应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(2):296—300

小菜蛾对杀虫剂的敏感性与其抗药性的相关性*

尹艳琼** 赵雪晴 李向永 谌爱东***

(云南省农业科学院农业环境资源研究所 昆明 650205)

摘 要 在开展云南省通海县小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)种群对 11 种杀虫剂的敏感性的同时,对小菜蛾抗药性进行了测定,并分析二者之间的相关性,结果表明:小菜蛾对杀虫剂的敏感性与其抗药性总体上呈现负相关,即随着抗药性的增加,小菜蛾对杀虫剂的敏感性呈下降趋势,但相关性并不显著。如在无抗性至高抗性的杀虫剂之间,其敏感性并无明显的变化,处理间无差异,只有对其极高抗性的阿维菌素、虫酰肼和高效氯氰菊酯才表现出明显的下降趋势。因此,在实际生产过程中,一种药剂是否因抗药性增加而不能使用,还应该参照田间防治效果。

关键词 小菜蛾,敏感性,抗药性

The relationship between susceptibility of *Plutella xylostella* to insecticides and resistance

YIN Yan-Qiong** ZHAO Xue-Qing LI Xiang-Yong CHEN Ai-Dong***

(Institute of Agricultural Environment and Resource, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract The susceptibility of *Plutella xylostella* (L.) to 11 kinds of insecticide and the relationship between insecticide use and resistance was investigated in the spring of 2010. The results indicate that susceptibility and resistance were generally inversely correlated but this relationship was not significant. However, susceptibility to Abamectin, Tebufenozide and β-cypermethrin, to which the highest resistance was recorded, has decreased significantly. Controlled field experiments are required to determine if specific insecticides can continue to control *P. xylostella*.

Key words *Plutella xylostella*, susceptibility, insecticides resistance

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)是甘蓝、花椰菜和大白菜等十字花科蔬菜上的主要害虫。云南省"冬无严寒,夏无酷暑、干湿季分明、蔬菜四季种植"的特殊气候使小菜蛾周年发生,危害严重,菜农在生产中又形成了高频度、高剂量使用化学杀虫剂防治小菜蛾,使得小菜蛾长期处于较高的药剂选择压下,小菜蛾对多种杀虫剂已产生了不同程度的抗药性,致使许多原来很有效的杀虫剂相继地减弱或丧失了防治效果(尤民生和魏辉,2007)。如,云南省 1995 年开始引进的阿维菌素,1997—1999 年的抗药性监测资料表明:云南通海县田间小菜蛾对阿维菌素已产生 46 倍的抗药性(张雪燕等,2001),2010 年春季,作者测定其抗性倍数高达1 415.05,达到极高抗性水平。但部分已产生数倍至几十倍抗药性的杀虫剂在生产中仍在使用,如多杀菌素、茚虫威、溴虫腈等,这在一定程度上说明抗药性倍数并不能一定能完全反应其田间的防治效果,为此我们开展了小菜蛾对杀虫剂的敏感性与其抗药性的相关性研究。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

采自通海甘蓝地老熟幼虫和蛹,老熟幼虫带回室内饲养化蛹,成虫羽化后用 15% 的蜂蜜水饲养以补充营养,逐日用甘蓝汁液浸泡晾干的铝箔片收集卵,收集的卵放入 4℃ 的冰霜保存 5 ~ 7 d,

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803001)。

**E-mail: yinyq1977@sina.com

***通讯作者,E-mail: shenad68@163.com

收稿日期:2011-01-28,接受日期:2011-02-17

得大量整齐的供试虫卵。

1.2　供试杀虫剂、推荐(试验)浓度与生产厂家

(1)97% 杀螟丹 WP (Cartap),1 000 倍液,福建三农集团股份有限公司;

(2)5% 高效氯氰菊酯 EC (β-cypermethrin),2 000 倍液,江苏扬农化工集团有限公司;

(3)10% 溴虫腈 EC (Chlorfenapyr),1 500 倍液,美国氰胺公司;

(4)5% 氟虫腈 EC (Fipronil),1 400 倍液,法国罗纳普朗克农化公司;

