

南京地区小菜蛾的抗药性检测及初步分析

吴敏¹ 韩召军^{1*} 孟建业¹ 朱斌²

(1. 南京农业大学, 农业部病虫害监测与治理重点开放实验室, 南京 210095; 2. 江苏省农业技术推广中心, 南京 210036)

摘要: 利用浸叶法对南京郊区小菜蛾 *Plutella xylostella* 的抗药性进行了监测, 发现其对拟除虫菊酯类药剂的抗性较高, 而对氟虫腈、辛硫磷、毒死蜱、多杀菌素和虫酰肼依然处于敏感阶段。利用抗性小菜蛾测试发现, 氧化胡椒基丁醚(增效醚, 简称 PBO) 对拟除虫菊酯具有显著的增效作用。室内敏感性恢复实验表明, 在不接触药剂的条件下, 小菜蛾对拟除虫菊酯的抗性迅速下降, 繁殖 10 代以后, 抗性维持在低抗水平。因此, 小菜蛾的抗药性治理, 应充分利用不同药剂的轮换使用, 避免单一使用某一品种, 以延缓抗性的发展, 同时可以利用 PBO 增强拟除虫菊酯的防治效果, 保证这类药剂在小菜蛾防治中的作用。

关键词: 小菜蛾; 溴氰菊酯; 抗药性; 用药策略

中图分类号: Q965.9 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2005)04-0633-04

Insecticide resistance in Nanjing population of the diamondback moth and the corresponding strategy for pesticide application

WU Min¹, HAN Zhao-Jun^{1*}, MENG Jian-Ye¹, ZHU Bin² (1. Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Diseases and Insects, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Jiangsu Agricultural Technology Extension Center, Nanjing 210036, China)

Abstract: The field diamondback moth, *Plutella xylostella* collected from Nanjing was found to be resistant to deltamethrin (24.69-fold tested by leaf dipping). But it was still sensitive to phoxim, chlorpyrifos, fipronil, spinosad and tebufenozide. PBO showed significant synergism to deltamethrin in the resistant moth. Laboratory breeding revealed that the deltamethrin resistance decreased quickly when the diamondback moth was reared without contact with insecticides, and kept in low resistance level after breeding for ten generations. Based on these results, it was suggested that rotational use of effective insecticides and using pyrethroid together with PBO should be rational for management of insecticide resistance in this pest.

Key words: *Plutella xylostella*; deltamethrin; insecticide resistance; pesticide application strategy

小菜蛾 *Plutella xylostella* 是一种世界性十字花科蔬菜害虫。长期以来, 人们主要依赖有机杀虫剂来防治小菜蛾, 因此也就不可避免地造成它对各种杀虫剂产生不同程度的抗性 (Tabashnik *et al.*, 1987; 闫艳春等, 1997; 赵怀玲和尤民生, 2001)。拟除虫菊酯是一类具有高效、低毒、环境中易于分解的杀虫剂。但是小菜蛾对拟除虫菊酯类的抗性发展速度很快: 我国上海地区 1981 年开始田间使用氰戊菊酯防治小菜蛾, 1984 年产生了 10 倍的抗药性; 周成理等 (1993) 报道上海小菜蛾种群对溴氰菊酯、氰戊菊

酯和氯菊酯的 LD_{50} 值分别是江西种群的 10 414 倍、2 102 倍和 245 倍。本研究通过监测南京郊区小菜蛾的抗药性, 为小菜蛾的抗药性治理及农药的合理使用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试昆虫

小菜蛾田间种群于 2000 年 10 月采自南京郊区, 抗性恢复品系由随后室内不接触任何药剂连续

基金项目: 国家重点基础研究发展规划“973”项目(J2000016207); 国家“十五”攻关计划项目(2001BA509B08)

作者简介: 吴敏, 女, 1979 年 11 月生, 江苏无锡人, 博士研究生, E-mail: wu12min@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zjhan@njau.edu.cn

收稿日期 Received: 2004-09-14; 接受日期 Accepted: 2004-12-05

饲养而来;室内敏感品系由南京农业大学吴益东教授提供。小菜蛾的室内饲养采用蛭石萝卜苗法(陈之浩等,1990)。

1.2 供试药剂

2.5% 溴氰菊酯乳油(拜耳作物科学(天津)有限公司);5% 氟虫腈悬浮剂(罗纳普朗克农化公司);40% 辛硫磷乳油和 48% 毒死蜱乳油(南通染化厂);2.5% 多杀菌素悬浮剂和 20% 虫酰肼悬浮剂(美国陶氏益农公司);氧化胡椒基丁醚(英国 Koch-Light Lab.)。

