

新疆石河子和博州地区马铃薯甲虫抗药性检测^{*}

梁沛^{1**} 王俊刚² 武晓蕊¹ 高希武¹

(1. 中国农业大学昆虫学系 北京 100193; 2. 新疆石河子大学农学院 石河子 832003)

摘 要 马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say) 在新疆北部的危害逐年加重。本文采用点滴法检测了石河子、博州和昌吉 3 个地区 4 个马铃薯甲虫田间种群对有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、新烟碱类等 15 种杀虫药剂的抗性水平。结果表明,所检测的沙湾、玛纳斯、博乐和奇台 4 个马铃薯田间种群对拟除虫菊酯类高效氯氟氰菊酯和溴氰菊酯产生了 11~155 倍的抗性,博乐种群对高效氯氟氰菊酯抗性为 27 倍;4 个种群对氨基酸酯类的丁硫克百威也产生了 33~59 倍的抗性。另外,对硫丹和阿维菌素也分别产生了 11~23 倍和 4~7 倍的抗性。但对水胺硫磷等 4 种有机磷和吡虫啉等 3 种新烟碱类杀虫药剂仍然比较敏感。研究结果为上述地区马铃薯甲虫的有效控制提供重要依据。

关键词 马铃薯甲虫, 杀虫药剂, 抗药性检测

Detection of insecticide resistance in *Leptinotarsa decemlineata* from the Shihezi and Bozhou areas

LIANG Pei^{1**} WANG Jun-Gang² WU Xiao-Rui¹ GAO Xi-Wu¹

(1. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract Damage caused by the Colorado potato beetle (CPB), *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in northern Xinjiang has increased since 1993. Insecticide resistance of four field populations of CPB to 15 insecticides was assessed using the topical application bioassay. The results show that the Shawan, Manas, Bole and Changji populations have developed 16—155-fold and 11—143-fold resistance to lambda-cyhalothrin and deltamethrin, respectively, and the Bole population showed 27-fold resistance to beta-cypermethrin. All four field populations also displayed 33—59-fold resistance to carbosulfan and 11—23-fold and 4—7-fold resistance to endosulfan and abamectin, respectively, but remain susceptible to two carbamates, four organophosphates and three neonicotinoid insecticides.

Key words *Leptinotarsa decemlineata*, insecticide, resistance detection

马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say), 也称马铃薯叶甲, 属鞘翅目、叶甲科, 是国际公认的毁灭性检疫害虫。自 1993 年 5 月入侵我国新疆伊犁地区后, 由西向东逐年扩散, 至 2009 年, 已扩散到新疆北部大部分区域, 包括天山以北准噶尔盆地的 8 个地州、35 个县市, 分布面积约 260 000 km² (郭文超等, 2010)。马铃薯甲虫繁殖率高、抗逆性强, 主要以成虫和幼虫取食叶片, 通常将植株叶片吃光。如果不进行合理防治, 马铃薯甲虫危害可一般造成 30%~50% 产量损失, 严

重者减产可达 90%, 甚至造成绝收 (郭文超等, 2010)。

目前对马铃薯甲虫的防治仍然以化学农药为主。由于杀虫药剂的长期施用, 导致马铃薯甲虫已经对许多常用杀虫药剂产生了不同水平的抗性, 甚至对一些新型杀虫药剂也产生了抗药性 (Jiang *et al.*, 2010)。本文检测了新疆石河子和博乐地区马铃薯甲虫田间种群对常用杀虫药剂的抗性水平, 以期为其有效治理提供依据。

* 资助项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (2009CB119200)、公益性行业 (农业) 科研专项 (200803024)。

** 通讯作者, E-mail: liangcau@cau.edu.cn

收稿日期: 2012-01-01, 接受日期: 2012-02-29

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

供试的 4 个马铃薯甲虫田间种群分别采自新疆昌吉回族自治州奇台县(奇台种群)、石河子市的玛纳斯县(玛纳斯种群)和沙湾县(沙湾种群),及位于博尔塔拉蒙古自治州的农五师 88 团(博乐种群)。从田间采回后选取个体大小一致、健康的 4 龄幼虫直接用于生物测定。