(5)2.5% 多杀菌素 SC (Spinosad),1 500 倍液,美国陶氏益农公司;

(6)5% 茚虫威 EC (Indoxacarb),1 000 倍液,上海农乐生物制品有限公司;

(7)5% 氟啶脲 EC (Chlorfluazuron),1 500 倍液,日本石原产业株式会社;

(8)10% 虫酰肼 EC (Tebufenozide),1 500 倍液,美国陶氏益农公司;

(9)20% 丁醚脲 EC (Diafenthiuron),1 500 倍液,深圳诺普信农友股份有限公司;

(10)3% BT WP(Bacillus thuringiensis),1 000 倍液,福建浦城绿安生物农药有限公司;

(11)2% 阿维菌素 EC (Abamectin),1 500 倍液,惠州市化工有限公司。

1.3　寄主植物品种

甘蓝品种:京丰一号(*Brassica napus* L.),中国农业科学院蔬菜花卉研究中心;

萝卜品种:南畔洲萝卜(*Raphanus sativus* L.),云南省昆明市春农种业商贸有限公司。

1.4　小菜蛾的敏感性测定

试验幼虫的饲养,按杨峰山等(2004)甘蓝苗连续饲养小菜蛾技术饲养试验幼虫,待移栽甘蓝长到 8 叶接小菜蛾的卵,放置在自然条件下,平均气温 21.7℃(范围在 15.5 ~ 29.3℃ 之间),RH 71.2%,最强光照强度(5.3 ~ 6.3) $\times 10^4$ lx,饲养到 80% 幼虫处于第 3 龄中期,按推荐浓度用协丰 XF-16B 喷雾器(台州市椒江协丰喷雾器厂)将杀虫剂喷施在有供试幼虫的甘蓝植株上,以清水处理为对照,每处理设 4 个重复,药后 1、3、5、7、15 d分别检查存活数及正常化蛹数,计算各药剂防治效果。

1.5　小菜蛾室内毒力测定

试验幼虫的饲养,按刘传秀等(1993)应用蛭石室内继代大量繁殖小菜蛾的研究方法饲养试验幼虫,在萝卜苗上接小菜蛾卵饲养到第 3 龄中期供试验用。小菜蛾室内毒力测定方法,采用浸叶法:用洁净的甘蓝(*Brassica oleracea*),剪成直径 6.5 cm 的圆片(避免主叶脉)。将叶片在药液中浸泡 10 s 后取出晾干,将晾干的叶片点在直径 6.5 cm 的培养皿中,并接入 10 头第 3 龄中期幼虫,覆盖双层吸水卷纸,最后盖上培养皿上盖。将其正面向上置于培养箱中((25 ± 1)℃,RH 65% ~ 70%,L∶D = 16∶8)。定虫隆、虫酰肼和 Bt 制剂 3 种药剂 96 h (药后 4 d)调查,其余 7 种药剂 48 h。以小毛笔或尖锐镊子轻触虫体,不能协调运动作为死亡。

1.6　数据处理与分析

小菜蛾的敏感性测定,测定结果用 Duncon 新复极差法对比各药剂防效的差异显著性。小菜蛾室内毒力测定。测定结果用 POLO 软件计算毒力回归方程的斜率,LC_{50}值及其 95% 置信限,抗性指数。抗性分级标准(尤民生和魏辉,2007):抗性指数 <5 为无抗性,抗性指数 5 ~ 10 为低抗性,抗性指数 10 ~ 40 为中抗性,抗性指数 40 ~ 160 为高抗性,抗性指数 >160 为极高抗性。

