

# 我国部分地区田间小菜蛾种群对 8 种常用杀虫剂的抗性检测

徐巨龙, 李静静, 王念猛, 薛超彬\*

(山东农业大学植物保护学院, 山东省高校农药毒理与应用技术重点实验室, 泰安 271018)

**摘要** 采用浸叶法测定了来自 5 个地区的田间小菜蛾种群对 8 种杀虫剂的抗性水平。结果表明, 5 个地区小菜蛾种群对氯虫苯甲酰胺均产生了中等水平以上的抗性, 江苏无锡和广东增城种群的抗性达 1 428.16 倍和 6 642.12 倍, 为极高抗性水平; 对丁醚脲均处于敏感或敏感性降低水平。5 个地区的小菜蛾种群对甲氨基阿维菌素、虫螨腈、S-茚虫威、虫酰肼和啉虫酰胺等 5 种药剂的敏感性各异, 大多处于敏感或敏感性降低水平, 但也有些地区产生了中等水平的抗性。本研究结果明确了我国部分地区对小菜蛾抗药性情况, 可为小菜蛾的抗性治理提供参考。

**关键词** 丁醚脲; 氯虫苯甲酰胺; 抗药性检测; 小菜蛾

**中图分类号:** S 433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019657

## Resistance detection of diamondback moth from different field populations to eight insecticides in some areas of China

XU Julong, LI Jingjing, WANG Nianmeng, XUE Chaobin\*

(College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Key Laboratory of Pesticide Toxicology and Application Technique in Shandong Universities, Tai'an 271018, China)

**Abstract** Resistance level of diamondback moth (*Plutella xylostella*) from five different regions to the eight insecticides were determined by leaf dipping method. The results showed that the resistance of the field diamondback moth populations in the five areas to chlorantraniliprole were above the medium level, and the resistance of the population in Wuxi and Zengcheng was 1 428.16 fold and 6 642.12 fold, respectively, which were at extremely high resistance level. The field diamondback moth population in five areas was sensitive to diafenthiuron. The sensitivities of field diamondback moth populations in five regions to emamectin benzoate, chlorfenapyr, S-indoxacarb, tebufenozide and tolfenpyrad, were different, and most of them were at sensitive or sensitive-decreased level, but some populations showed medium resistance level. These results specified the resistance level of diamondback moth in part areas of China, which could provide a scientific basis for resistance management of diamondback moth in future.

**Key words** diafenthiuron; chlorantraniliprole; resistance detection; *Plutella xylostella*

小菜蛾 *Plutella xylostella* 是一种世界性的重要害虫, 主要为害甘蓝、花菜等十字花科蔬菜。小菜蛾生活周期短、世代重叠严重、繁殖能力强, 在全球多个国家和地区常呈暴发式受害, 给农业生产造成巨大损失<sup>[1-3]</sup>。近年来, 随着蔬菜种植面积的扩大和种植结构的调整, 小菜蛾受害也日趋严重, 加之小菜蛾存在抗药谱广、防治困难等问题<sup>[4]</sup>, 使其治理成为农业生产面临的重要课题。杀虫剂的大量连续使用

使得小菜蛾成为抗药性发展最快的害虫之一<sup>[5-7]</sup>。研究发现, 目前我国十字花科蔬菜主产区的小菜蛾对常用杀虫剂均产生了不同程度的抗性, 尤其对高效氯氰菊酯、阿维菌素、氟铃脲、Bt 等药剂均已达到中高水平抗性<sup>[8-11]</sup>。为进一步明确小菜蛾对常用杀虫剂的抗性情况, 本文对我国部分地区甘蓝小菜蛾对甲氨基阿维菌素等 8 种药剂的抗药性进行了检测, 以期甘蓝小菜蛾的治理提供科学依据。

收稿日期: 2019-11-27

修订日期: 2020-02-02

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0200501-3); 国家自然科学基金(31672046)

\* 通信作者 E-mail: cbxue@sdau.edu.cn

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

小菜蛾敏感品系(S)于2006年采自山东农业大学南校区实验站,在室内不接触任何药剂,用甘蓝幼苗长期饲养且稳定繁殖;云南通海及江苏无锡小菜蛾田间种群于2019年4月、5月采集;广东增城及广东白云小菜蛾田间种群于2018年11月采集;山

