

# 非嗜食植物乙醇提取物对小菜蛾种群的控制作用研究\*

冼继东 梁广文\*\* 沈叔平 庞雄飞

(华南农业大学农业部昆虫生态、毒理重点开放实验室, 广州 510642)

**【摘要】** 应用作用因子生命表方法以及在此基础上提出的干扰作用控制指数法评价了几种非嗜食植物乙醇提取物对小菜蛾(*Plutella xylostella*)种群的控制作用. 结果表明, 非寄主植物的乙醇提取物(浓度为 $0.01\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ )即飞机草(*Eupatorium odoratum*)、马缨丹(*Lantana camara*)和蟛蜞菊(*Wedelia chinensis*)对保护菜心免受小菜蛾为害起着明显的作用, 这些作用物质在处理区的干扰作用控制指数分别为0.110、0.136和0.165, 对小菜蛾的防治效果可达89.0%、86.4%和83.5%. 可见, 3种供试作用物质对小菜蛾种群起着重要的控制作用.

**关键词** 小菜蛾 次生化合物 生命表 干扰作用控制指数

**文章编号** 1001-9332(2005)02-0313-04 **中图分类号** Q968.1 **文献标识码** A

**Suppressive effects of non-preferable plant alcohol extracts on diamondback moth *Plutella xylostella* population.** XIAN Jidong, LIANG Guangwen, SHEN Shuping, PANG Xiongfei (Key Laboratory of Insect Ecology and Toxicology of Chinese Ministry of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(2): 313~316.

In this paper, a life table and an interference index of population control (IIPC) were used to evaluate the effects of spraying the alcohol extracts of non-preferable plants on the dynamics of diamondback moth *Plutella xylostella* population. The results showed that the alcohol extracts of *Eupatorium odoratum*, *Lantana camara* and *Wedelia chinensis* were available to protect kidney bean from *Plutella xylostella* infestation. Their IIPC were 0.110, 0.136 and 0.165, and the efficacies of controlling *P. xylostella* were 89.0%, 86.4% and 83.5%, respectively, compared with control.

**Key words** *Plutella xylostella*, Secondary plant substance, Life table, Interference index of population control.

## 1 引言

小菜蛾(*Plutella xylostella*)隶属于鳞翅目菜蛾科,是世界性重要害虫之一,主要为害十字花科作物.自1985年以来,小菜蛾大发生的范围越来越广,为害程度日益加重,造成的损失也越来越大.由于长期依赖于单一的化学防治,导致了小菜蛾的防治陷入了越防越烈的恶性循环中.华南农业大学昆虫生态研究室自1990年以来,开展了对小菜蛾生物防治的研究工作,组建了小菜蛾生物防治系统<sup>[3]</sup>,使利用非化学防治手段防治小菜蛾成为可能.庞雄飞等<sup>[9,10]</sup>根据昆虫与植物协同进化中植物化学防御和昆虫化学适应理论,提出了利用非嗜食植物次生物质对害虫的驱避和拒食作用,研制植物保护剂的设想.非嗜食植物次生化合物或其他具有驱避作用化合物施用于受保护的植物上,这些化合物将会干扰害虫的行为.其作用包括驱避成虫趋近,干扰成虫寻找寄主及寄生部位,干扰成虫产卵;引起幼虫拒

食,特别是初孵幼虫拒食;可能对卵、幼虫、蛹、成虫有毒杀作用;导致生长不正常,成虫产卵量下降.这些干扰将对害虫种群起控制作用<sup>[11]</sup>.利用非嗜食植物挥发性物质对目标昆虫的行为干扰作用来防治害虫,相关研究在国外报道较多<sup>[2,6,12,14,15]</sup>.近年来,利用一些杂草如飞机草(*Eupatorium odoratum*)、马缨丹(*Lantana camara*)和蟛蜞菊(*Wedelia chinensis*)等的乙醇提取物及其挥发性物质防治蔬菜害虫的研究也比较多,结果表明这些植物次生化合物对蔬菜的重要害虫小菜蛾<sup>[4,5,16,17]</sup>、黄曲条跳甲<sup>[20,21]</sup>以及美洲斑潜蝇<sup>[13,18,19]</sup>均具有显著的驱避作用和拒食作用.本试验对飞机草、马缨丹和蟛蜞菊3种杂草的乙醇提取物在田间的应用进行了研究,利用干扰作用控制指数 IIPC 评价了这3种杂草的乙醇提

\* 国家自然科学基金重点项目(39930120)和国家自然科学基金资助项目(39870441).

