

广东小菜蛾对阿维菌素的抗性研究

冯 夏, 陈焕瑜, 吕利华, 莫 严, 卢悦昌, 谢齐贺, 张小雄

(广东省农业科学院植物保护研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 广东省供港菜场小菜蛾对阿维菌素的抗性有逐年上升趋势, 1992 年抗性为 2 倍, 1994 年为 12 倍, 1996 年达 20 倍。广州内陆菜区与供港菜场 1992 和 1999 年小菜蛾对几种蔬菜常用药剂的抗性对比表明, 2 个菜区小菜蛾对阿维菌素、Bt 制剂及昆虫生长调节剂定虫隆的抗性均有较大幅度地提高, 而供港菜场小菜蛾的抗性更强; 对敌敌畏、灭多威、氰戊菊酯及杀螟丹等有机化学农药的抗性, 1992 与 1999 年则差别不大, 象氰戊菊酯这样近年较少使用的药剂, 抗性有减弱的迹象。抗 Bt 品系小菜蛾对阿维菌素无交互抗性, 对阿维菌素敏感的小菜蛾在阿维菌素的选择压力下亦会产生抗性, 连续选育 20 代, 抗性倍数达 11.55 倍。用阿维菌素选育的抗性品系对定虫隆产生了明显的抗性, 说明它们之间存在交互抗性。

关键词: 小菜蛾; 阿维菌素; 抗性选育; 交互抗性

中图分类号: S432.21

文献标识码: A

小菜蛾(*Plutella xylostella* L.)是世界性十字花科蔬菜主要害虫, 是对农药产生抗性最严重的害虫之一。Ankersmit^[1] 1953 年报道了小菜蛾对 DDT 的抗药性, 之后, 据报道小菜蛾在菲律宾、日本、马来西亚、台湾、美国及中国等地对多种药剂均产生了抗药性^[2]。小菜蛾的抗性问题引起了世界各国专家学者的重视, 并召开了多次国际性会议专门探讨小菜蛾的抗性治理问题。

80 年代末 90 年代初, 广东供港菜区小菜蛾几乎对所有的有机化学农药都产生了不同程度的抗药性, 对优质蔬菜生产造成严重影响。1989 年由日本石原产业株式会社引进的昆虫生长调节抑制剂“定虫隆”(Chlorfluazuron)仅在广东供港菜区使用半年, 小菜蛾就对其产生了严重的抗性。随后由广东省农科院植保所与扬州生物试验厂合作研制出苏芸金杆菌(Bt)复合剂, 在供港菜区得到广泛应用并取得一定效果, 之后又引进了对小菜蛾有特效的农用抗生素——阿维菌素(Avermectin)。阿维菌素的大面积推广应用使广东菜区的小菜蛾得到有效控制。

有关小菜蛾对有机化学农药的抗性问题的看法较一致^[2], 但对微生物杀虫剂的抗性问题的看法不一。冯夏等^[3] 1996 年曾就小菜蛾对 Bt 的抗性监测及抗性选育作过报道。本研究主要探讨了田间小菜蛾对阿维菌素及常用化学农药的抗性变化、小菜蛾对阿维菌素的抗性选育, 为田间更合理使用

微生物农药, 延缓小菜蛾的抗药性提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

(1)供试对象: 台湾敏感品系小菜蛾(susceptible strain, SS)由华南农业大学昆虫毒理研究室提供; 广州菜区小菜蛾(resistant DBM I)从广州市郊菜地采集; 供港菜区小菜蛾(resistant DBM II)从深圳、东莞等地供港菜区采集。

(2)测试药品: 阿维菌素(abamectin), 浙江海正集团公司提供标准品、浓缩液, 有效成分按 B1a 计算; 害极灭(dynamec), abamectin, φ 为 1.8% EC, 美国默沙东公司产品; 大宝粉剂(dipel), *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, 16 000 IU/mg WP, 美国 Abbott 公司产品; 敌敌畏(DDVP), dichlorvos, φ 为 80% EC, 邯郸溢阳农药厂产品; 氰戊菊酯(sumicidin), fenvalerate, φ 为 20% EC, 日本住友化学工业株式会社产品; 杀螟丹(padan), cartap, w 为 98% WP, 日本武田药品工业株式会社产品; 杀虫双(dimethypo), φ 为 18% L, 湖南益阳农药厂产品; 异丙威(MIPC), isoprocarb, φ 为 20% EC, 广东江门市农药厂产品; 灭多威(万灵), methomyl, φ 为 24% L, 美国杜邦公司产品; 定虫隆(IKI-7899), chlorfluazuron, φ 为 5% EC, 日本石原产业株式会社产品。

1.2 试验方法

生物制剂阿维菌素、害极灭、Bt 等的毒力测定采

用浸叶法^[3]. 触杀作用较强的化学农药采用喷雾法^[3]. 2 种处理均为 3 次重复, 每重复接虫 15~20 头. 接虫喷药处理后均置于 23℃, 光照 10 h 的人工气候箱内, 接虫 48 h 后检查记录幼虫死亡数.

