

# 诊断剂量法监测新疆维吾尔自治区 马铃薯甲虫的抗药性\*

熊满辉 姜卫华 李国清\*\*

(南京农业大学昆虫系 农业部病虫害监测与治理重点开放实验室 南京 210095)

**Monitoring of insecticide resistance in larvae of *Leptinotarsa decemlineata* in Xinjiang Uygur autonomous region by diagnostic dose.** XIONG Man-Hui, JIANG Wei-Hua, LI Guo-Qing\*\* (Department of Entomology, Nanjing Agricultural University; Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Diseases and Pests, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

**Abstract** The proportion of individuals of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) resistant to several commonly used synthetic insecticides was determined in populations from 10 locations in Xinjiang; Qitai (QT), Fukang (FK), Urumqi (URMQ), Changji (CJ), Usu (US), Tekes (TKS), Nilka (NLK), Qapqal (QPQL), Xinyuan (XY) and Altay (ALT). 34.3% and 65.7% of the CJ and XY populations were resistant to cyhalothrin, and 25.0% of the US population resistant to  $\alpha$ -cypermethrin. Similarly, 60.1% and 29.0% of the QT and NLK populations showed resistance to malathion, 64.3% and 99.0% of the CJ and NLK populations were resistant to carbofent, and 50.3% of the CJ populations were resistant to imidacloprid. These results demonstrate that some populations of *L. decemlineata* in the Xinjiang Uygur autonomous region have developed detectable levels of resistance to conventional insecticides.

**Key words** Colorado potato beetle, diagnostic dose, LD-P line, insecticide, resistance

**摘 要** 本文在测定发现新疆特克斯县马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say) 田间种群对测定杀虫剂敏感的基础上, 采用特克斯田间种群确定了 19 种常用农药品种的诊断剂量, 监测了新疆奇台 (QT)、阜康 (FK)、乌鲁木齐 (URMQ)、昌吉 (CJ)、乌苏 (US)、特克斯 (TKS)、尼勒克 (NLK)、察布查尔 (QPQL)、新源 (XY) 和阿勒泰 (ALT) 共 10 个县市马铃薯甲虫对常用药剂的抗性水平。发现采自昌吉和新源的马铃薯甲虫种群对三氟氯氰菊酯分别为 34.3% 和 65.7%; 采自乌苏的马铃薯甲虫种群对高效氯氰菊酯的存活率为 25.0%; 采自奇台和尼勒克的马铃薯甲虫种群对马拉硫磷存活率分别为 60.1% 和 29.0%; 采自昌吉和尼勒克的马铃薯甲虫种群对丁硫克百威存活率分别为 64.3% 和 99.0%; 采自昌吉的马铃薯甲虫种群对吡虫啉存活率为 50.3%。上述结果证明马铃薯甲虫在新疆局部地区已对常用农药出现明显抗性。

**关键词** 马铃薯甲虫, 诊断剂量, 毒力回归曲线, 杀虫剂, 抗药性

马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say) 是一种臭名昭著的检疫性害虫<sup>[1]</sup>。该虫起源于墨西哥和美国, 自 20 世纪 90 年代从哈萨克斯坦传入我国新疆伊犁后, 至今已扩散到包括乌鲁木齐、奇台在内的整个北疆区域。常使马铃薯减产 30% ~ 50%, 严重时减产 90%<sup>[2]</sup>。自 1952 年和 1958 年报道马铃薯甲虫分别对 DDT<sup>[3]</sup> 和狄氏剂<sup>[4]</sup> 产生抗性以来, 该虫已先后

对氨基甲酸酯类、有机磷类、拟除虫菊酯类和新烟碱类等杀虫剂产生抗性<sup>[5]</sup>。抗药性的迅速发展增加了马铃薯甲虫田间治理难度。为了更好的了解马铃薯甲虫在新疆的抗性水平, 指导