\*\* 通讯联系人.

2004-01-04 收稿, 2004-04-19 接受.

取物对小菜蛾自然种群的控制作用,为十字花科蔬菜的植物保护剂的研制提供依据,为小菜蛾种群的生态控制提供了一条有利的途径,也将为化害为利提供依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 供试品种

试验于2000年9~11月在深圳市龙岗区坪山镇碧岭生态村进行。在生态村菜场种植菜芯(*Brassicae parachinensis*),品种为“49”,面积约1334 m<sup>2</sup>,在菜芯整个生育期按常规措施进行管理。

### 2.2 供试药剂

飞机草茎叶乙醇提取物、马缨丹枝叶乙醇提取物和螞蟥菊乙醇提取物均由华南农业大学昆虫生态研究室制备。

### 2.3 试验方法与田间调查

选择种植期相同的菜芯田分成4个小区(333.6 m<sup>2</sup>·区<sup>-1</sup>),于小菜蛾成虫高峰期,在供试的3个小区分别施用浓度为0.01 g·ml<sup>-1</sup>(即每毫升乙醇含0.01 g干物质的提取物)的飞机草、螞蟥菊和马缨丹乙醇提取物,余下1个小区以清水喷雾作为对照。从小菜蛾卵期开始,逐日调查记录小菜蛾的种群数量动态。采用平行跳跃式取样,每处理区取10点,每点取5株,共调查50株,观察记录菜芯上小菜蛾的卵、1~2龄幼虫、3龄幼虫、4龄幼虫和蛹的数量,记录在小菜蛾自然种群数量动态数据表中。与此同时,将卵、3龄幼虫、4龄幼虫和蛹采回室内继续饲养观察,记录卵的寄生、孵化和不孵化数;3龄、4龄幼虫的寄生和蛹的寄生、不羽化数。据此估计相应的不孵化存活率、寄生存活率及不羽化存活率。蛹羽化后统计其雌雄性比,并配对放置于玻璃瓶中,每天更换一新鲜菜叶,让成虫产卵,观察记录成虫逐日产卵量和成虫寿命,设22个重复。

### 2.4 评价方法

采用生命表方法和干扰作用控制指数进行评价。干扰作用控制指数IIPC是在以作用因子组配的生命表基础上提出来的<sup>[7,8]</sup>,表示一个或多个作用因子受干扰后对种群密度及其增长趋势的影响,表示为:

$$IIPC = \frac{N_{1Tr}}{N_{1ck}} = \frac{N_{0Tr} \cdot S_{ETr} \cdot S_{STr} \cdot S_{LTr} \cdot S_{PTr} \cdot F_{PTr} \cdot P_{\varphi Tr} \cdot P_{hTr} [P_{dTr} (S_{AaTr})^d]}{N_{0ck} \cdot S_{Eck} \cdot S_{Sck} \cdot S_{Lck} \cdot S_{Pck} \cdot F_{Pck} \cdot P_{\varphi ck} \cdot P_{hck} [P_{dck} (S_{Ack})^d]} \quad (1)$$

式中,  $N_{1Tr}$ ,  $N_{1ck}$  表示处理及对照当代卵量;  $N_{0Tr}$ ,  $N_{0ck}$  表示处理及对照当代卵量;  $S_{ETr}$ ,  $S_{STr}$ ,  $S_{LTr}$ ,  $S_{PTr}$  表示处理区卵、低龄幼虫、大龄幼虫、蛹存活率;  $S_{Eck}$ ,  $S_{Sck}$ ,  $S_{Lck}$ ,  $S_{Pck}$  表示对照区卵、低龄幼虫、大龄幼虫、蛹存活率;  $F$  表示设定的标准卵量;  $P_{FTr}$ ,  $P_{Fck}$  表示处理区、对照区达标准卵量的概率;  $P_{hTr}$ ,  $P_{hck}$  表示处理区、对照区当代成虫迁移后的居留率;  $P_{dTr}$ ,  $P_{dck}$  表示处理区、对照区当代成虫逐日产卵概率;  $(S_{AaTr})^d$ ,  $(S_{Ack})^d$  表示处理区、对照区当代成虫逐日存活率。

