了灭蝇胺及其代谢物三聚氰胺在大棚黄瓜上的残留降解动态,为农药在大棚蔬菜上的安全使用提供科学依据。

收稿日期:2010-06-29 修返日期:2010-10-09

基金项目:杭州市科技发展计划(20080632B08)

作者简介:王京文(1974—)女,农艺师,主要从事农药残留与土壤肥料的检测与推广研究。E-mail: wjingwen22@sohu.com。

通讯作者:吴声敢(1977—)男,助理研究员,主要从事农药与农业环境研究。E-mail: wshenggan@163.com。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验农药:50%灭蝇胺SP(南京苏研科创农化有限公司),试验作物:黄瓜,品种名称为“津优一号”,试验地点:杭州市植保土肥总站九堡试验基地的大棚,试验土壤为潮土,试验时间:2009年4—5月。

### 1.2 施药方法

根据50%灭蝇胺SP的田间推荐用量 $150\text{ g a.i./hm}^2$ 和小区面积,以 $600\text{ kg/hm}^2$ 用水量进行对水后用WS-16型背负式手动喷雾器(海盐农帮机械有限公司生产,喷孔直径 $0.7\text{ mm}$ ,工作压力 $3\sim 4\text{ kg/cm}^2$ )叶面喷雾。

### 1.3 田间试验设计

试验设1个药剂处理和1个空白对照处理,药剂处理剂量为田间推荐剂量即 $150\text{ g a.i./hm}^2$ ,施药1次。处理和对照各设3个重复,每个重复小区面积约为 $90\text{ m}^2$ 。分别于施药后1 h、1、2、3、5、7、10、14、21、28 d按照农业部行业标准NY/T 788—2004农药残留试验准则<sup>[20]</sup>对样品进行采样和处理。

### 1.4 分析方法

#### 1.4.1 仪器与试剂

TSQ Quantum液相色谱-串联质谱配Survey液相操作系统(美国Thermo Fisher Scientific公司),Luna Hilic色谱柱( $100\text{ mm}\times 2.0\text{ mm}$ , $3\text{ }\mu\text{m}$ ,美国Phenomenex公司),IKA T18 basic均质器(美国VWR公司),固相萃取仪(美国Suplco公司),PolymerSCX Box阳离子交换柱( $6\text{ mL}$ , $150\text{ mg}$ ,美国Aglient公司),MTN-2800D氮吹仪(天津奥特赛恩斯仪器有限公司),灭蝇胺(纯度 $>99.0\%$ ,德国Dr Ehrenstorfer公司),三聚氰胺(纯度 $>99.0\%$ ,美国Fluka公司),乙腈和甲醇(色谱纯,美国Merck公司),甲酸(色谱纯,美国Tedia公司);实验用水为去离子水, $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 有机滤膜。

#### 1.4.2 提取与净化

提取与净化过程中避免使用塑料制品,以免造成三聚氰胺污染。

称取 $25\text{ g}$ (精确到 $0.01\text{ g}$ )黄瓜样品放入匀浆杯中,加入甲醇-水(体积比 $9:1$ )混合液 $60\text{ mL}$ ,高速匀浆器匀浆提取 $2\text{ min}$ ,布氏漏斗抽滤,滤液收集到具塞量筒中,加入 $0.5\text{ mol/L}$ 盐酸 $8\text{ mL}$ 并用甲醇-水(体积比 $9:1$ )混合液定容至 $100\text{ mL}$ 。从具塞量筒中吸取 $10\text{ mL}$ 提取液待过柱净化。

用 $5\text{ mL}$ 甲醇和 $5\text{ mL}$ 水预淋阳离子交换柱。上样后,分别用 $5\text{ mL}$ 水和 $5\text{ mL}$ 甲醇洗涤,抽干后用 $8\text{ mL}$ 5%氨水-甲醇洗脱,洗脱液于氮吹仪上 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 吹干,最后用 $5\text{ mL}$ 流动相定容,混匀。滤膜过滤后液相色谱-串联质谱测定。

#### 1.4.3 色谱质谱条件

色谱柱柱温: $20\text{ }^\circ\text{C}$ ;进样量 $5\text{ }\mu\text{L}$ ;流动相:乙腈- $0.1\%$ 甲酸(体积比 $9:1$ )混合液,流速 $0.2\text{ mL/min}$ 。

质谱条件:扫描方式为电喷雾正离子扫描,检测方式:选择反应监测,喷雾电压 $3800\text{ V}$ ;毛细管温度 $350\text{ }^\circ\text{C}$ ;雾化气 $0.7\text{ L/h}$ ;气帘气 $0.2\text{ L/h}$ ;碰撞气氩气 $2.0\text{ Pa}$ 。定量离子对、定性离子对、碰撞能量等参数见表1。