1.3 生物测定

溴氰菊酯的毒力测定参照唐振华等(1990)浸渍法:将 4 龄幼虫(2~3 mg)浸渍 10 s,并设清水处理作对照。每个处理浓度试虫为 30 头,重复 2 次,处理后幼虫喂以无药的新鲜萝卜叶片,在室温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 内保持 24 h 后检查死亡率。其他药剂采用浸叶法:用无药甘蓝嫩叶在不同浓度的制剂稀释液中浸渍 30 s,取出晾干。每个处理浓度接上 3 龄试虫 40 头,重复 2 次。保存于室温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 内。各药剂处理至检查结果的时间分别为辛硫磷、毒死蜱 24 h,多杀菌素、氟虫腈 48 h,虫酰肼 96 h。测定结果用 Finney 机率值法计算 LC_{50} 值、回归方程及 95% 置信限。

1.4 增效实验

将增效剂氧化胡椒基丁醚(增效醚,简称 PBO)与溴氰菊酯按 3:1(有效成分)比例混配成母液,然后稀释成所需的浓度,其他同 1.3 节生物测定。

1.5 种群适合度测定

参照吴青君等(2000)方法将田间种群(F_1 代)和连续不接触药剂饲养 15 代种群(F_{15} 代)的蛹称重后

单头放入试管中,待其羽化后,辨别雌雄,分别从两种群中各随机取同日羽化的成虫,单对置于罐头瓶中,罩以纱布,并以 5% 的糖水饲喂,温度保持 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 。每种群各选取 20 对成虫(重复 3 次),逐日用涂有甘蓝汁液的铝箔片收集卵,每天更换箔片,直至雌蛾死亡。计算每头雌虫的产卵量,前两天未收集到一粒卵的一对成虫视为交配失败,计算出交配率。在解剖镜下观察每张箔片上卵的孵化情况,计算出孵化率。

分别从两种群中各随机挑取初孵幼虫 120 头(重复 3 次),记录其生长发育和死亡情况至成虫羽化产卵。种群数量趋势指数(I)计算公式为: $I = N_{n+1}/N_n$,其中 N_n 为亲代个体数, N_{n+1} 为子代个体数。

2 结果与分析

2.1 6 种药剂对小菜蛾的毒力

溴氰菊酯、辛硫磷、毒死蜱、氟虫腈、多杀菌素和虫酰肼 6 种杀虫剂对南京郊区小菜蛾和室内敏感品系的毒力测定结果见表 1。

从表 1 可以看出,小菜蛾田间种群对溴氰菊酯产生了明显的抗药性(24.69 倍),而对其他 5 种药剂仍处于敏感阶段。

2.2 小菜蛾对溴氰菊酯的抗性恢复

将小菜蛾田间种群(F_1 代)在室内不接触药剂饲养至 F_5 、 F_{10} 和 F_{15} 代,其抗性指数分别下降到 16.87、7.88 和 7.74,具有显著的敏感性恢复现象,到第 10 代后抗性衰退速度趋于稳定(表 2)。

表 1 6 种杀虫剂对南京郊区小菜蛾种群和室内敏感品系的毒力

Table 1 Toxicity of six insecticides to diamondback moth from Nanjing field population and laboratory susceptible strain

药剂 Insecticides	室内敏感品系 Laboratory susceptible strain		田间种群 Field population		抗性倍数 Resistance ratio
	LC_{50} (mg/L)	95% 置信限 95% FL	LC_{50} (mg/L)	95% 置信限 95% FL	
辛硫磷 Phoxim	3.26	2.62 ~ 4.55	0.89	0.63 ~ 1.27	0.27
毒死蜱 Chlorpyrifos	16.29	12.55 ~ 21.75	2.69	1.99 ~ 3.68	0.17
溴氰菊酯 Deltamethrin	11.81	6.89 ~ 20.27	291.58	189.28 ~ 449.16	24.69
氟虫腈 Fipronil	0.01	0.0088 ~ 0.0129	0.0053	0.0035 ~ 0.0079	0.53
多杀菌素 Spinosad	0.08	0.06 ~ 0.11	0.0053	0.0044 ~ 0.0064	0.07
虫酰肼 Tebufenozide	55.63	42.81 ~ 73.28	117.62	80.62 ~ 171.62	2.11

表 2 小菜蛾田间种群不接触药剂饲养对溴氰菊酯的抗性恢复

Table 2 Changes in deltamethrin resistance of the field population of diamondback moth bred free from insecticides in the laboratory