非嗜食植物次生化合物对害虫的行为可产生各种干扰

作用。例如,驱避成虫趋近、干扰成虫寻找寄主及寄生部位、干扰成虫产卵行为,表现为当代卵量的下降,故当代卵量是一个重要指标。拒食作用如果引起幼虫迁移或引起幼虫或蛹的死亡,幼虫及蛹存活率是重要指标。如果毒杀作用引起卵、幼虫或蛹死亡,则卵、幼虫或蛹的存活率为重要指标。生理作用如果不致死,当代成虫的雌性比率、每雌产卵量、成虫逐日产卵概率和成虫逐日存活率将会受到影响。在试验中,可根据异源植物次生物质对小菜蛾的不同作用,应用上式分别评价这些作用物质对小菜蛾种群的控制作用。

IIPC值的大小能反映作用因子对目标害虫控制作用的大小,计算为处理区卵量与对照区卵量的比值。如果  $IIPC < 1$ , 表明处理区卵量低于对照区卵量, IIPC 值越小, 处理区的卵量越低, 表明供试物质对成虫产卵忌避作用越明显。

## 3 结果与分析

### 3.1 非嗜食植物次生化合物对小菜蛾成虫产卵的干扰作用

供试的飞机草、马缨丹和螞蟥菊乙醇提取物等对小菜蛾成虫具有较好的驱避作用。利用公式  $IIPC = N_{0Tr}/N_{0ck}$  计算各处理区中小菜蛾成虫产卵的干扰作用控制指数, 结果见表1。

表1 非嗜食植物次生化合物对小菜蛾自然种群成虫产卵的驱避作用

提取植物 Plants for extracts	着卵量(粒/叶) Number of eggs per leaf		干扰作用 控制指数 IIPC
	处理 Treatment	对照 CK	
飞机草 <i>Eupatorium odoratum</i>	2.29	20.1	0.114
马缨丹 <i>Lantana camara</i>	2.90	20.1	0.144
螞蟥菊 <i>Wedelia chinensis</i>	3.65	20.1	0.182

在飞机草、马缨丹和螞蟥菊乙醇提取物处理区中, 供试物对小菜蛾成虫产卵干扰作用控制指数分别为0.114、0.144和0.182, 表明驱避作用效果可达85%以上, 也就是说, 在小菜蛾成虫产卵高峰期喷施这些驱避作用物质, 可以使菜芯上小菜蛾的着卵量降低85%, 从而减少小菜蛾幼虫的虫口密度而保护菜芯免受为害。

### 3.2 非嗜食植物乙醇提取物对小菜蛾自然种群的控制作用

根据田间调查及同期饲养所得数据, 应用改进的平均龄期法<sup>[7]</sup>估计小菜蛾种群各龄幼虫和各虫态的存活率, 组建以作用因子组配的生命表, 并利用干扰作用控制指数评价供试物质对小菜蛾自然种群的控制作用, 结果见表2。

表 2 各种非嗜食寄主植物茎叶乙醇提取物对小菜蛾种群数量的影响

Table 2 Effects of plant secondary substances on the population of diamondback moth

虫态 Stage	作用因子 Acting factors	不同处理区各作用因子的存活率 Survival rate of acting factors on different treatment			
		对照 CK	植物茎叶乙醇提取物 Extract of plant		
			飞机草 <i>E. odoratum</i>	马缨丹 <i>L. camara</i>	螞蟥菊 <i>W. chinensis</i>
卵 Eggs	卵量比率 Proportion of egg number	1.000	0.114	0.144	0.182
	捕食及其他 Predation and others	0.721	0.805	0.830	0.810
	寄生 Parasitism	0.841	0.751	0.776	0.748
	不孵化 Nonhatch	0.945	0.903	0.893	0.912
1~2 龄 1 <sup>st</sup> and 2 <sup>nd</sup> instar	捕食及其他 Predation and others	0.620	0.633	0.614	0.634
	寄生 Parasitism	1.000	1.000	1.000	1.000
3 龄 3 <sup>rd</sup> instar	捕食及其他 Predation and others	0.816	0.831	0.823	0.799
	寄生 Parasitism	1.000	1.000	1.000	1.000
4 龄 4 <sup>th</sup> instar	捕食及其他 predation and others	0.860	0.882	0.872	0.842
	寄生 parasitism	0.485	0.464	0.471	0.469
蛹 pupae	寄生 Parasitism	0.713	0.694	0.670	0.682
	不羽化 Nonemergence	0.954	0.972	0.970	0.957
成虫 adult	FP <sub>F</sub> P <sub>F</sub>	116.164	116.164	116.164	116.164
	种群趋势指数(I)	9.55	1.05	1.30	1.58
	干扰作用控制指数(IIPC)	1.000	0.110	0.136	0.165