1.2 供试药剂

95% 高效氯氟菊酯原药(海利化 T 股份有限公司)、95% 三氟氯氰菊酯原药、98% 溴氰菊酯原药、95% 二嗪磷原药(南京物马鸿利源化学)、98.4% 水胺硫磷原药、95% 马拉硫磷原药、90% 辛硫磷原药(江苏通州正大农药有限公司)、97% 克百威原药、90% 丁硫克百威原药、99% 甲萘威原药(海利贵溪化工农药公司)、94.5% 硫丹原药(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)、94.8% 啶虫脒原药(吴县市农药厂);95% 噻虫嗪原药和 97% 吡虫啉原药均为江苏红太阳集团南京第一农药厂产品。

1.3 生物测定

参照 Stanković 等(2004)的点滴法,有修改。用丙酮将杀虫剂原药溶解配制为一定浓度的贮存液,于 4℃ 冰箱中保存。测定时将贮存液用丙酮等比稀释成 7 个浓度,用 Hamilton 微量点滴器将药液滴加到马铃薯甲虫 4 龄幼虫腹部的第 1 腹节处,药液体积为 1.136 μL 。点滴丙酮的为对照。每个浓度设 4 次重复,每个重复 10 头 4 龄幼虫。处理后的试虫置于 9 cm 塑料培养皿中,于室温下 48 h 后检查死亡率。以昆虫针刺探不动或足仍在动但明显不能正常行走的判定为死亡。

1.4 数据处理

生测数据用 POLO 软件(Russell *et al.*, 1977)处理,得到回归方程的斜率($\text{slope} \pm \text{SE}$)、致死中量(LD_{50})及其 95% 置信限(95% CL)及相应自由度(df)下的卡方值(χ^2)。以 Jiang 等(2010)、熊满辉等(2010)和卢伟平等(2011)测定的相对敏感的特克斯田间种群为对照,计算种田间种群的相对抗性倍数(RR)。

2 结果与分析

对 4 种有机磷杀虫药剂的毒力测定结果表明,与相对敏感的特克斯种群相比,沙湾、玛纳斯、博乐和奇台 4 个田间种群对马拉硫磷产生了 3.5 ~ 7.6 倍的低水平抗性,但对水胺硫磷、辛硫磷和二嗪磷仍然比较敏感,其中对辛硫磷的敏感程度甚至比特克斯种群还要高 1.4 ~ 2.2 倍(表 1)。

对丁硫克百威、克百威和甲萘威的测定结果显示(表 2),4 个田间种群对丁硫克百威均产生了中等至高水平抗性,抗性达 32.9 ~ 59.0 倍,但对甲萘威和克百威仍然比较敏感。只有博乐种群对克百威产生的低水平抗性(5.3 倍)。

表 3 结果显示,4 个田间种群对高效氯氟菊酯和溴氰菊酯均产生了中等至高水平抗性,最高达 150 倍。博乐种群对高效氯氟菊酯也产生了中等抗性(27 倍),但其他 3 个种群对高效氯氟菊酯仍处于相对敏感状态。

对新烟碱类杀虫药剂的生测结果(表 4)表明,玛纳斯、奇台和博乐种群均对啶虫脒产生了低水平抗性,另外博乐种群对吡虫啉也产生了低水平抗性。4 个种群对噻虫嗪均保持敏感状态。