2　结果与分析

2.1　小菜蛾对 11 种常用杀虫剂田间推荐浓度的敏感性

2010 年春季,为准确测试小菜蛾对目前生产上常用杀虫剂的敏感性,利用盆栽苗,人工接虫,进行试验测定,结果表明(表 1):5% 氟虫腈乳油、5% 茚虫威乳油、20% 丁醚脲乳油、2.5% 多杀菌素悬浮剂、10% 溴虫腈乳油和 97% 杀螟丹处理通海县小菜蛾种群 7 d 后,防治效果均在 93.71% ~ 99.00%,15 d 后的化蛹率只有 0.65% ~ 4.88%,方差分析表明这 6 种杀虫剂处理间无差异;3% BT 可湿性粉剂处理 7 d 后,防治效果达 91.22%,15 d 后的化蛹率为 0.48%。说明通海小菜蛾种群对氟虫腈、茚虫威、丁醚脲、多杀菌素、溴虫腈、杀螟丹和 BT 仍有较高的敏感性,田间仍可以继续使用。而 2% 阿维菌素乳油、10% 虫酰肼和 5% 高效氯氰菊酯处理后,对小菜蛾防治效果在 78% 以下,化蛹率在 12.89% ~ 33.05%,这 3 种杀虫剂与上面的 7

种杀虫剂处理间差异明显，这 3 种杀虫剂处理间虽差异显著，但对小菜蛾防治效果均低于 78%，说明通海小菜蛾种群对阿维菌素乳油、虫酰肼和高效氯氰菊酯不敏感，生产上应用对小菜蛾基本上已无防治效果。

2.2 通海县小菜蛾对 11 种杀虫剂抗药性测定的结果

在测定小菜蛾对 11 种常用杀虫剂的敏感性的同时，作者同期同一区域（2010 年 5 月）从通海县菜区采集小菜蛾虫源，用浸叶法对小菜蛾抗药

表 1 11 种常用杀虫剂田间推荐剂量对通海县小菜蛾的防治效果（%）

Table 1 Control effect of recommendation dosage of 11 kind insecticides again *Plutella xylostella* in Tonghai

杀虫剂 Insecticides	药前平均幼虫量（头） Average larva amount before treatment	药 7 d 后平均幼虫量（头） Average larva amount in 7 days after treatment	控制效果（%） Control effect（%）	药后 15 d 化蛹率（%） Pupation percent in 15 days after treatment
5% 氟虫腈 Fipronil	50.25	0.50	99.00 a	2.66 d
5% 茚虫威 Indoxacarb	60.75	1.25	97.94 a	0.65 d
20% 丁醚脲 Diafenthiuron	53.50	2.25	95.79 a	1.95 d
2.5% 多杀菌素 Spinosad	70.75	2.25	96.82 a	4.16 d
10% 溴虫腈 Chlorfenapyr	69.25	3.5	94.95 a	3.62 d
97% 杀螟丹 Cartap	75.50	4.25	94.37 a	4.58 d
5% 氟啶脲 Chlorfluazuron	35.75	2.25	93.71 a	4.88 d
3% BT *Bacillus thuringiensis*	37.0	3.25	91.22 ab	0.49d
2% 阿维菌素 Abamectin	53.0	11.75	77.83 bc	12.89 cd
10% 虫酰肼 Tebufenozide	50.5	11.75	76.73 c	23.29 bc
5% 高效氯氰菊酯 β-cypermethrin	65.0	31.75	51.15 d	33.05 ab
CK	59.25	53.30	—	75.0 a

注：表中同列数据后标不同英文小写字母表示差异显著（$P < 0.05$）。

Date followved by the different letter in the same column indicate significantly different at 0.05 level.

表 2 小菜蛾对 11 种常用杀虫剂的毒力测定

Table 2 Toxicity of different insecticides to Larvae of *Plutella xylostella* in Tonghai