由表 2 可见,对照区和飞机草、马缨丹和螞蟥菊乙醇提取物处理区中小菜蛾的种群趋势指数分别为 9.55 和 1.05、1.30、1.58。即下一代小菜蛾种群数量将分别为这一代的 9.55 和 1.05、1.30、1.58 倍。表中的“成虫驱避”,是指当代卵量的控制指数,表示化学物质对成虫寻找寄主、寻找产卵场所以及产卵行为作用的结果。由于供试的 3 种非嗜食植物次生化合物对小菜蛾成虫具有产卵的驱避作用,加上这些驱避作用,马缨丹、飞机草和螞蟥菊乙醇提取物处理区的干扰作用控制指数分别为 0.110、0.136 和 0.165,表明这些作用物质对小菜蛾的防治效果可达 89.0%、86.4% 和 83.5%,表明这些非嗜食植物乙醇提取物对小菜蛾整个世代种群的影响明显,其中以飞机草乙醇提取物的作用效果最佳。但在这些非嗜食植物次生化合物处理区中的种群趋势指数 I 值均大于 1,表明单独使用非嗜食植物次生化合物还不能完全控制小菜蛾种群数量的增长。只有与其他的生态控制措施联合使用,或通过增加施用次数或提高使用浓度来控制小菜蛾种群数量的增长。

#### 4 讨 论

小菜蛾属于多食性昆虫,主要取食多种十字花科植物,这是由于十字花科植物中的次生化合物如芥子油苷对小菜蛾有引诱幼虫取食和成虫产卵的作用<sup>[1]</sup>。小菜蛾并不趋近玉米(禾本科)、大豆(豆科)、瓜类(葫芦科)等其他植物产卵和取食。玉米、大豆、瓜类及其他植物含有不同于十字花科植物中的次生化合物,这些次生化合物对小菜蛾成虫产卵有驱避作用和幼虫拒食作用,这些非寄主植物的次生化合

物被称为异源植物次生化合物<sup>[11]</sup>,植物乙醇提取物中就含有多种次生化合物。本试验把植物乙醇提取物以 0.01 g·ml<sup>-1</sup> 的浓度喷洒于寄主植物上,通过这种异源次生化合物干扰成虫的产卵行为,减少小菜蛾在其寄主植物上的着卵量,从而减少低龄幼虫的虫口基数,减轻对幼虫防治的压力。田间研究结果表明,单独施用飞机草、马缨丹和螞蟥菊乙醇提取物的干扰作用控制指数分别为 0.110、0.136 和 0.165,控制效果可分别达 89.0%、86.4% 和 83.5%,控制作用明显。但这些处理区的种群趋势指数分别为 1.05、1.30 和 1.58,均大于 1,表明单独施用这些植物乙醇提取物不能完全控制小菜蛾下一代种群数量的增长。这是由于供试植物次生化合物对小菜蛾成虫具有强烈的产卵驱避作用而对幼虫几乎无毒杀作用,且其对小菜蛾成虫产卵的驱避作用持续效果受到限制。因此,在生产实践中,一方面可以通过增加施用浓度和施用次数加强其驱避作用,另一方面可通过利用其他生物性措施加强对小菜蛾幼虫的毒杀作用,达到控制小菜蛾种群数量增长的目的。

#### 参考文献

- 1 Dover JW. 1986. The effect of labiates herbs and white clover on *Plutella xylostella* oviposition. *Ent Exp Appl*, 42:243~247
- 2 Gritzay OB. 1991. Formation of a behavioral reaction in insects during repellents test (in example of the feeding behavior of bloodsucking mosquitoes) *Aedes aegypti* and *Aedes togoi*. *Ent Rev*, 70: 78~86
- 3 Liang G-W(梁广文), Lu Y-B(吕要斌), Zeng L(曾玲). 2000. Studies on the biological control system of diamondback moth. *Entomology in China Toward to 21 Century*. Beijing: China Science and Technology Press. 962~968(in Chinese)
- 4 Ling B(凌冰), Zhang M-X(张茂新), Kong C-H(孔垂华), et