4 个田间种群对有机氯类的硫丹和生物源杀虫剂阿维菌素也产生了低到中等抗性,抗性指数分别为 11 ~ 22 倍和 4 ~ 8 倍(表 5)。

3 讨论

马铃薯甲虫自从侵入我国以来,在新疆北疆地区的危害范围不断扩展,造成的经济损失也日益加重(郭文超等,2010)。虽然对该虫一直以化学防治为主,但对其田间种群的抗药性水平鲜有报道。最近,熊满辉等(2010)和 Jiang 等(2010)调查了新疆北疆地区乌鲁木齐、昌吉、塔城等 10 个县市马铃薯甲虫田间种群的对常规杀虫药剂的抗性水平,发现昌吉种群和尼勒克种群对三氟氯氰菊酯、溴氰菊酯、克百威及丁硫克百威均产生了 10 ~ 108 倍的抗性,昌吉和阜康种群对高效氯氟菊酯也分别产生 9 倍和 13 倍的抗性。本研究测定发现,所检测的 4 个马铃薯田间种群对拟除虫菊酯类高效氯氟菊酯、溴氰菊酯和高效氯氟菊酯大都产生了中等至高水平抗性,对氨基酸酯类的丁硫克百威也产生了 33 ~ 59 倍的抗性。另外,对硫丹和阿维菌素也产生了低到中等抗性。但对所

表 1 4 种有机磷类杀虫剂对马铃薯甲虫田间种群 4 龄幼虫的毒力

Table 1 Toxicity of four organophosphorus insecticides to the 4th instar larvae of field populations of *Leptinotarsa decemlineata*

杀虫剂 Insecticide	种群 Population	斜率 Slope ± SE	LD ₅₀ (μg/头) (95% confidence limits)	卡方值 χ^2 (df)	相对倍数 RR *
水胺硫磷 Isocarbophos	特克斯 TKS	3. 170	0. 650 (0. 369—1. 14)	—	1. 0
	沙湾 SW	1. 953 ± 0. 250	0. 627 (0. 480—0. 813)	9. 16 (19)	1. 0
	玛纳斯 MNS	1. 901 ± 0. 246	0. 778 (0. 597—1. 021)	1. 08 (19)	1. 2
	博乐 BL	2. 310 ± 0. 278	0. 768 (0. 609—0. 974)	2. 88 (19)	1. 2
	奇台 QT	1. 925 ± 0. 246	0. 609 (0. 464—0. 791)	2. 88 (19)	0. 9
辛硫磷 Phoxim	特克斯 TKS	3. 62	0. 177 (0. 094—0. 334)	—	1. 0
	沙湾 SW	2. 028 ± 0. 254	7. 889 × 10 ⁻² (6. 289 × 10 ⁻² — 10. 34 × 10 ⁻²)	1. 20 (19)	0. 5
	玛纳斯 MNS	2. 406 ± 0. 291	9. 523 × 10 ⁻² (7. 334 × 10 ⁻² — 12. 68 × 10 ⁻²)	1. 88 (19)	0. 5
	博乐 BL	2. 510 ± 0. 322	0. 131 (0. 105—0. 167)	2. 28 (19)	0. 7
	奇台 QT	1. 731 ± 0. 233	8. 200 (0. 06. 2—0. 111)	2. 72 (19)	0. 5
二嗪磷 Diazion	特克斯 TKS	2. 00	2. 490 (1. 290—4. 810)	—	1. 0
	沙湾 SW	2. 007 ± 0. 259	2. 533 (1. 968—3. 337)	1. 60 (19)	1. 0
	玛纳斯 MNS	1. 560 ± 0. 225	2. 495 (1. 840—3. 519)	1. 2 (19)	1. 0
	博乐 BL	1. 592 ± 0. 223	6. 214 (4. 525—8. 414)	2. 04 (19)	2. 5
	奇台 QT	1. 272 ± 0. 219	4. 065 (2. 866—6. 556)	2. 64 (19)	1. 6
马拉硫磷 Malathion	特克斯 TKS	3. 11	9. 280 (5. 350—16. 00)	—	1. 0
	沙湾 SW	1. 674 ± 0. 235	61. 232 (45. 788—82. 734)	1. 40 (19)	6. 6
	玛纳斯 MNS	0. 862 ± 0. 198	32. 471 (19. 272—78. 548)	1. 40 (19)	3. 5
	博乐 BL	1. 541 ± 0. 226	70. 088 (51. 559—98. 111)	1. 76 (19)	7. 6
	奇台 QT	1. 362 ± 0. 222	57. 000 (40. 305—90. 328)	2. 24 (19)	6. 2

* : 相对倍数 = 田间种群 LD₅₀/特克斯种群的 LD₅₀; —: 表示数据未知。下表同。RR = LD₅₀ of field population/LD₅₀ of TKS; — means the data not available. The same below.