\* 资助项目: 公益性行业科专项资金项目 (200803024)。

\*\* 通讯作者, E-mail: liguoqing001234@yahoo. com. cn

收稿日期: 2009-09-22, 修回日期: 2009-12-30

治理工作,监测新疆各地马铃薯甲虫抗性水平十分必要。

诊断剂量 (diagnostic dose) 或区分剂量 (discrimination dose) 指引起 99% 敏感种群个体死亡的剂量。应用诊断剂量监测害虫田间抗药性是联合国粮农组织推荐的方法。该方法认为用诊断剂量处理田间害虫种群后,只有抗性个体存活。本文采用诊断剂量法监测北疆 10 个县(市)马铃薯甲虫对我国常用的 19 种药剂的抗性水平,为马铃薯甲虫综合治理服务。

1 材料与方法

1.1 供试马铃薯甲虫

2008 年马铃薯甲虫采集于新疆乌鲁木齐市、特克斯县和奇台县;2009 年分别采集于新疆特克斯、阜康、昌吉、乌苏、尼勒克、察布查尔、新源及阿勒泰等县市。采集的马铃薯甲虫用马铃薯苗饲养到 4 龄,用于生物测定。

1.2 供试原药

94.8% 啶虫脒原药(吴县市农药厂)、97% 联苯菊酯原药(江苏扬农化工集团有限公司)、93% 氯菊酯原药(江苏南京艾金化工有限公司)、95% 阿维菌素原药(南京宝丰农药厂)、90% 辛硫磷原药(江苏通州正大农药有限公司)、93% 虫酰肼原药(中山凯大精细化工股份有限公司石岐农药厂)、99% 甲萘威原药(海利贵溪化工农药公司)、95% 氟虫腈原药(杭州拜耳作物有限公司)、95% 二嗪磷原药(南京扬子鸿利源化学)、98.9% 谷硫磷原药(Sigma-Aldrich 公司)和 95% 高效氯氰菊酯原药(海利化工股份有限公司)均购置于 2008 年至 2009 年;95% 噻虫嗪原药、90% 丁硫克百威原药、97% 吡虫啉原药、95% 三氟氯氰菊酯原药、97% 克百威原药、98.4% 水胺硫磷原药、95% 马拉硫磷原药、98% 溴氰菊酯原药均由江苏红太阳集团南京第一农药厂于 2009 年提供。所有原药贮存于 -20℃ 冰箱中备用。

1.3 测定方法

采用点滴法测定马铃薯甲虫对啶虫脒等 19 种药剂的毒力<sup>[6]</sup>,用 Hamilton 微量进样器将

药剂点滴于幼虫背部第 3 节<sup>[7]</sup>,点滴量为 0.22 μL。幼虫处理后放于直径 9 cm、高 1.5 cm 的塑料培养皿中,于室内用新鲜马铃薯叶饲养。试虫用拟除虫菊酯、有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂染毒后 24 h 检查死亡情况,用新烟碱类杀虫剂及阿维菌素、氟虫腈、虫酰肼染毒后 72 h 检查死亡情况。

毒力回归曲线测定时用丙酮将药剂稀释 5~7 个浓度,每个药剂浓度处理幼虫 10 头,重复 3 次,以丙酮处理作对照。按照 Abbott 公式计算死亡率和校正死亡率,根据机率值分析法用 EXCEL 计算毒力回归曲线、LD<sub>50</sub> 值、相关系数及 95% 置信限。诊断剂量法则用敏感品系 LD<sub>99</sub> 值点滴 4 龄幼虫,每个药剂处理幼虫 10 头,重复 10 次,以丙酮处理作对照。种群中的存活个体即为此种群中具有抗性的个体。

2 结果与分析

2.1 特克斯种群对 5 种药剂的抗药性

由于特克斯县位于天山脚下冷凉地区,气候冷凉,终年不用药治理马铃薯甲虫。因此,我们在特克斯县采集了马铃薯甲虫田间种群,测定了 4 龄幼虫对 5 种代表性药剂的毒力。结果见表 1。测定结果表明,4 龄幼虫对有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、新烟碱和生物农药代表性品种谷硫磷、克百威、高效氯氰菊酯、吡虫啉和阿维菌素的敏感,所以我们以特克斯采集的田间种群作为相对敏感品系(表 1)。