东泰安小菜蛾田间种群于2019年6月采集。每地采集幼虫或蛹300~400头,带回于实验室内用新鲜洁净的甘蓝叶片饲养1~2代,成虫采用10%的蜂蜜水饲喂。饲养温度为(25±1)℃,相对湿度60%~70%,光周期为L//D=16 h//8 h。

### 1.2 供试药剂

本文采用8种杀虫剂原药(表1)进行小菜蛾抗药性检测。

表1 小菜蛾抗性检测杀虫剂

Table 1 Insecticides used for resistance detection of *Plutella xylostella*

杀虫剂名称 Name of insecticide	有效成分含量/% Percentage of active ingredients	农药类型 Insecticide type	生产厂家 Producer
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐) emamectin benzoate	75.8	半合成抗生素类	青岛翰生生物科技有限公司
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	95.8	双酰胺类	青岛翰生生物科技有限公司
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	96.0	双酰胺类	青岛翰生生物科技有限公司
虫螨腈 chlorfenapyr	96.0	吡咯类	青岛翰生生物科技有限公司
S-茚虫威 S-indoxacarb	97.8	氨基甲酸酯类	京博农化科技股份有限公司
虫酰肼 tebufenozide	95.2	蜕皮激素类	京博农化科技股份有限公司
啉虫酰胺 tolfenpyrad	96.3	吡唑类	海利尔药业集团
丁醚脲 diafenthiuron	97.0	苯甲酰苯脲类	海利尔药业集团

### 1.3 供试试剂

丙酮、二甲基亚砜(DMSO)、吐温-80等,均为分析纯。

### 1.4 试验方法

采用浸叶法<sup>[12]</sup>测定各杀虫剂对小菜蛾的毒力,按等比法设5个系列浓度。原药除氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺用二甲基亚砜溶解外,其余均用丙酮溶解并稀释成一定浓度的母液,试验前再将母液用体积分数为0.1%的吐温-80水溶液等比稀释成至少5个系列质量浓度,并以吐温-80溶液为对照,每个质量浓度设3次重复,每个重复处理20头试虫。将干净无农药污染的甘蓝叶片(避开主脉)制成直径为6.5 cm的圆片,在药液中浸渍20 s后取出阴干,放入直径9 cm铺有滤纸的干净培养皿中,然后接入20头大小一致的3龄小菜蛾幼虫,置于养虫室内饲养。饲养条件同1.1。48 h后检查结果,以小毛笔轻触虫体,不能正常活动判断为死亡。对照死亡率小于10%为有效试验。若对照死亡率在10%以上,则需重复试验。用Abbott公式计算各处理的校正防效,运用SPSS 16.0软件求得LC<sub>50</sub>。

### 1.5 抗性倍数计算

测得的各药剂对田间小菜蛾种群LC<sub>50</sub>与相应的室内敏感品系LC<sub>50</sub>的比值为抗性倍数。抗性倍数<2倍

为敏感水平;2倍≤抗性倍数≤10倍为低水平抗性;10倍<抗性倍数<100倍为中等水平抗性;抗性倍数≥100倍为高水平抗性<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 小菜蛾对8种杀虫剂的敏感基线

采用浸叶法建立了小菜蛾敏感品系对甲维盐等8种药剂的敏感基线,结果表明,小菜蛾敏感品系对不同的杀虫剂的敏感性具有较大差异,对甲维盐敏感性最高,LC<sub>50</sub>为0.17 mg/L,对丁醚脲的敏感性最低,LC<sub>50</sub>为24.85 mg/L。敏感性由高到低依次为甲维盐>氯虫苯甲酰胺>溴氰虫酰胺>虫螨腈>S-茚虫威>虫酰肼>啉虫酰胺>丁醚脲(表2)。

### 2.2 小菜蛾对8种药剂的抗药性检测

通过检测不同小菜蛾田间种群对甲维盐等8种药剂的抗性发现(表2),不同地区小菜蛾种群对不同的药剂敏感性/抗性具有较大的差异,与敏感品系相比,云南通海、广东增城、广东白云3个种群对甲维盐均已达中抗,其中云南通海种群的抗性倍数已达95.82倍,江苏无锡种群也具有中等水平抗性,山东泰安种群的抗性水平较低;检测的5个小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺均达高抗水平,且广东增城和江苏无锡种群抗性倍数分别为6 642.12倍和1 428.16倍,已