测定的水胺硫磷等 4 种有机磷和吡虫啉等 3 种新烟碱类杀虫药剂仍然比较敏感。这与已经报道的北疆其他地区马铃薯甲虫的抗性现状基本一致。

现有研究结果表明,新疆北疆大部分地区的马铃薯甲虫已经对多种常用杀虫药剂产生了不同程度的抗性,尤其是对以高效氯氟氰菊酯为代表的拟除虫菊酯类杀虫药剂甚至达到了高水平抗性。调查发现,这与农户的防治措施不当有很大关系。当越冬代马铃薯甲虫进入田间开始危害时,由于种群数量少,造成的危害也不明显,所以往往不能引起种植户重视,他们往往要等到其第 2 代大量出现、对植株造成明显损失时才匆忙用药,而此时幼虫已经到了 3 龄或 4 龄等耐药性比较强

的阶段,不仅防治效果差,而且加速了害虫抗药性的发展。加上种植户长期使用成本相对较低的菊酯类杀虫药剂,从而导致马铃薯甲虫对这些药剂抗性的快速发展。

因此,建议在新疆立即停止使用菊酯类杀虫药剂防治马铃薯甲虫,同时连队生产科的相关技术人员应加强田间早期虫情监测,在越冬代成虫所产的卵刚孵化时(对药剂敏感的阶段),指导种植户抓住时机,及时用药。另外,选择马铃薯甲虫较为敏感的杀虫药剂,如有机磷和新烟碱类杀虫药剂进行防治,并注意药剂的轮换使用,做到既有效控制马铃薯甲虫的危害,又尽可能延缓其抗药性的产生的发展。

表 2 3 种氨基甲酸酯类杀虫剂对马铃薯甲虫田间种群 4 龄幼虫的毒力
Table 2 Toxicity of three carbamate insecticides to the 4th instar larvae of field
populations of *Leptinotarsa decemlineata*

杀虫剂 Insecticide	种群 Population	斜率 Slope ± SE	LD ₅₀ (μg/头) (95% confidence limits)	卡方值 $\chi^2(df)$	相对倍数 RR [*]
丁硫克百威 Carbosulfan	特克斯 TKS	1.82	1.120×10^{-2} (0.574×10^{-2} — 2.190×10^{-2})	—	1.0
	沙湾 SW	1.782 ± 0.237	0.448 (0.341—0.604)	3.16 (19)	40.0
	玛纳斯 MNS	1.618 ± 0.226	0.369 (0.273—0.502)	2.36 (19)	32.9
	博乐 BL	2.352 ± 0.305	0.661 (0.525—0.853)	1.24 (19)	59.0
	奇台 QT	2.059 ± 0.262	0.422 (0.330—0.546)	2.08 (19)	37.7
甲萘威 Carbaryl	特克斯 TKS	3.18	1.98 (1.03—3.82)	—	1.0
	沙湾 SW	1.81 ± 0.246	1.227 (0.932—1.692)	2.52 (19)	0.6
	玛纳斯 MNS	1.491 ± 0.221	0.867 (0.630—1.218)	1.56 (19)	0.4
	博乐 BL	1.543 ± 0.254	2.329 (1.643—3.905)	2.80 (19)	1.2
	奇台 QT	1.164 ± 0.212	1.798 (1.190—3.344)	1.48 (19)	0.9
克百威 Carbofuran	特克斯 TKS	1.50	2.033×10^{-2} (0.144×10^{-2} — 0.376×10^{-2})	—	1.0
	沙湾 SW	1.829 ± 0.238	5.231×10^{-2} (4.089×10^{-2} — 6.867×10^{-2})	3.88 (19)	2.6
	玛纳斯 MNS	1.550 ± 0.222	6.378×10^{-2} (4.776×10^{-2} — 8.867×10^{-2})	2.88 (19)	3.1
	博乐 BL	1.453 ± 0.221	10.73×10^{-2} (7.712×10^{-2} — 16.380×10^{-2})	3.44 (19)	5.3
	奇台 QT	2.333 ± 0.281	5.734×10^{-2} (4.531×10^{-2} — 7.236×10^{-2})	3.00 (19)	2.8