- al. 2003. Chemical composition of volatile oil from *Chromolaena odorata* and its effect on plant, fungi and insect growth. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(5): 744~746 (in Chinese)
- 5 Ling B(凌冰), Zhang M-X(张茂新), Pang X-F(庞雄飞). 2003. Biological activities of the volatile oil from *Chromolaena odorata* on fungi and insects and its chemical constituent. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 15(3): 183~187 (in English)
  - 6 Peterson JK, Horvat RJ, Elsey KD. 1994. Squash leaf glandular trachoma volatile: Identification and influence on behavior of female pickle worm moth *Diaphania nitidalis*. *J Chem Ecol*, 20: 2099~2109
  - 7 Pang X-F(庞雄飞), Liang G-W(梁广文), Zeng L(曾玲). 1984. Evaluation on the role of natural enemies in pest control. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 4(1): 46~56 (in Chinese)
  - 8 Pang X-F(庞雄飞), Liang G-W(梁广文). 1995. Control of Pest Population System. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press. 1~225 (in Chinese)
  - 9 Pang X-F(庞雄飞), Xian J-D(洗继东), Zhang M-X(张茂新). 2000. Repellants Protection Against Pest Insects. Beijing: China Science and Technology Press. 436~441 (in Chinese)
  - 10 Pang X-F(庞雄飞), Zhang M-X(张茂新), Jiao Y(焦懿), et al. 2000. Evaluation of plant protectants against pest insects. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(2): 108~110 (in Chinese)
  - 11 Pang X-F(庞雄飞). 1999. Plant protectants and plant immune engineering against insect pests. *World Sci-Tech Res Dev* (世界科技研究与发展), 21(2): 24~28 (in Chinese)
  - 12 Renwick JA, Huang X. 1995. Rejecting of host plant by larvae of cabbage butterfly: Diet dependent sensitivity to an antifeedant. *J Chem Ecol*, 21: 465~475
  - 13 Ren L-Y(任立云), Zeng L(曾玲), Zhang M-X(张茂新). 2002. Repelling effects of the non-preferable plants extracts in adult of *Liriomyza sativae* Blanchard. *Wuyi Sci J* (武夷科学), 18: 93~98 (in Chinese)
  - 14 Schoonhoven LM. 1982. Biological aspects of antifeedants. *Ent Exp Appl*, 31: 57~69
  - 15 Watson E, Baron G. 1995. A laboratory assessment of behavioral responses of three strain of *Oryzaephilus surinamensis* to three insecticides and the insecticides and the insect repellent. *J Stored Prop Res*, 32: 59~67
  - 16 Xian J-D(洗继东), Pang X-F(庞雄飞). 2000. Studied on the controlling of plant extracts on the experimental population of DBM *Plutella xylostella* L. Entomology in China toward to 21 century. Beijing: China Science and Technology Press. 722~726 (in Chinese)
  - 17 Xian J-D(洗继东), Pang X-F(庞雄飞), Liang G-W(梁广文). 2002. Suppressive effects of the alcohol extracts of non-preferable plants on population of *Plutella xylostella* in laboratory. Innovation and Development of Entomology. Beijing: China Science and Technology Press. 613~616 (in Chinese)
  - 18 Xian J-D(洗继东), Pang X-F(庞雄飞), Zeng L(曾玲). 2003. Suppressive effect of secondary substance on *Liriomyza sativae* population. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(1): 97~100 (in Chinese)
  - 19 Xian J-D(洗继东), Liang G-W(梁广文), Zeng L(曾玲), et al. 2003. Suppressive effect of secondary substance and ecological measures on *Liriomyza sativae* population. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(11): 1943~1946 (in Chinese)
  - 20 Zhao H(赵辉), Zhang M-X(张茂新), Ling B(凌冰), et al. 2002. The interfering effect of three plant volatiles in behavior of *Phyllotreta striolata* (F.). *Wuyi Sci J* (武夷科学), 18: 65~68 (in Chinese)
  - 21 Zhao H(赵辉), Zhang M-X(张茂新), Ling B(凌冰), et al. 2003. The influence of non host plant volatiles on olfactory, feeding and oviposition behavior of *Phyllotreta striolata* Fabricius. *J South Chin Agric Univ* (Nat Sci) (华南农业大学学报·自然科学版), 24(2): 38~40 (in Chinese)

---

作者简介 洗继东,女,1969年生,讲师,博士,主要从事昆虫生态学研究,发表论文24篇. E-mail: jdxian@163.net

---