杀虫剂 Insecticides	LC_{50} ($mg \cdot L^{-1}$)	毒力回归方程斜率 ($b \pm SE$)	95% 置信限（mg/L） Confidence interval	卡方 Chi-square	抗性指数 Resistance index
20% 丁醚脲 Diafenthiuron	18.352	2.098 ± 0.295	7.473 ~ 32.173	6.379	0.858
3% BT *Bacillus thuringiensis*	1.169	1.599 ± 0.248	0.6000 ~ 1.927	3.3683	4.50
10% 溴虫腈 Chlorfenapyr	3.484	2.079 ± 0.274	1.210 ~ 6.835	8.0599	8.71
2.5% 多杀菌素 Spinosad	2.017	1.746 ± 0.390	1.118 ~ 2.858	0.158	16.81
5% 氟虫腈 Fipronil	2.077	1.299 ± 0.249	1.018 ~ 3.108	1.316	20.77
97% 杀螟丹 Cartap	304.884	1.882 ± 0.274	227.481 ~ 388.100	2.345	39.34
5% 茚虫威 Indoxacarb	29.898	1.647 ± 0.261	22.404 ~ 44.532	0.271	57.50
5% 氟啶脲 Chlorfluazuron	20.492	6.734 ± 0.221	6.484 ~ 36.054	1.237	62.10
10% 虫酰肼 Tebufenozide	1 383.8	1.140 ± 0.312	630.98 ~ 14768.0	0.327	302.14
5% 高效氯氰菊酯 β-cypermethrin	1 877.641	2.332 ± 0.241	1 500.838 ~ 2682.74	2.398	528.91
2% 阿维菌素 Abamectin	28.301	1.777 ± 0.240	18.783 ~ 58.091	1.860	1 415.05

性进行测定,结果表明(表 2):20% 丁醚脲乳油、3% BT 可湿性粉剂的抗性指数分别为 0.858、4.50,抗性级别为无抗性;10% 溴虫腈乳油的抗抗性指数为 8.71,抗性级别为低抗性;2.5% 多杀菌素悬浮剂、5% 氟虫腈乳油、97% 杀螟丹可湿性粉剂的抗性指数分别为 16.81、20.77、39.34,抗性级别为中抗性;5% 茚虫威乳油、5% 氟啶脲乳油的抗性指数分别为 57.50、62.10,抗性级别为高抗性;10% 虫酰肼乳油、5% 高效氯氰菊酯乳油、2% 阿维菌素乳油的抗性指数分别 302.14、528.91、1 415.91,抗性级别为极高抗性。

2.3　小菜蛾对杀虫剂的敏感性与抗性指数的相关性分析

通过测定小菜蛾对杀虫剂的敏感性与抗药性倍数,可看出(图 1):通海县小菜蛾种群对其无抗性的丁醚脲和 BT,低抗性的溴虫腈乳油,中抗性的多杀菌素、氟虫腈和杀螟丹,高抗性的茚虫威和氟啶脲的敏感性仍较高,其防治效果在 90% 以上;而对其极高抗性的阿维菌素、虫酰肼和高效氯氰菊酯,小菜蛾的敏感性明显下降,其防治效果在分别为 77.83%、76.73% 和 51.15%。杀虫剂对小菜蛾的防治效果随着抗药性的增加,总体呈现下降趋势,但从无抗性至高抗性之间,杀虫剂对小菜蛾的防治效果无明显的变化,处理间无差异,只有对极高抗性的阿维菌素、虫酰肼和高效氯氰菊酯才表明出明显的下降趋势。同时,在极高抗性的杀虫剂间,杀虫剂对小菜蛾的防治效果也差异显著,随着抗药性的增加,其小菜蛾的死亡率也增加,如阿维菌素的抗性倍数要高于虫酰肼和高效氯氰菊酯,小菜蛾死亡率也高于二者;但高效氯氰菊酯的抗性倍数高于虫酰肼,小菜蛾死亡率低于后者。这在一定程度上说明,虽然杀虫剂的抗药性倍数增加,小菜蛾种群对其敏感性总体呈下降趋势,但由于其作用机理的差异,个别药剂也会出现增加的现象。这就需要我们在进行小菜蛾抗药性监测中,还要结合田间实际防治效果,才能更加准确判断该杀虫剂是否还能继续使用。

3　讨论

室内毒力测定是室内特定温湿度的标准化毒力测定的单一结果,并不能准确指导田间用药,吴刚和江树人(2002)等研究表明 8 月田间小菜蛾对有机磷类、氨基甲酸酯类、菊脂类、杀虫双类、阿维菌素和抑太保杀虫剂敏感性均在高温下急剧升高。在对某个地方进行具有广泛的可比性和通用性的抗药性监测的基础上,进一步研究这个地方小菜蛾种群敏感性与抗药性间在同一季节的相关性,这样才能充分的利用抗药性监测结果有效的预测一些特定的、有效的杀虫剂,从而准确指导田间用药,达到良好的控制作用。