表 1 马铃薯甲虫特克斯田间种群的 4 龄幼虫对 5 种药剂的敏感性

| 药剂种类                     | 斜率     | 致死中量(μg/头)<br>(95% 置信限) |
|--------------------------|--------|-------------------------|
| 高效氯氰菊酯<br>α-Cypermethrin | 0.9524 | 0.0027(0.0003~0.0219)   |
| 谷硫磷 Azinphosmethyl       | 1.3898 | 0.3326(0.1479~0.7478)   |
| 克百威 Carbofuran           | 1.4989 | 0.0233(0.0014~0.3761)   |
| 吡虫啉 Imidacloprid         | 1.5438 | 0.0030(0.0004~0.0232)   |
| 阿维菌素 Abamectin           | 1.6037 | 0.0012(0.0003~0.0053)   |

2.2 诊断剂量下的抗性个体百分率

测定了特克斯敏感品系对 19 种常用药剂

品种的毒力回归线,并计算出诊断剂量。结果见表 2。

用这些诊断剂量监测了新疆奇台(QT)、阜康(FK)、乌鲁木齐(URMQ)、昌吉(CJ)、乌苏(US)、特克斯(TKS)、尼勒克(NLK)、察布查尔(QPQL)、新源(XY)和阿勒泰(ALT)10 个县市马铃薯甲虫对常用药剂的抗性个体百分率(表 3)。发现除伊犁地区的特克斯县和阿勒泰地区田间种群外,其它各县市田间种群均存在一定比例的抗性个体。

测定的 3 种拟除虫菊酯农药品种中,以三氟氯氰菊酯的抗性个体百分率最高,新源田间种群抗性个体达到 50% 以上,昌吉达到 30% 以上。其次是高效氯氰菊酯,阜康和乌苏田间种群抗性个体均达到 20% 左右(表 3)。

测定的 5 种有机磷农药品种中,以马拉硫

磷的抗性最严重,在奇台县和尼勒克县,田间种群中抗性个体分别达到 60.1% 和 29.0%;其次为水胺硫磷,除特克斯县外,其它县市的田间种群中均存在一定比例的抗性个体;各县市的田间种群对其它有机磷农药品种仍较敏感(表 3)。

测定的 3 种氨基甲酸酯类农药品种中,10 县市田间种群对丁硫克百威的抗性严重。尼勒克县和昌吉县田间种群对丁硫克百威的抗性个体分别达到 99.0% 和 64.3%;对克百威也有一定程度的田间抗性;但对甲萘威仍敏感(表 3)。

新烟碱类的 3 个农药品种中,昌吉田间种群对吡虫啉的抗性个体达到 50.3%;所有县市田间种群对啉虫脒和噻虫嗪均敏感。10 县市田间种群对其它农药品种如阿维菌素、氟虫腈和虫酰肼仍无明显抗性(表 3)。

表 2 19 种药剂对新疆特克斯县田间种群马铃薯甲虫 4 龄幼虫的诊断剂量

| 药剂                    | 诊断剂量<br>(μg/头) | 药剂                 | 诊断剂量<br>(μg/头) |
|-----------------------|----------------|--------------------|----------------|
| 三氟氯氰菊酯 Cyhalothrin    | 0.3042         | 辛硫磷 Phoxim         | 0.7764         |
| 溴氰菊酯 Deltamethrin     | 4.9900         | 谷硫磷 Azinphosmethyl | 15.696         |
| 高效氯氰菊酯 α-Cypermethrin | 0.7367         | 水胺硫磷 Isocarbophos  | 3.5118         |
| 氯菊酯 Permethrin        | 0.6446         | 虫酰肼 Tebufenozide   | 9.4958         |
| 联苯菊酯 Bifenthrin       | 0.1004         | 阿维菌素 Abamectin     | 0.0353         |
| 甲萘威 Carbayl           | 107.08         | 氟虫腈 Fipronil       | 0.2140         |
| 克百威 Carbofuran        | 0.8323         | 吡虫啉 Imidacloprid   | 0.0978         |
| 丁硫克百威 Carbofan        | 0.2140         | 啉虫脒 Acetamiprid    | 0.0222         |
| 二嗪磷 Diazinon          | 36.261         | 噻虫嗪 Thiamethoxam   | 0.0751         |
| 马拉硫磷 Malathion        | 519.63         |                    |                |