表 3 3 种拟除虫菊酯类杀虫剂对马铃薯甲虫田间种群 4 龄幼虫的毒力
Table 3 Toxicity of three pyrethroids insecticides to the 4th instar larvae of field
populations of *Leptinotarsa decemlineata*

杀虫剂 Insecticide	种群 Population	斜率 Slope ± SE	LD ₅₀ (μg/头) (95% confidence limits)	卡方值 $\chi^2(df)$	相对倍数 RR [*]
高效氯氟氰菊酯 lammida-cyhalothrin	特克斯 TKS	0.830	0.50 (0.10—1.95)	—	1.0
	沙湾 SW	2.205 ± 0.271	8.213 (6.112—10.329)	1.68 (19)	16.4
	玛纳斯 MNS	2.231 ± 0.276	10.012 (8.342—13.337)	3.48 (19)	20.0
	博乐 BL	1.170 ± 0.205	77.890 (53.650—124.800)	2.56 (19)	155.0
	奇台 QT	1.437 ± 0.222	24.31 (17.43—35.22)	2.25 (19)	48.6
溴氰菊酯 Deltamethrin	特克斯 TKS	0.540	0.20 (0.10—3.64)	—	1.0
	沙湾 SW	1.299 ± 0.210	2.231 (1.078—3.563)	1.40 (19)	11.2
	玛纳斯 MNS	1.335 ± 0.211	3.234 (1.978—5.348)	1.32 (19)	16.2
	博乐 BL	1.734 ± 0.235	28.67 (20.34—43.89)	2.56 (19)	143.4
	奇台 QT	1.896 ± 0.392	4.137 (3.325—4.982)	0.84 (19)	20.7
高效氯氟菊酯 Beta cypermethrin	特克斯 TKS	0.950	2.70 (0.30—21.9)	—	1.0
	沙湾 SW	1.764 ± 0.240	4.203 (3.213—6.341)	1.52 (19)	1.6
	玛纳斯 MNS	1.864 ± 0.241	8.431 (6.212—11.55)	5.08 (19)	3.1
	博乐 BL	1.483 ± 0.219	73.23 (52.78—102.8)	1.64 (19)	27.1
	奇台 QT	1.926 ± 0.321	8.654 (6.012—13.34)	2.84 (19)	3.2

表 4 3 种新烟碱类杀虫剂对马铃薯甲虫田间种群 4 龄幼虫的毒力
Table 4 Toxicity of three neonicotinoid insecticides to the 4th instar larvae of field
populations of *Leptinotarsa decemlineata*