达极高抗水平,对氯虫苯甲酰胺的抗性十分突出。5 个种群对溴氰虫酰胺均处于比较敏感水平,未检测到抗性。对虫螨腈,除了云南通海种群为低水平抗性,江苏无锡种群已达中抗水平之外,其余 3 个种群均处于敏感水平。江苏无锡、云南通海和山东泰安 3 个种群对 S-茚虫威已达中抗水平,而广东增城和白

云种群对 S-茚虫威均处于低抗水平,其中江苏无锡种群的抗性倍数已达 67.57 倍。云南通海和山东泰安种群对虫酰肼已达中抗水平,其他 3 个种群对虫酰肼处于低抗水平。对啉虫酰胺,云南通海和江苏无锡种群已达中抗水平,而其余 3 个种群处于敏感到低水平抗性。5 个种群对于丁醚脲均比较敏感。

表 2 田间不同小菜蛾种群对 8 种杀虫剂的抗性检测(48 h)

Table 2 Resistance detection of different field populations of *Plutella xylostella* to eight insecticides (48 h)

杀虫剂 Insecticide	种群来源 Collection area	斜率±标准差 Slope±SD	LC <sub>50</sub> / mg·L <sup>-1</sup>	95% 置信区间/ mg·L <sup>-1</sup> 95% confidence limits	相关系数 Correlation coefficient	P 值 P value	卡方值 χ <sup>2</sup>	自由度 df	抗性倍数 Resistance ratio
甲维盐 emamectin benzoate	室内敏感	3.96±1.12	0.17	0.08~0.35	0.99	0.042	7.030	4	1.00
	云南通海	1.89±0.32	16.29	11.35~23.36	0.96	0.001	6.730	4	95.82
	江苏无锡	2.41±0.48	2.03	1.38~8.41	0.94	0.023	5.820	4	11.94
	广东增城	2.27±0.21	6.95	5.75~8.41	0.99	0.001	4.906	5	40.88
	广东白云	1.89±0.08	4.06	3.71~4.23	0.98	0.001	5.804	5	23.88
	山东泰安	2.20±0.38	0.36	0.24~0.48	0.96	0.011	5.682	5	2.11
氯虫苯甲 酰胺 chlorantr- aniliprole	室内敏感	1.62±0.14	0.25	0.22~0.31	0.99	0.001	6.661	4	1.00
	云南通海	1.67±0.17	53.16	43.75~65.33	0.99	0.002	3.118	4	212.64
	江苏无锡	2.19±0.14	357.04	315.88~403.56	0.99	0.001	6.241	5	1 428.16
	广东增城	1.82±0.16	1 660.53	1 268.85~2 021.15	0.99	0.002	1.938	5	6 642.12
	广东白云	2.31±0.21	28.81	22.43~34.83	0.99	0.002	5.798	4	115.24
	山东泰安	1.83±0.27	74.41	52.81~99.31	0.97	0.007	3.855	6	297.64
溴氰虫酰胺 cyantran- liprole	室内敏感	2.24±0.20	2.27	6.84~10.48	0.99	0.002	7.116	4	1.00
	云南通海	1.51±0.14	2.83	2.34~3.43	0.99	0.002	5.297	4	1.25
	江苏无锡	1.78±0.24	3.19	2.33~4.38	0.97	0.005	2.439	5	1.40
	广东增城	2.38±0.22	4.94	4.02~6.06	0.99	0.002	7.842	4	2.17
	广东白云	2.21±0.22	7.98	6.56~9.02	0.98	0.002	4.292	5	3.51
	山东泰安	1.96±0.24	4.13	3.11~5.05	0.98	0.004	5.017	5	1.81
虫螨腈 chlorfenapyr	室内敏感	5.25±1.01	2.72	1.83~4.05	0.99	0.010	2.959	6	1.00
	云南通海	2.83±0.21	18.72	16.23~21.58	0.99	0.001	7.348	4	6.88
	江苏无锡	1.54±0.21	72.05	53.25~97.49	0.97	0.005	4.220	4	26.49
	广东增城	2.49±0.27	3.83	3.11~4.72	0.98	0.003	6.039	5	1.35
	广东白云	4.50±1.22	5.27	3.02~8.76	0.97	0.032	6.529	4	1.94
	山东泰安	2.21±0.15	4.67	3.98~5.34	0.99	0.001	3.481	5	1.71
S-茚虫威 S-indoxcarb	室内敏感	1.61±0.08	4.64	4.22~4.78	0.99	0.001	1.697	6	1.00
	云南通海	1.89±0.32	162.91	113.57~233.68	0.97	0.001	7.643	4	35.11
	江苏无锡	1.62±0.21	313.56	240.31~409.14	0.98	0.004	6.934	4	67.57
	广东增城	2.44±0.36	19.41	14.59~25.83	0.97	0.006	7.508	4	4.13
	广东白云	2.76±0.24	5.12	4.26~5.95	0.99	0.001	4.569	4	1.11
	山东泰安	2.16±0.28	81.92	67.02~117.02	0.98	0.004	4.180	5	17.65
虫酰肼 tebufenozide	室内敏感	1.39±0.17	5.23	4.31~6.96	0.98	0.004	2.467	5	1.00
	云南通海	1.56±0.36	221.03	138.96~351.56	0.93	0.022	4.928	4	42.26
	江苏无锡	2.01±0.08	41.62	38.61~44.88	0.99	0.001	2.564	6	7.95
	广东增城	2.35±0.16	35.49	31.01~40.62	0.99	0.001	4.432	5	6.78
	广东白云	1.77±0.36	13.51	8.88~19.58	0.94	0.018	2.258	6	2.58
	山东泰安	2.38±0.33	139.94	104.70~187.10	0.97	0.007	7.953	4	26.75
啉虫酰胺 tolfenpyrad	室内敏感	1.28±0.19	12.16	9.11~16.24	0.97	0.007	3.152	4	1.00
	云南通海	1.78±0.11	364.38	314.64~414.98	0.99	0.001	1.822	6	29.96
	江苏无锡	2.67±0.14	204.73	183.16~239.41	0.99	0.001	4.288	4	16.84
	广东增城	2.60±0.41	22.09	16.15~29.55	0.90	0.001	5.913	4	1.82
	广东白云	2.01±0.24	60.61	49.42~81.35	0.98	0.004	3.272	5	4.98
	山东泰安	2.55±0.28	23.95	19.35~30.77	0.98	0.003	3.707	4	1.96
丁醚脲 diafenthuron	室内敏感	1.49±0.04	24.85	23.49~26.47	0.99	0.001	2.558	6	1.00
	云南通海	1.67±0.17	53.46	43.75~65.33	0.98	0.002	3.118	5	2.15
	江苏无锡	2.32±0.29	191.53	150.11~244.39	0.98	0.004	5.259	4	7.07
	广东增城	2.32±0.43	19.36	13.56~27.63	0.95	0.012	4.464	5	0.77
	广东白云	1.73±0.31	41.85	24.82~57.39	0.95	0.012	6.744	4	1.68
	山东泰安	1.47±0.33	77.90	44.21~129.49	0.97	0.025	5.596	4	3.13