3 结论与讨论

马铃薯甲虫是一种极易产生抗药性的害虫,目前已报道对有机磷、有机氯、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯及新烟碱类等多种常用杀虫剂产生了抗性<sup>[5~11]</sup>。多年来,田间药效试验虽已证实新疆马铃薯甲虫的抗药性<sup>[12~14]</sup>,但尚无直接的抗药性水平监测数据。

抗性测定的基本任务之一是敏感品系的获取和敏感基线的建立。为此,我们于特克斯县终年不用药的天山脚下冷凉地区采集了马铃薯甲虫,测定了这一种群对常用药剂的耐受能力。

仅以 LD<sub>50</sub> 来比较抗性程度,还不能全面反映两个群体的差异,还须求出 b 值。b 值是 LD-P 线的斜率,是种群异质性的代表值。b 值越小,种群异质性越大,其抗药性的差异也越大<sup>[15]</sup>。文献报道<sup>[7~10]</sup>的室内敏感品系 4 龄幼虫对谷硫磷、克百威、阿维菌素、吡虫啉 b 值和 LD<sub>50</sub> 值分别为 1.50 和 0.20 μg/头、4.1 和 0.58 μg/头、2.50 和 0.0011 μg/头、3.25 和 0.60 μg/头,而特克斯田间种群 4 龄幼虫以上 4 种药剂的 b 值和 LD<sub>50</sub> 值分别为 1.40 和 0.33 μg/头、1.49 和 0.0233 μg/头、1.60 和 0.0012 μg/头、1.54 和 0.0030 μg/头。特克斯田间种群与文献报

道的室内敏感种群相比,除吡虫啉有 5 倍的差距外,其它对应的 LD<sub>50</sub> 值相似或更小,而 b 值相当或稍小。可见,特克斯田间种群对各类药剂均敏感,但不同个体间敏感性差异较大。在无室内敏感品系的情况下,作者将特克斯田间种群作为相对敏感品系。