1.3 数据处理

由处理浓度(mg·L⁻¹)的对数值和相应的死亡机率值求出毒力回归方程, 并求出致死中浓度值(LC₅₀)及相关系数, 以上计算是用 DPS 软件完成^[4]. 对照组死亡率在 10%以下的为有效试验, 计算处理组的校正死亡率.

抗性倍数=
$$\frac{\text{测定品系种群的 } LC_{50} \text{ 值}}{\text{敏感品系种群的 } LC_{50} \text{ 值}}$$

增效倍数=
$$\frac{\text{单个杀虫剂的 } LC_{50} \text{ 值}}{\text{加增效剂后的 } LC_{50} \text{ 值}}$$

2 结果与分析

2.1 小菜蛾对阿维菌素的田间抗性监测

从 1992~1999 年, 供港菜场连年大量地施用阿维菌素防治小菜蛾, 因此笔者利用国产阿维菌素和进口商品害极灭跟踪测定田间种群抗性的发生发展. 以抗性倍数的高低划分小菜蛾抗性水平的级别^[5]. 多年的抗性监测结果表明(表 1), 1992 年该抗生素在使用初期小菜蛾对其抗性倍数为 2, 属于敏感水平; 经大量连续使用 1 a 后, 抗性倍数在 5~10 之间, 属低抗水平; 1994 年小菜蛾对阿维菌素和害极灭的抗性分别为 12.00 和 14.52 倍, 进入中抗水平. 之后直到 1999 年小菜蛾田间抗药性仍属中等抗性水平. 1997 年抗性倍数达到相对最高值, 分别为 22.75 和 25.19 倍. 由于测定的阿维菌素是浓缩液, 含有多个组分, 而害极灭仅含有 B1 组分, 因而测定的 2 种药剂的致死中量及抗性倍数之间有一定差异, 但在总体上, 抗性发展趋势是一致的.

2.2 广东主要菜区小菜蛾对几种农药的抗性演变

测定结果表明(表 2), 由于近年大量连续使用微生物杀虫剂, 广东主要菜区无论是广州市郊的内陆菜区还是深圳、东莞等地的供港菜场, 小菜蛾对害极灭和大宝的抗性发展得非常迅速. 1992 年两地对害极灭的抗性倍数分别只有 2.18 和 2.38 倍, 1999 年分别达 9.82 和 24.05 倍. Bt 制剂应用时间早, 抗性问題更加严重, 由于供港菜场与广州内陆菜区 Bt 使用情况不同, 供港菜场的抗性远较广州内陆菜区的高. 1992 年两地小菜蛾对 Bt 制剂大宝的抗性分别是 17.97 和 5.55 倍, 1999 年分别达 44.82 和 12.23 倍. 对于敌敌畏、灭多威、氰戊菊酯、杀螟丹等常用化学农药, 1992 与 1999 年小菜蛾的抗药性变化不大, 但拟除虫菊酯类的氰戊菊酯的抗性有所减弱, 可能与近年该药剂使用较少有关. 另外昆虫生长调节抑制剂的抗性也有较快增长.

表 1 小菜蛾对国产阿维菌素浓缩液及害极灭的抗性监测
(1992~1999)

Tab. 1 The diamondback moth (DBM) resistance to concentrated preparation of abamectin and dynamec					
测定年份 year	虫源 population source	LC ₅₀ /(mg·L ⁻¹)		抗性倍数 resistance ratio	
		阿维菌素 atamectin	害极灭 atamectin	阿维菌素 atamectin	害极灭 atamectin
1992	敏感品系	0.04	0.21		
1992	供港菜场	0.08	0.50	2.00	2.38
1993	供港菜场	0.30	1.73	7.50	8.24
1994	供港菜场	0.48	3.05	12.00	14.52
1995	供港菜场	0.64	3.57	16.00	17.00
1996	供港菜场	0.81	5.17	20.25	24.62
1997	供港菜场	0.91	5.29	22.75	25.19
1998	供港菜场	0.85	5.10	21.25	24.29
1999	供港菜场	0.82	5.05	20.50	24.05