### 3 讨论

小菜蛾是十字花科蔬菜上的重要害虫,化学杀虫剂的不合理使用是造成小菜蛾抗药性发展蔓延的重要原因。抗性监测能够明确小菜蛾的抗性水平,从而为该虫的田间防治提供用药依据。

本研究分别选用七大类 8 种杀虫剂对 5 个田间种群进行抗性检测,发现不同地区的小菜蛾对供试药剂的抗性水平具有较大差异。广东增城、江苏无锡等地区的小菜蛾种群对氯虫苯甲酰胺产生了极高的抗性,这为小菜蛾的综合治理带来了新的挑战。这与 2012 年—2013 年检测小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的抗性水平基本一致<sup>[14]</sup>,经过 6~7 年的时间小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的抗性又有了较大的发展和蔓延。根据本文的抗性检测结果,我们认为,对于 5 个地区的小菜蛾治理工作,从化学防治的角度来看,特别在广州增城和江苏无锡等地区,应当减少氯虫苯甲酰胺的使用,可以适当使用溴氰虫酰胺和丁醚脲等药剂,且与其他不同作用机制的药剂轮换交替使用,进一步减缓抗性的产生。但溴氰虫酰胺与氯虫苯甲酰胺均属于双酰胺类杀虫剂,其通过持续激活鱼尼丁受体来达到杀虫目的<sup>[15-16]</sup>,但使用过程中应提防与氯虫苯甲酰胺产生交互抗性<sup>[17]</sup>,给小菜蛾的抗性治理带来新问题。此外,云南通海地区也应适当控制 S-茚虫威、甲维盐、虫酰肼、啉虫酰胺等的使用,尽量选择丁醚脲、虫螨腈等药剂或其混剂来减缓抗性的发展;在无锡地区应控制 S-茚虫威、甲维盐、虫螨腈、啉虫酰胺的使用;在广州增城地区和广州白云地区应控制甲维盐的使用;在山东泰安地区应适当控制虫酰肼和 S-茚虫威药剂的使用。研究还发现,云南通海种群与江苏无锡小菜蛾种群除了对丁醚脲、溴氰虫酰胺等药剂还较为敏感之外,其余均已达到中抗水平,这可能与这两个地区气候、栽培模式具有重要关系,由于当地常年种植十字花科蔬菜,农民使用化学农药防治的频率很高,导致该地小菜蛾种群对大部分常见药剂产生了不同程度的抗性。