表 3 诊断剂量点滴马铃薯甲虫 4 龄幼虫存活率

| 药剂                            | 试虫采集地 |    |      |      |      |     |      |      |      |     |
|-------------------------------|-------|----|------|------|------|-----|------|------|------|-----|
|                               | QT    | FK | URMQ | CJ   | US   | TKS | NLK  | QPQL | XY   | ALT |
| 三氟氯氰菊酯 Cyhalothrin            | 0     | 0  | 2.8  | 34.3 |      | 1   | 2.1  | 8.3  | 65.7 | 0   |
| 溴氰菊酯 Deltamethrin             | 4.0   |    |      | 0    |      | 1   | 2.8  |      |      |     |
| 高效氯氰菊酯 $\alpha$ -Cypermethrin | 6.0   | 19 |      | 3.6  | 25.0 | 0   | 1.4  |      |      |     |
| 氯菊酯 Permethrin                |       |    | 2.0  |      |      | 0   |      |      |      |     |
| 联苯菊酯 Bifenthrin               |       |    | 1.0  |      |      | 1   |      |      |      |     |
| 谷硫磷 Azinphosmethyl            | 6.0   |    |      | 4.2  | 6.0  | 2   | 0    |      |      |     |
| 水胺硫磷 Isocarbophos             | 19.7  |    | 9.0  | 9.6  |      | 1   | 12.7 |      |      |     |
| 二嗪磷 Diazinon                  | 15.4  |    |      | 5.4  | 10.0 | 0   | 1.6  |      |      |     |
| 辛硫磷 Phoxim                    | 0     |    |      | 0    | 0    | 1   | 1.6  |      |      |     |
| 马拉硫磷 Malathion                | 60.1  |    |      | 0    |      | 1   | 29.0 |      |      |     |
| 丁硫克百威 Carbosulfan             | 10.0  |    |      | 64.3 | 0    | 1   | 99.0 |      |      |     |
| 克百威 Carbofuran                |       |    | 2.0  | 18.1 |      | 0   | 3.8  |      |      |     |
| 甲萘威 Carbayl                   | 1.0   |    |      | 1.0  | 0    | 1   | 0    |      |      |     |
| 啶虫脒 Acetamiprid               |       |    | 0    | 1.9  | 6.0  | 1   | 8.1  |      |      |     |
| 吡虫啉 Imidacloprid              |       |    | 2.0  | 50.3 | 0    | 2   | 0    |      |      |     |
| 噻虫嗪 Thiamethoxam              | 2.0   |    |      | 0    |      | 1   | 0    |      |      |     |
| 阿维菌素 Abamectin                |       |    |      | 0    | 8.0  | 0   | 4.2  |      |      |     |
| 氟虫腈 Fipronil                  | 6.9   |    |      | 0    | 14.5 | 1   | 0    |      |      |     |
| 虫酰肼 Tebufenozide              |       |    |      | 10.0 |      | 1   | 5.0  |      |      |     |

本文用诊断剂量法监测了新疆奇台、阜康、乌鲁木齐、昌吉、乌苏、特克斯、尼勒克、察布查尔、新源和阿勒泰 10 个县市马铃薯甲虫对常用药剂的抗性水平。发现除伊犁地区的特克斯县和阿勒泰地区田间种群外,其它各县市田间种群对测定药剂均有不同程度的抗药性。有的药剂已不宜继续使用。如三氟氯氰菊酯应在乌鲁木齐、新源和昌吉禁用;高效氯氰菊酯应在阜康和乌苏禁用;马拉硫磷应在奇台和尼勒克禁用;丁硫克百威应在尼勒克和昌吉禁用。新烟碱类的吡虫啉在新疆使用多年,个别地区已出现明显抗性,应引起警惕。

参 考 文 献

1 Kim H. J. , Dunn J. B. , Yoo K. S. Target site insensitivity and mutational analysis of acetylcholinesterase from a carbofuran-resistant population of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* ( Say ). *Pest. Bioch. Physiol.* , 2006 , **84** ( 3 ) : 165 ~ 179.

2 王俊,王登元,侯洪. 新疆马铃薯甲虫的发生与防治现状.

新疆农业科技, 2008 , ( 3 ) : 60.

3 Quinton R. J. DDT-resistant Colorado potato beetles. *Proceedings of the North Central Branch of the Entomological Society of America* , 1955 , **9** : 94 ~ 95.

4 Hofmaster R. N. , Waterfield R. L. Boyd J. C. , Insecticides applied to the soil for control of eight species of insects on Irish potatos in Virginia. *J. Econ. Entomol.* , 1967 , **60** : 1 311 ~ 1 318.

5 Alyokhin A. , Baker M. Colorado potato beetle resistance to insecticides. *Am. J. Pot. Res.* , 2008 , **85** ( 6 ) : 395 ~ 413.

6 FAO. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* ( Say ). FAO method no. 12. *FAO Plant Prot. Bull.* , 1974 , **22** : 112 ~ 116.

7 Argentine J. A. , Clark J. M. , Ferro D. N. Genetics and synergism of resistance to azinphosmethyl and permethrin in the Colorado potato beetle ( Coleoptera, Chrysomelidae ). *J. Econ. Entomol.* , 1989 , **82** : 698 ~ 705.

8 Rose R. L. , Brindley W. A. An evaluation of the role of oxidative enzymes in Colorado potato beetle resistance to carbamate insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 1985 , **23** :