表1 灭蝇胺和三聚氰胺的质谱条件参数

名称	定量与定性离子对	碰撞能量
灭蝇胺	167/85 <sup>(1)</sup>	24
	167/125	24
三聚氰胺	127/68	33
	127/85 <sup>(1)</sup>	19

注:1)为定量离子对。

## 2 结果与分析

### 2.1 方法回收率、精密度、检出限和定量限

在黄瓜空白样品中添加灭蝇胺和三聚氰胺后,按照1.4所述方法进行样品的提取、净化和测定。以基质校正曲线计算,添加质量分数为 $0.04$ 、 $0.2\text{ mg/kg}$ 时,灭蝇胺和代谢物三聚氰胺的平均回收率分别为 $84.6\%$ ~ $101.3\%$ 和 $73.7\%$ ~ $83.4\%$ ,相对标准偏差(RSD)分别为 $9.5\%$ ~ $10.7\%$ 和 $8.8\%$ ~ $9.2\%$ 。灭蝇胺和三聚氰胺的方法检出限(LOD)分别为 $0.003$ 、 $0.001\text{ mg/kg}$ ,定量限(LOQ)分别为 $0.01$ 、 $0.005\text{ mg/kg}$ 。上述结果表明该方法具有较好的精密度和准确度,符合农药残留检测要求<sup>[12]</sup>。

### 2.2 灭蝇胺及其代谢物三聚氰胺在黄瓜上的降解动态

采用亲水作用色谱-串联质谱方法测定了灭蝇胺及其代谢物三聚氰胺在大棚黄瓜上的残留动态,结果见图1。

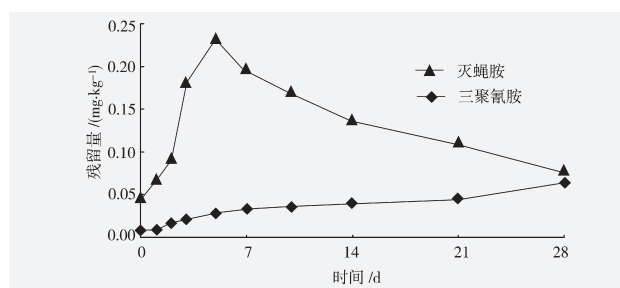


图1 灭蝇胺及其代谢物三聚氰胺在大棚黄瓜上的降解动态曲线

从结果可以看出:50%灭蝇胺SP在黄瓜结果期按 $150\text{ g a.i./hm}^2$ 进行全株喷药1次后,黄瓜中灭蝇胺的残留量逐渐增加,5 d时达到最高值( $0.230\text{ mg/kg}$ )。然后,灭蝇胺慢慢降解,药后28 d时残留量为 $0.074\text{ mg/kg}$ 。以 $0.230\text{ mg/kg}$ 为原始沉积量,对残留降解动态数据进行回归处理,可得灭蝇胺在大棚黄瓜上的降解回归方程为 $y=0.2759e^{-0.0468x}$ ,相关系数( $r$ )为 $0.9951$ ,半衰期( $t_{1/2}$ )为 $14.3\text{ d}$ 。

试验过程中,所有黄瓜样品中均测出了三聚氰胺的残留量。作为灭蝇胺的主要代谢物,三聚氰胺的残留量在药后1 h时最低,为0.007 mg/kg。随着时间的延长,三聚氰胺的残留量逐渐增加,药后28 d时其残留量达0.063 mg/kg。但三聚氰胺的残留量均低于灭蝇胺的残留量,且在试验过程中两者的差异逐渐缩小。