近年来小菜蛾对化学杀虫剂的抗性日趋严重,抗药性的综合治理也越发困难,因此进行小菜蛾的抗药性常态化监测尤为重要。根据不同地区小菜蛾抗性检测结果,可采用相应的治理措施,如交替轮换使用敏感/低抗药剂、合理混用和使用增效剂,增加生物农药使用等手段,并结合农业防治、生态防治、生物防治等各种措施,努力减缓抗药性的发展速度,

将小菜蛾的为害控制在合理的经济阈值范围之内,确保农产品的产量和品质。

### 参考文献

- [1] LIM G S. Integrated pest management of diamondback moth: Practical realities [C]//TALEKAR N S. Diamondback moth and other crucifer pests; Proceedings of the Second International Workshop. Taipei, Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, 1990: 565-576.
- [2] SHELTON A M, WYMAN J A, CUSHING N L, et al. Insecticide resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in North America [J]. Journal of Economic Entomology, 1993, 86(1): 11-19.
- [3] 冯夏,李振宇,吴青君,等.小菜蛾抗性治理及可持续防控技术与示范——公益性行业(农业)科研专项“小菜蛾可持续防控技术与示范”进展[J].应用昆虫学报,2011,48(2): 247-253.
- [4] 夏耀民,鲁艳辉,朱勋,等.华中地区小菜蛾对 9 种杀虫剂的抗药性测定[J].中国蔬菜,2013,22(1): 75-80.
- [5] ZALUCKI M P, SHABBIR A, SILVA R, et al. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Just how long is a piece of string? [J]. Journal of Economic Entomology, 2012, 105(4): 1115-1129.
- [6] 沈福英.小菜蛾抗药性治理及研究进展[J].河北农业科学,2010,14(8): 58-60.
- [7] 梁沛,高希武,郑炳宗,等.小菜蛾对阿维菌素的抗性机制及交互抗性研究[J].农药学报,2001,3(1): 41-45.
- [8] 陈洁琼,黄金金,邱高辉,等.江西不同地区小菜蛾对 9 种杀虫剂的敏感性比较[J].江西农业学报,2014(12): 38-41.
- [9] 尹艳琼,沐卫东,李向永,等.云南通海小菜蛾种群抗药性监测及田间药效评价[J].植物保护,2015,41(3): 205-209.
- [10] 高雪,杨家强,徐宝云,等.北京和河北地区小菜蛾的抗药性动态[J].应用昆虫学报,2016,53(2): 279-284.
- [11] 尹艳琼,赵雪晴,李向永,等.小菜蛾对杀虫剂的敏感性与其抗药性的相关性[J].应用昆虫学报,2011,48(2): 296-300.
- [12] TABASHNIK B E, CUSHING N L, JOHNSON M W. Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to insecticides in Hawaii: Intra-island variation and cross-resistance [J]. Journal of Economic Entomology, 1987, 80(6): 1091-1099.
- [13] 沈晋良,吴益东.棉铃虫抗药性及其治理[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [14] 蒋田田.小菜蛾的抗药性监测以及对啉虫酰胺的抗性风险评估[D].南京:南京农业大学,2014.
- [15] 孙丽娜,闫晓静,芮昌辉.以昆虫鱼尼丁受体为靶标的化合物活性筛选方法研究进展[J].农药学报,2010,12(4): 402-407.
- [16] 张一宾.鱼尼丁受体抑制剂类杀虫剂的研发现状[J].世界农药,2008,30(1): 1-8.
- [17] 刘霞.小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的抗性机制及溴氰虫酰胺对小菜蛾生物学特性的影响[D].泰安:山东农业大学,2016.

(责任编辑:杨明丽)