在室外用盆栽甘蓝苗接小菜蛾幼虫对某个地方的小菜蛾种群进行敏感性试验,是一种准确、简

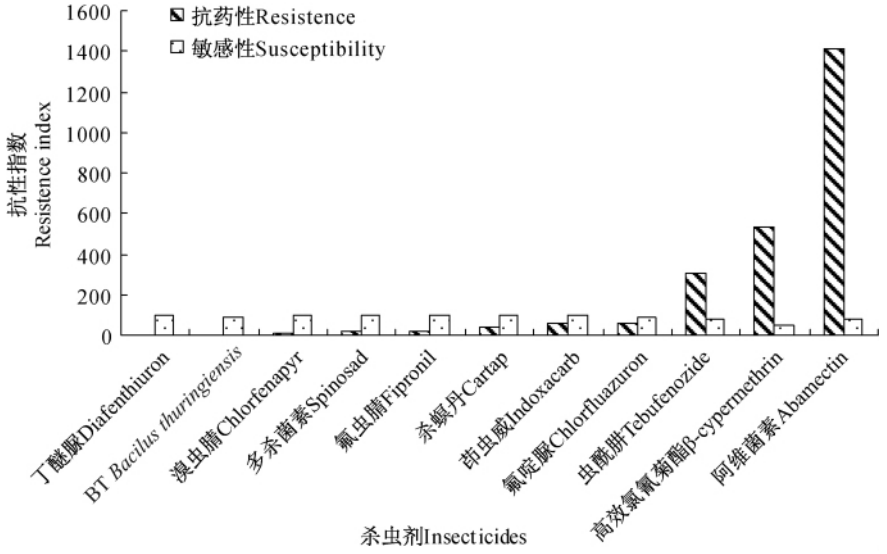

图 1　小菜蛾对杀虫剂的敏感性与抗药性的相关性

Fig. 1　The relationship of susceptibility of *Plutella xylostella* to insecticides and resistence

便、低成本，防治效果与田间用药吻合性较好的试验方法，并可同时对多种药剂进行试验，且根据赵建周等(1996)介绍的“诊断剂量”技术原理，将药剂田间推荐浓度作为抗性监测的区分浓度，在区分浓度下小菜蛾幼虫的存活率可作为抗性个体频率，存活率超 20% 是表明产生抗药性的信号。按照这一原理，此方法可广泛运用于基层抗药性田间监测，根据试验结果决定采用哪类杀虫剂进行田间防治，从而克服或延缓小菜蛾抗药性的发生发展。

通过研究表明，大多数药剂的抗性与种群的敏感性呈负相关，但一些杀虫剂也例外，如阿维菌素，抗性已达上千倍，但其对小菜蛾防治效果还保持在 70% ~80%，就值得深入探讨。因此，建议在进行室内抗药性监测的基础上，同时进行田间筛选试验。

参考文献(References)

刘传秀，韩招久，李凤良，陈之浩，1993. 应用蛭石萝卜苗法室内续代大量繁殖小菜蛾的研究. 昆虫知识，30(6)：341—344.

吴刚，江树人，2002. 田间小菜蛾抗药性监测及毒力机制研究. 植物保护学报，29(4)：351—355.

杨峰山，张友军，张文吉，徐宝云，吴青君，2004. 用甘蓝连续饲养小菜蛾技术. 昆虫知识，41(5)：483—486.

尤民生，魏辉，2007. 小菜蛾的研究. 北京：中国农业出版社. 176—242.

张雪燕，何婕，叶翠玉，薛熠，2001. 云南小菜蛾对阿维菌素的抗药性监测和药剂防治试验. 华中农业大学学报，20(5)：426—430.

赵建周，吴世昌，顾言真，朱国仁，剧正理，1996. 小菜蛾抗药性治理对策研究. 中国农业科学，29(1)：8—14.