### 3 讨论

试验结果表明:灭蝇胺在大棚黄瓜上的残留量在5 d时达到最高,这可能与灭蝇胺在蔬菜中的吸收、传导及代谢速度慢有关。据Lim等<sup>[6]</sup>报道,灭蝇胺在芸苔属蔬菜中的残留水平与蔬菜形状有关,表面积大的残留水平高。而据Root等<sup>[5]</sup>报道,应用<sup>14</sup>C-灭蝇胺处理大棚西红柿叶片14 d后,大部分灭蝇胺残留在叶片表面,但叶片内部的灭蝇胺残留量在此期间一直在增加,且未经处理部位于7 d后也检测到灭蝇胺,表明西红柿植株可对灭蝇胺进行吸收和传导,但速度较慢。Patakious等<sup>[17]</sup>和Karras等<sup>[18]</sup>研究也表明菜豆和非洲菊的根部经含灭蝇胺营养液一直处理后,其茎叶中灭蝇胺含量于处理14 d以后才达到最高峰,表明灭蝇胺在作物体内的代谢降解速度较慢。因此,试验中黄瓜叶片因表面积大而吸附大部分药液,经较长时间后叶片残留的灭蝇胺转入叶片内部并传导至黄瓜果实中。由于灭蝇胺在作物体内代谢降解较慢,从而使得灭蝇胺在黄瓜果实中逐渐累积,故黄瓜果实中灭蝇胺残留量最大值不是出现在药后1 h,而是出现在第5天。此外,大棚内空气流通缓慢,农药施用后不易发生扩散和漂移,原先漂浮于空气中的农药雾滴需经过一定时间后才沉降到作物表面,这也是灭蝇胺最高残留量延迟出现的原因之一。

试验中,灭蝇胺在大棚黄瓜中的降解速度较慢,其半衰期为14.3 d,但长于Root等<sup>[5]</sup>和Cabras等<sup>[19]</sup>报道的灭蝇胺在露地芸苔属蔬菜和芹菜中的半衰期(约为7 d)。这是因为大棚里的光照强度要低于露地,特别是对农药降解起主要作用的紫外线有很大部分被大棚的薄膜所阻挡或吸收,无法到达作物表面,从而大大降低作物表面上灭蝇胺的降解速率。而灭蝇胺在环境中的主要物理化学降解方式是光降解<sup>[6-7]</sup>。所以,灭蝇胺在大棚作物上的降解速度要远慢于露地作物上的降解速度。

灭蝇胺在动物和植物体内可通过脱烷基作用代谢为三聚氰胺,亦可在环境中通过光降解形成三聚氰胺和其余两种物质<sup>[3-7]</sup>。试验黄瓜中三聚氰胺的残留量在试验期间持续增加,到28 d时为0.063 mg/kg。目前,我国尚无三聚氰胺的最高残留限量值,参照中华人民共和国卫生部等五部门联合公告中公布的三聚氰胺在乳与乳制品中的临时管理限量值1 mg/kg(婴幼儿配方奶粉)<sup>[21]</sup>,本试验中测得的三聚氰胺含量远低于此限值。此外,美国EPA、世

界卫生组织(WHO)和CAC均只对母体灭蝇胺作出限量规定,均不包括三聚氰胺<sup>[8]</sup>。因此,试验中三聚氰胺残留量对人类是安全的,但本结果可为食品中三聚氰胺的来源分析提供依据。

根据CAC、韩国、日本及中国规定的主要果蔬粮油茶类农产品中农药最高残留限量(MRLs)标准,灭蝇胺在黄瓜上的MRLs值为0.2 mg/kg<sup>[10]</sup>。而在欧盟和加拿大中则规定为1 mg/kg<sup>[10]</sup>。参照上述标准,50%灭蝇胺SP按田间推荐剂量即150 g a.i./hm<sup>2</sup>施药1次,大棚黄瓜在7 d后残留量低于0.2 mg/kg。因此,建议灭蝇胺在大棚黄瓜上的安全间隔期为7 d。结合灭蝇胺半衰期较长,建议在大棚设施条件下尽量减少使用灭蝇胺的次数和使用量,以避免黄瓜样品中灭蝇胺残留超标。