饲养的代数 Generations bred	LC ₅₀ (mg/L) (95% 置信限 95% FL)	抗性指数 Resistance ratio	抗性消退率(%) Percentage of resistance decline
F ₁	291.58 (189.28 ~ 449.16)	24.69	
F ₅	199.27 (129.02 ~ 307.77)	16.87	32.99
F ₁₀	93.01 (75.96 ~ 113.88)	7.88	70.97
F ₁₅	91.38 (72.79 ~ 114.73)	7.74	71.56
敏感品系 Susceptible strain	11.81(6.89 ~ 20.27)	1	

注:抗性消退率(%)=(抗性品系 LC₅₀ - 抗性衰退品系 LC₅₀) / (抗性品系 LC₅₀ - 敏感品系 LC₅₀) × 100% 。

Note : Percentage of resistance decline = (LC₅₀ of F₁ - LC₅₀ of F_n) / (LC₅₀ of F₁ - LC₅₀ of susceptible strain) × 100% 。

2.3 抗性小菜蛾的相对适合度

利用生命表比较小菜蛾南京田间种群(F₁ 代) 与敏感性恢复种群(F₁₅ 代) 的生物适合度 , 结果(表 3) 表明 : F₁ 代与 F₁₅ 代种群间在生物学参数上有明显

差异 , 两者的种群数量趋势指数(I) 分别为 6.39 和 11.25 , 相对于 F₁₅ 代 , F₁ 代的适合度仅为 0.57 , 说明小菜蛾的生物适合度随其对拟除虫菊酯抗性的降低而升高。

表 3 小菜蛾 F₁ 代与不接触药剂饲养 F₁₅ 代的生物学参数比较Table 3 Comparison of biological parameters of F₁ of the diamondback moth and its F₁₅ generation bred free from insecticides in the laboratory

生物学特征 Biological characteristics	F ₁₅	F ₁
初孵幼虫数量 Neonate number	120	120
初孵幼虫至 2 龄幼虫存活率 Survival rate from neonate to 2nd larvae (%)	81.29 ± 0.54	68.38 ± 2.29
2 龄幼虫至 4 龄幼虫存活率 Survival rate from 2nd to 4th larvae (%)	80.31 ± 0.84	79.13 ± 0.98
化蛹率 Pupation rate (%)	76.43 ± 3.03	73.01 ± 3.96
蛹重(mg/头) Pupa body weight (mg/individual)	4.57 ± 0.07	4.50 ± 0.23
羽化率 Emergence rate (%)	54.49 ± 0.09	62.01 ± 3.33
雌虫比例 Female ratio	50.28 ± 6.46	47.27 ± 4.00
交配率 Copulation rate (%)	86.96 ± 0.14	71.43 ± 1.63
产卵量 Fecundity number	106.00 ± 42.73	108.00 ± 31.70
孵化率 Hatchability (%)	89.27 ± 2.88	71.58 ± 1.63
预测下代初孵幼虫头数 Next generation larvae	1 349.88	767.32
种群数量趋势指数(I) Population growth tendency index	11.25	6.39
相对适合度 Relative fitness	1	0.57

2.4 增效醚的增效作用

以小菜蛾田间种群 F₁ 代测定增效醚对溴氰菊酯的增效作用 , 结果表明增效醚可以显著提高溴氰菊酯对小菜蛾的毒力 , 使 LC₅₀ 值由 291.58 mg/L 下降到 50.97 mg/L , 增效比达到 5.72 (表 4) 。

表 4 增效醚对溴氰菊酯的增效作用

Table 4 Synergism of PBO to deltamethrin in the diamondback moth from Nanjing

处理 Treatment	LC ₅₀ (mg/L)	95% 置信限 95% FL	增效比 SR
溴氰菊酯 Deltamethrin	291.58	189.28 ~ 449.16	1
溴氰菊酯 + 增效醚 Deltamethrin + PBO	50.97	45.22 ~ 57.44	5.72

注:增效比 = 单剂 LC₅₀ / (单剂 + 增效剂) LC₅₀

Note : SR = LC₅₀ of deltamethrin / LC₅₀ of deltamethrin with PBO.