杀虫剂 Insecticide	种群 Population	斜率 Slope ± SE	LD ₅₀ (μg/头) (95% confidence limits)	卡方值 $\chi^2(df)$	相对倍数 RR [*]
吡虫啉 Imidacloprid	特克斯 TKS	1.544	3.000(0.400—23.200)	—	1.0
	沙湾 SW	1.395 ± 0.215	3.418(2.453—4.962)	2.72(19)	1.1
	玛纳斯 MNS	1.582 ± 0.227	2.074(1.076—3.075)	2.08(19)	0.7
	博乐 BL	1.107 ± 0.201	11.88(8.213—18.32)	2.00(19)	4.00
	奇台 QT	1.729 ± 0.234	6.778(4.798—9.214)	1.32(19)	2.3
啶虫脒 Acetamprid	特克斯 TKS	1.481	0.600(0.100—5.000)	—	1.0
	沙湾 SW	1.737 ± 0.235	2.023(1.056—2.233)	1.12(19)	3.4
	玛纳斯 MNS	1.446 ± 0.241	4.255(3.231—7.322)	1.88(19)	7.1
	博乐 BL	1.076 ± 0.205	3.103(2.122—5.332)	1.64(19)	5.2
	奇台 QT	1.121 ± 0.206	2.768(1.896—5.211)	2.04(19)	4.6
噻虫嗪 Thiamethoxam	特克斯 TKS	1.949	4.800(0.500—48.90)	—	1.0
	沙湾 SW	2.685 ± 0.324	3.056(2.421—3.430)	2.56(19)	0.6
	玛纳斯 MNS	2.034 ± 0.256	3.009(2.018—3.337)	3.56(19)	0.6
	博乐 BL	1.281 ± 0.231	8.308(5.109—16.09)	2.00(19)	1.7
	奇台 QT	0.976 ± 0.207	7.102(3.854—18.011)	1.00(19)	1.5

表 5 硫丹和阿维菌素对马铃薯甲虫田间种群 4 龄幼虫的毒力
Table 5 Toxicity of endosulfan and abamectin to the 4th instar larvae of field
populations of *Leptinotarsa decemlineata*

杀虫剂 Insecticide	种群 Population	斜率 Slope ± SE	LD ₅₀ (μg/头) (95% confidence limits)	卡方值 $\chi^2(df)$	相对倍数 RR [*]
硫丹 Endosulfan	特克斯 TKS	1.889	0.127(0.054—0.299)	—	1.0
	沙湾 SW	1.819 ± 0.240	1.368(1.037—1.805)	2.12(19)	10.8
	玛纳斯 MNS	1.714 ± 0.234	1.776(1.337—2.408)	1.96(19)	14.0
	博乐 BL	1.775 ± 0.2251	2.857(2.154—4.028)	1.80(19)	22.5
	奇台 QT	1.382 ± 0.217	2.243(1.602—3.360)	2.20(19)	17.7
阿维菌素 Avermectin	特克斯 TKS	1.604	1.200×10^{-3} (3.000×10^{-3} — 5.300×10^{-3})	—	1.0
	沙湾 SW	1.938 ± 0.249	0.508×10^{-2} (0.368×10^{-2} — 0.634×10^{-2})	3.16(19)	4.2
	玛纳斯 MNS	1.880 ± 0.244	0.478×10^{-2} (0.389×10^{-2} — 0.643×10^{-2})	1.88(19)	4.0
	博乐 BL	1.763 ± 0.238	0.920×10^{-2} (0.710×10^{-2} — 1.454×10^{-2})	1.92(19)	7.7
	奇台 QT	1.710 ± 0.236	0.808×10^{-2} (0.532×10^{-2} — 2.356×10^{-2})	4.04(19)	6.7

参考文献 (References)

Jiang WH, Xiong MH, Wang ZT, Lu WP, Liu P, Guo WC, Li GQ, 2010. Incidence and synergism of resistance to conventional insecticides in larvae of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), in northern Xinjiang, China. *Acta*

Entomol. Sin., 53(12):1352—1359.

Russell RM, Robertson JL, Savin NE, 1977. POLO: a new computer program for probit analysis. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 23:209—213.

Stanković S, Zabel A, Kostic M, Manojlovic B, Rajkovic S, 2004. Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*

- (Say) resistance to organophosphates and carbamates in Serbia. *J. Pest Sci.*, 77:11—15.
- 郭文超,吐尔逊,许建军, 2010. 马铃薯甲虫识别及其在新疆的分布、传播和危害. 新疆农业科学, 47(5):906—909.
- 卢伟平,刘萍,姜卫华, 2011. 4 种新烟碱类杀虫剂对马铃薯甲虫的触杀毒力比较. 农药, 50(2):137—140.
- 熊满辉,姜卫华,李国清, 2010. 诊断剂量法监测新疆维吾尔自治区马铃薯甲虫的抗药性. 昆虫知识, 47(4):763—766.