### 参考文献:

- [1] 余露. 三嗪类昆虫生长调节剂灭蝇胺的应用[J]. 农药市场信息, 2007(23): 33-34.
- [2] 中华人民共和国农业部农药检定所. 企业版农药电子手册 V3.0.96[DB/OL]. 数据更新至2010-05-18.
- [3] 罗芳琴, 王冉, 侯翔, 等. 三聚氰胺的代谢原药——环丙氨嗪[J]. 江苏农业科学, 2009(3): 4-7.
- [4] SANCHO J V, IBÁEZ M, GRIMALT S, *et al.* Residue Determination of Cyromazine and Its Metabolite Melamine in Chard Samples by Ion-pair Liquid Chromatography Coupled to Electrospray Tandem Mass Spectrometry[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2005, 530: 237-243.
- [5] ROOT D S, HONGTRAKUL T, DAUTERMAN W C. Studies on the Absorption, Residues and Metabolism of Cyromazine in Tomatoes[J]. *Pesticide Science*, 1996, 48(1): 25-30.
- [6] LIM L O, SCHERER S J, SHULER K D, *et al.* Disposition of Cyromazine in Plants under Environmental Conditions[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1990, 38(3): 860-864.
- [7] GORTAILLER G, VALETTE J C, GUILLARD C, *et al.* Photocatalysed Degradation of Cyromazine in Aqueous Titanium Dioxide Suspensions: Comparison with Photolysis[J]. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2001, 141(1): 79-84.
- [8] United States Environmental Protection Agency. Cyromazine; Pesticide Tolerance[EB/OL]. <http://www.epa.gov/EPA-PEST/1999/September/Day-15/p24047.htm>. 2010-06-20.
- [9] New York State Department of Environmental Conservation Division of Solid & Hazardous Materials. Cyromazine Registration of the Major Change in Labeling for Cyromazine, Contained in the Pesticide Product Trigard Insecticide 4/05[EB/OL]. [http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/insect-mite/cadusafos-cyromazine/cyromazine/cyromazine\\_let\\_405.html](http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/insect-mite/cadusafos-cyromazine/cyromazine/cyromazine_let_405.html). 2010-06-20.
- [10] 张志恒. 农药合理使用规范和最高残留限量标准[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [11] SANCHO J V, IBÁEZ M, GRIMALT S, *et al.* Residue Determination of Cyromazine and Its Metabolite Melamine in Chard Samples by Ion-pair Liquid Chromatography Coupled to Electrospray Tandem Mass Spectrometry[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2005, 530: 237-243.
- [12] 钱鸣蓉, 章虎, 何红梅, 等. 亲水作用色谱-串联质谱测定蔬菜中灭蝇胺及其代谢物三聚氰胺[J]. *分析化学*, 2009, 37(6): 902-906.

剂在新疆北疆部分县市已用于防治马铃薯甲虫。而在美国,几个马铃薯甲虫田间种群已对新烟碱类杀虫剂产生了抗药性<sup>[5-13]</sup>。因此,本文测定吡虫啉、噻虫嗪、噻虫啉和啮虫脒对新疆不同县市马铃薯甲虫4龄幼虫的触杀毒力,分析这些农药的触杀毒力差异是否与常用药剂的抗性相关。

结果表明,4种新烟碱类杀虫剂对这些田间种群均具有很好的毒杀效果。吡虫啉、噻虫嗪、噻虫啉和啮虫脒相对毒力比为1 0.87 1.90 7.20。噻虫嗪与吡虫啉毒力相当,噻虫啉毒力次之,啮虫脒相对毒力最高。Mota-Sanchez等得到了相似的结果,他们发现美国马铃薯甲虫成虫敏感品系对吡虫啉、噻虫嗪、噻虫啉和啮虫脒相对毒力比为1 0.87 1.84 2.46<sup>[10]</sup>。此外,本文还发现,4种新烟碱类农药对马铃薯甲虫4龄幼虫触杀毒力的差异与其田间种群对常规农药的抗性无关。以上结果肯定了新烟碱类药剂在马铃薯甲虫防治及抗性治理上的应用前景。

由于同一种药剂对不同发育阶段的马铃薯甲虫毒力差异很大<sup>[14-17]</sup>,因此有必要测定这4种新烟碱类杀虫剂对成虫触杀毒力的差异,以全面评价这些药剂的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] JIANG Wei-hua, WANG Zhi-tian, XIONG Man-hui, *et al.* Insecticide Resistance Status of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Adults in Northern Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. *J Eco Entomol*, 2010, 103: 1365-1371.
- [2] JIANG Wei-hua, XIONG Man-hui, WANG Zhi-tian, *et al.* A Survey of Insecticide Resistance in the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa Decemlineata*) among Northern Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. *Resist Pest Manag Newsl*, 2010, 19: 17-23.
- [3] 王志田,姜卫华,李国清. 新疆北疆马铃薯甲虫成虫抗药性水平监测[J]. *农药*, 2010, 49(3): 206-208.
- [4] 熊满辉,姜卫华,李国清. 诊断剂量法监测新疆维吾尔自治区马铃薯甲虫的抗药性[J]. *昆虫知识*, 2010, 47(4): 763-767.
- [5] ALYOKHIN A, DIVELY G, PATTERSON M, *et al.* Resistance and Cross-resistance to Imidacloprid and Thiamethoxam in the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa Decemlineata*[J]. *Pest Manag Sci*, 2007, 63: 32-41.
- [6] ALYOKHIN A, DIVELY G, PATTERSON M, *et al.* Susceptibility of Imidacloprid-resistant Colorado Potato Beetles to Non-Neonicotinoid Insecticides in the Laboratory and Field Trials[J].