表 2 几类农药对小菜蛾的抗性测定

Tab. 2 The bioassay of DBM resistance to insecticides

处 理 treatment	敏感品系毒力	广州虫源		供港菜场虫源	
	LC ₅₀ of susceptible strain/ (mg·L ⁻¹)	from Guangzhou		from Shenzhen	
		1992	1999	1992	1999
阿维菌素浓缩液 abamectin	0.04	1.89	14.75	2.00	20.50
害极灭 abamectin	0.21	2.18	9.82	2.38	24.05
大 宝 Bt	30.33	5.55	12.23	17.97	44.82
敌敌畏 dichlorvos	68.39	13.78	13.39	14.95	16.04
万 灵 methomyl	151.29	7.62	6.57	11.03	10.01
氰戊菊酯 fenvalerate	68.22	43.73	38.69	78.98	61.83
定虫隆 chlorfluazuon	2.74	24.67	39.19	28.20	45.36
巴 丹 cartap	140.09	3.65	3.22	4.47	5.20

表 3 阿维菌素对小菜蛾的抗性选育及与 Bt 的交互抗性

Tab. 3 Resistance selection of DBM to abamectin, Bt and crossing resistance

虫 源 population source	阿维菌素 选育代数 generation	LC ₅₀ / (mg° L ⁻¹)		抗性倍数 resistance ratio	
		阿维 菌素	苏云金	阿维菌素	苏云金
		浓缩液 abamectin	杆菌 Bt	浓缩液 abamectin	杆菌 Bt
敏感品系 susceptible strain		0. 04	30. 29		
抗 Bt 品系 resistance strain to Bt ¹⁾	F0	0. 09	1 842. 20	2. 29	60. 82
	F5	0. 12	1 757. 40	3. 11	58. 02
	F10	0. 29	1 493. 90	7. 55	49. 32
	F15	0. 34	1 137. 69	8. 95	37. 56
	F20	0. 44	949. 36	11. 55	31. 34

1) 抗 Bt 品系 是敏感品系小菜蛾用 Bt 选育 100 代以上而得

2.3 阿维菌素对小菜蛾抗性品系的选育

表 3 中, 供试抗 Bt 品系是广东省农业科学院植物保护研究所由敏感小菜蛾品系用 Bt 制剂大宝长期选育而得, 小菜蛾对 Bt 制剂的抗性倍数为 60.82 倍, 属高抗水平. 而该品系小菜蛾对阿维菌素的抗性倍数小于 3, 仍属敏感水平. 当抗 Bt 小菜蛾品系改用阿维菌素进行施压选育, 前 5 代的抗性变化不大, 对阿维菌素的抗性是 3.11 倍, 对 Bt 的抗性仍有 58.02 倍; 选育 10 代后, 对阿维菌素的抗性上升为 7.55 倍, 而对 Bt 的抗性则下降至 49.32 倍; 到阿维菌素选育的第 20 代, 对阿维菌素的抗性达 11.5 倍, 进入中抗水平, 而对 Bt 的抗性只有 31.34. 由此可知阿维菌素的选择压力会导致小菜蛾抗性增强, 但不会增强小菜蛾对 Bt 的抗性, 说明阿维菌素与 Bt 间无交互抗性. 用阿维菌素选育出的抗性小菜蛾对几种化学药剂的测定表明(表 4), 阿维菌素与定虫隆有明显的交互抗性, 与敌敌畏也存在交互抗性. 对灭多威、氰戊菊酯没有产生明显的抗性, 但耐药性有一定程度地上升.

表 4 抗阿维菌素小菜蛾对几种化学药剂的抗药性

Tab. 4 The abamectin induced DBM strain resistance to the insecticides used commonly update

处 理 treatment	LC ₅₀ / (mg° L ⁻¹)		抗性 倍数 resistance ratio
	敏感品系 susceptible strain	抗阿维品系 resistance strain	
定 虫 隆 chlofluaazonon	2. 74	55. 56	20. 28
阿维菌素 abamectin	0. 04	0. 44	11. 55
敌 敌 畏 dichlorvos	68. 39	253. 32	3. 70
万 灵 methomyl	151. 29	344. 83	2. 28
氰戊菊酯 fenvalerate	68. 22	127. 63	1. 87

2.4 几种增效剂对阿维菌素的增效作用

几种增效剂对阿维菌素都有一定的增效作用(表 5). 其中增效磷(SV1)的增效作用最明显, 增效

倍数达 8.44 倍, 三苯磷(TPP)次之, 有 3.70 倍的增效作用. 八氯二丙醚和增效醚是拟除虫菊酯的主要增效剂, 对阿维菌素也有一定的增效作用. SV1 是昆虫多功能氧化酶和羧酸酯酶的抑制剂, TPP 对羧酸酯酶有抑制作用. VS1 和 TPP 对阿维菌素的显著增效, 初步说明小菜蛾对阿维菌素的抗性与其体内的解毒酶有密切关系.