3 讨论

防治蔬菜害虫对使用的杀虫剂要求较高,不仅要对害虫高效,而且要求低毒、无残留毒性。因此,现有杀虫剂中可用于蔬菜害虫防治的品种相对较少。尤其是小菜蛾,由于其年发生世代多,世代重叠严重,对防治药剂产生抗性的速度很快,传统药剂目前大都失去了防治效果,而新型进口杀虫剂价格昂贵。因此,如何通过合理用药,延长有效药剂的使用寿命,对于蔬菜生产是至关重要的。

拟除虫菊酯是一类高效、低毒、广谱性的仿生杀虫剂,曾一度大量地单一使用,造成不同害虫对其抗性迅速上升。近年来,随着人们对抗药性治理的重视,用药的多样化,拟除虫菊酯抗性问题的已有改善。本研究结果表明,南京郊区小菜蛾种群对菊酯类杀虫剂仍然具有明显的抗性,但对辛硫磷、毒死蜱、氟虫腈、多杀菌素和虫酰肼等杀虫剂均敏感,表明这些药剂与拟除虫菊酯间没有交互抗性。另外,增效醚对溴氰菊酯有明显增效作用,可以显著提高拟除虫菊酯对抗性小菜蛾的毒力。因此,田间小菜蛾的防治,可以利用辛硫磷、毒死蜱、氟虫腈、多杀菌素、虫酰肼等杀虫剂与拟除虫菊酯类杀虫剂轮换使用。同时可以利用增效醚来提高拟除虫菊酯对抗性小菜蛾的防治效果。

敏感性恢复实验证明,在无药剂选择压力下,小菜蛾对溴氰菊酯的抗性水平衰退显著。对抗性回复前后小菜蛾适合度的研究表明,拟除虫菊酯抗性可以导致种群的适合度下降,表现出繁殖不利性。因此,利用非交互抗性杀虫剂与拟除虫菊酯轮换使用,可以减轻不同药剂的抗性选择压力,不仅可以使小菜蛾对菊酯类药剂的抗性逐步下降,同时也可以延缓小菜蛾对新药剂的抗性发展。

致谢 南京农业大学吴益东教授提供了敏感试虫,南京农业大学昆虫生理毒理组全体老师和同学给予了无私的帮助和支持,特此致谢。

参考文献 (References)

- Chen ZH, Liu CX, Li FL, Han ZJ, 1990. Initial report on the method for success on reproduction and raising cabbage moth in large scale. *Journal of Guizhou Agriculture Sciences*, 4: 52 - 53. [陈之浩,刘传秀,李凤良,韩招久,1990.小菜蛾继代繁殖大量饲养方法研究初报. *贵州农业科学*, 4: 52 - 53]
- Tabashnik BE, Cushing NL, Johnson MW, 1987. Diamondback moth resistance to insecticides in Hawaii: intra-island variation and cross-resistance. *J. Econ. Entomol.*, 80: 1 091 - 1 099.
- Tang ZH, Zhou CL, Wu SC, Zheng HZ, Shen HL, Gu YZ, 1992. Insecticide resistance and the effects of synergists in the diamondback moth from Shanghai. *Acta Phytophylacica Sinica*, 19(2): 179 - 184. [唐振华,周成理,吴世昌,郑惠中,沈惠良,顾言真,1992.上海地区小菜蛾的抗药性及增效剂的作用. *植物保护学报*, 19(2): 179 - 184]
- Wu QJ, Zhang WJ, Zhang YJ, Xu BY, Zhu GR, 2000. Biotic fitness of abamectin susceptible and resistant strain of *Plutella xylostella* L. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2(1): 36 - 40. [吴青君,张文吉,张友军,徐宝云,朱国仁,2000.敏感和抗阿维菌素小菜蛾的生物适合度. *农药学报*, 2(1): 36 - 40]
- Yan YC, Qiao CL, Qian CF, 1997. Advance of studies on insecticide resistance to diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). *Entomological Knowledge*, 34(5): 310 - 314. [闫艳春,乔传令,钱传范,1997.小菜蛾抗药性研究进展. *昆虫知识*, 34(5): 310 - 314]
- Zhao HL, You MS, 2001. Advances in research on the insecticide resistance of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) and its management. *Entomol. J. East China*, 10(1): 82 - 88. [赵怀玲,尤民生,2001.小菜蛾抗药性及其治理对策的研究进展. *华东昆虫学报*, 10(1): 82 - 88]
- Zhou CL, Tang ZH, Zhang LM, 1993. Resistance of diamondback moth to synthetic pyrethroids its relationship with microsomal mixed-function oxidase. *Acta Phytophylacica Sinica*, 20(1): 91 - 94. [周成理,唐振华,张丽妹,1993.小菜蛾幼虫对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性与多功能氧化酶的关系. *植物保护学报*, 20(1): 91 - 94]

(责任编辑:黄玲巧)