- Am J Potato Res*, 2006, 83: 485-494.
- [7] BAKER M, ALYOKHIN A, PORTER A, *et al.* Persistence and Inheritance of Costs of Resistance to Imidacloprid in Colorado Potato Beetle[J]. *J Eco Entomol*, 2007, 100: 1871-1879.
- [8] DIVELY G, FOLLETT P, LINDUSKA J, *et al.* Use of Imidacloprid-treated Row Mixtures for Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Management[J]. *J Eco Entomol*, 1998, 91: 376-387.
- [9] GRAFIUS E, BISHOP B. Resistance to Imidacloprid in Colorado Potato Beetles from Michigan[J]. *Pest Manag Sci*, 1996, 8: 21-26.
- [10] MOTA-SANCHEZ D, HOLLINGWORTH R, GRAFIUS E, *et al.* Resistance and Cross-resistance to Neonicotinoid Insecticides and Spinosad in the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa Decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)[J]. *Pest Manag Sci*, 2006, 62: 30-37.
- [11] MOTA-SANCHEZ D, WHALON M, GRAFIUS E, *et al.* Resistance of Colorado Potato Beetle to Imidacloprid[J]. *Res Pest Manage*, 2000, 11: 31-34.
- [12] OLSON E, DIVELY G, NELSON J. Baseline Susceptibility to Imidacloprid and Cross Resistance Patterns in Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Populations[J]. *J Eco Entomol*, 2000, 93: 447-458.
- [13] ZHAO J, BISHOP B, GRAFIUS E. Inheritance and Synergism of Resistance to Imidacloprid in the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae)[J]. *J Eco Entomol*, 2000, 93: 1508-1514.
- [14] POURMIRZA A. Local Variation in Susceptibility of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to Insecticide[J]. *J Eco Entomol*, 2005, 98: 2176-2180.
- [15] SILCOX C, GHIDIUM G, FORGASH A. Laboratory and Field Evaluation of Piperonyl Butoxide as a Pyrethroid Synergist against the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae)[J]. *J Eco Entomol*, 1985, 78: 1399-1405.
- [16] ZEHNDER G. Timing of Insecticides for Control of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in Eastern Virginia Based on Differential Susceptibility of Life Stages[J]. *J Eco Entomol*, 1986, 79: 851-856.
- [17] ZEHNDER G, GELERNTER W. Activity of the M-ONE Formulation of A New Strain of *Bacillus Thuringiensis* against the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Relationship Between Susceptibility and Insect Life Stage[J]. *J Eco Entomol*, 1989, 82: 756-761.

责任编辑: 赵平

(上接第132页)

- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T 1725—2009. 蔬菜中灭蝇胺残留量的测定 高效液相色谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 刘新艳, 潘灿平, 刘肃. 蔬菜中灭蝇胺残留的强阳离子交换固相萃取柱净化-液相色谱法分析[J]. *农药学报*, 2008, 10(2): 166-171.
- [15] 郭筠, 莫汉宏, 安凤春, 等. HPLC检测灭蝇胺在黄瓜和土壤中的残留[J]. *土壤*, 2009, 41(5): 826-832.
- [16] 陈纪算, 王巍, 葛三明, 等. 50%灭蝇胺在小菘菜中的残留试验[J]. *安徽农学通报*, 2009, 15(15): 138-139.
- [17] PATAKIOUTAS G, SAVVAS D, MATAKOULIS C, *et al.* Application and Fate of Cyromazine in a Closed-cycle Hydroponic Cultivation of Bean (*Phaseolus vulgaris* L)[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(24): 9928-9935.
- [18] KARRAS G, SAVVAS D, PATAKIOUTAS G, *et al.* Fate of

- Cyromazine Applied in Nutrient Solution to a Gerbera (*Gerbera jamesonii*) Crop Grown in a Closed Hydroponic System[J]. *Crop Protection*, 2007, 26(5): 721-728.
- [19] CABRAS P, SPANEDDA L, MAXIA L, *et al.* Residues of Cyromazine and Its Metabolite Melamine in Celery[J]. *Revista della Societa Italiana di Scienza dell'Alimentazione*, 1990, 19(3): 55-57.
- [20] 中华人民共和国农业部. NY/T 788—2004. 农药残留试验准则[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [21] 卫生部, 工业和信息化部, 农业部, 工商总局, 质检总局. 关于乳与乳制品中三聚氰胺临时管理限量值规定的公告2008年第25号[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zwgk/2008-10/08/content\\_1114950.htm](http://www.gov.cn/zwgk/2008-10/08/content_1114950.htm), 2010-06-20.

责任编辑: 李新