表 5 几种增效剂对阿维菌素的增效作用

Tab. 5 Effects of synergists on abamectin toxicity to DBM

处理 treatment	48 h 的 LC ₅₀ (mg° L ⁻¹) LC ₅₀ at 48 h	增效倍数 synergist ratio
阿维菌素 abamectin	0. 73	
阿维菌素+ SV1 abamectin+ SV1	0. 09	8. 44
阿维菌素+ TPP abamectin+ TPP	0. 20	3. 70
阿维菌素+ S2 abamectin+ S2	0. 22	3. 30
阿维菌素+ PB abamectin+ PB	0. 38	1. 92

3 讨论

广东供港菜场是港商在深圳、东莞、惠州、博罗、增城等地投资兴建的农场. 种植面积较大, 作物以十字花科蔬菜为主、全年连续种植, 但植保人员素质较低, 施药器械多为手动, 喷药质量较差. 另外, 近年来国内以阿维菌素为主要有效成分的农药品种很多, 多数农户缺乏专业知识, 农药混用、轮用具有很大的盲目性. 这样造成阿维菌素为有效成分农药的滥用, 加大了阿维菌素对小菜蛾的田间选择压力, 最终致使广东主要菜区小菜蛾对阿维菌素的抗药性水平迅速上升.

供港菜场小菜蛾对害极灭的抗性 1992~1999 年上升了 10 倍, 同样地, 小菜蛾对应用较广泛的 Bt 制剂的抗性也有较大幅度地上升, 然而对常规有机化

学农药的抗性却保持相对稳定,这可能与他们对小菜蛾的防效差而较少应用有关. SV1 是昆虫多功能氧化酶和羧酸酯酶的抑制剂, TPP 对羧酸酯酶有抑制作用,二者对阿维菌素有显著增效作用,说明小菜蛾对阿维菌素的抗性与其体内的解毒酶有密切关系,这与前人的研究结果类似^[6 7]. 冯夏等^[3]曾报道了小菜蛾对 Bt 的抗性与解毒酶无关. 抗 Bt 小菜蛾对阿维菌素仍表现为敏感,但敏感性有所减弱. 对阿维菌素敏感的小菜蛾在阿维菌素的选择压力下会产生抗药性,但产生抗性的速率较 Bt 慢. 用阿维菌素选育出的抗性小菜蛾品系对定虫隆有明显的交互抗性,对敌敌畏也存在一定量交互抗性,对灭多威、氰戊菊酯尚未形成抗性,是否因阿维菌素选育的代数不多,抗性还不够高有关,仍有待进一步研究.

致谢: 广东省农科院植保所帅应垣等同志参加了部分研究工作,在此表示衷心感谢!

参考文献:

[1] ANKERSMIT G W. DDT-resistance in *Plutella maculipennis*

(Cuttis) (Lep.) in Java [J]. Bull Entomol Res 1953, 44: 421—425.
[2] 陈之浩,程罗根. 小菜蛾抗药性研究的现状及展望[J]. 昆虫知识, 2000, 37(2): 103—107.
[3] 冯 夏, 陈焕瑜, 帅应恒, 等. 广东小菜蛾对苏云金杆菌的抗性研究[J]. 昆虫学报, 1996, 39(3): 238—245.
[4] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 1—407.
[5] 许小龙, 韩丽娟, 顾中言. 江苏主要菜区小菜蛾的抗药性[J]. 江苏农业科学, 2000, (2): 50—52.
[6] ABRO G H, DYBAS R A, GREEN A S J, et al. Toxicity of avemectin B1 against a susceptible laboratory strain and an insecticide resistant strain of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 1988, 81 (6): 1 575—1 580.
[7] LI T W, GAO X W, ZHENG B Z, et al. A study on carboxylesterase activity in insecticide resistant and susceptible populations of diamondback moth, *Plutella xylostella*, from different regions [J]. Acta Entomologica Sinica, 1998, 41 (supplement): 26—33.

A Study on the Resistance of Diamondback Moth to Abamectin in Guangdong Province

FENG Xia, CHEN Huan-yu, LÜ Li-hua, MO Yan, LU Yue-chang, XIE Qi-he, ZHANG Xiao-xiong
(Institute of Plant Protection Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The DBM resistance of field populations in both Shenzhen and Guangzhou regions to abamectin and Bt (*Bacillus thuringiensis*) increased greatly in the past decade. However there haven't been any significant change in the DBM resistance to some insecticides since 1992. The DBM strain susceptible (SS) to abamectin had gradually developed resistance to the antibiotic when DBM was treated regularly with sublethal dosage of the chemical. After 20 generations, the induced resistance level was as high as 11.55-fold compared with SS. There was no cross-resistance between abamectin and each of Bt (*Bacillus thuringiensis*), DDVP, fenvalerate, and cartap, but the cross-resistance of DBM population was found between abamectin and chlorflazuron.

Key words: *Plutella xylostella*; abamectin; insecticide resistance; induced resistance

【责任编辑 周志红】