

苦豆子提取物与埃玛菌素混用对小菜蛾生长发育和繁殖的影响*

于天丛 罗万春** 丁君 闫磊 肖婷 牛洪涛

(山东农业大学农药毒理与应用技术省级重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要 将苦豆子甲醇和水提取物分别与埃玛菌素混合,在室内测定了两混合物对小菜蛾生长发育和繁殖的影响.结果表明:苦豆子甲醇提取物+埃玛菌素和苦豆子水提取物+埃玛菌素对小菜蛾3龄幼虫口服毒力明显高于埃玛菌素,其 LC_{50} 值分别为0.19、0.32和0.51 $mg \cdot L^{-1}$;用两混合物以及埃玛菌素亚致死剂量处理3龄幼虫,试虫化蛹率、羽化率和成虫的繁殖力均呈现明显不良影响.

关键词 苦豆子提取物 埃玛菌素 小菜蛾 亚致死剂量 生长发育 繁殖

文章编号 1001-9332(2007)12-2791-04 中图分类号 Q968.1 文献标识码 A

Effects of applying *Sophora alopecuroids* extracts and emamectin on the growth, development, and fecundity of diamondback moth *Plutella xylostella*. YU Tian-cong, LUO Wan-chun, DING Jun, YAN Lei, XIAO Ting, NIU Hong-tao (Provincial Key Laboratory of Pesticide Toxicology and Application Technique, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2007, 18(12): 2791-2794.

Abstract: In this paper, the methanol- and water extracts of *Sophora alopecuroids* were applied respectively with emamectin, to study their effects on the growth, development, and fecundity of diamondback moth *Plutella xylostella*. The results showed that the oral toxicity of the mixtures to the 3rd larvae of *P. xylostella* was much higher than that of emamectin, with the medium lethal concentration (LC_{50}) of methanol extract plus emamectin, water extract plus emamectin, and emamectin being 0.19, 0.32 and 0.51 $mg \cdot L^{-1}$, respectively. The pupated percentage, emergence percentage, and fecundity of *P. xylostella* were obviously negatively affected after treated the 3rd larvae with sub-lethal dosage of the mixtures and emamectin.

Key words: *Sophora alopecuroids* extracts; emamectin; *Plutella xylostella*; sub-lethal dosage; growth and development; fecundity.

1 引言

高效环境友好杀虫剂埃玛菌素(氨基阿维菌素苯甲酸盐)是在阿巴菌素的基础上经五步合成获得的衍生物,具有很好的稳定性与水溶性,对鳞翅目害虫具有极高的活性^[1,6,9],现已在世界近50个国家用于防治许多农作物和花卉害虫^[1].但该剂单用成本高^[2],且长期大面积单独使用易因害虫产生抗药性而失效^[4].苦豆子(*Sophora alopecuroids*)提取物中的多种生物碱能抑制昆虫体内代谢杀虫剂多种酶系的活性^[15],并影响昆虫的GABA受体,是一类

潜在的对多种杀虫剂有增效作用的物质^[11-12].张强等^[19]发现,苦豆子生物碱对不同类型化学药剂均具有增效作用,其对具体农药品种如辛硫磷、灭多威的增效作用也有报道^[13-14].试验发现,苦豆子甲醇提取物和水提取物与埃玛菌素组合对小菜蛾具有很强的毒杀活性^[18].本文研究了苦豆子提取物与埃玛菌素混用对小菜蛾生长发育和繁殖的影响,旨在为该混合物的进一步研究与应用提供科学依据.

2 材料与方法

2.1 供试昆虫

小菜蛾(*Plutella xylostella*),在温度为(25 ± 1) $^{\circ}C$ 、RH = 60% ~ 70%、光周期为14 L:10 D的养虫室内,采用改良的蛭石油菜苗法继代饲养^[8].

* 山东省自然科学基金重点资助项目(Z2004D04).

** 通讯作者. E-mail: wcluo@sdau.edu.cn

2006-11-02 收稿, 2007-09-18 接受.

2.2 供试药剂

90.4% 埃玛菌素原药由京博农用化学有限公司提供,所用苦豆子甲醇提取物(原料:浓缩液 = 1:0.5)、苦豆子水提取物(原料:浓缩液 = 1:0.5)均由山东国润生物农药有限责任公司提供,两种提取物中生物碱含量见表1。

表1 苦豆子甲醇提取物和水提取物中生物碱含量
Tab.1 Content of alkaloids in extracts from *S. alopecuroids* with methanol or water (mg · ml⁻¹)

生物碱 Alkaloid	提取溶剂 Solvent	
	甲醇 Methanol	水 Water
苦参碱 Matrine	1.51	1.44
槐果碱 Sophocarpine	0.49	0.22
槐胺碱 Sophoramin	1.51	0.86
野靛碱 Cytisine	0.25	0.22
氧化苦参碱 Oxymatrine	2.23	2.74

生物碱数据采用 Waters 600 高压液相色谱测定 All data were determined by HPLC 600.

2.3 试验方法

2.3.1 苦豆子提取物与埃玛菌素混合物配制 选择合适的乳化剂和溶剂(丙酮)将90.4%的埃玛菌素原药配成1%埃玛菌素药液后,根据预备试验筛选出的苦豆子提取物与埃玛菌素的理想配比(体积比 = 3:1),配制苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素和苦豆子水提取物 + 埃玛菌素两种混合物,用自来水将混合物稀释成系列浓度,用于室内生物测定。

2.3.2 两种混合物对小菜蛾幼虫毒力测定 采用药膜法^[20]测定摄食毒力作用。具体方法为:采集新鲜甘蓝叶片,浸在2.3.1中所配制的系列浓度药液中5s,以清水作为对照,室内晾干后放入养虫盒内,再放入大小一致的3龄小菜蛾幼虫20头,3次重复。置于温度为(25 ± 1)℃、RH = 60% ~ 70%的光照培养箱内,48h后检查幼虫死亡情况,统计幼虫死亡率。数据采用DPS软件处理,求出其毒力回归曲线,计算LC₅₀值和亚致死剂量LC₃₀值。

2.3.3 两种混合物亚致死剂量对小菜蛾化蛹率和羽化率影响试验 用2.3.2中所求的各药剂LC₃₀浓度处理生理状态一致及试虫体质量无显著差异的3龄小菜蛾幼虫100头,放入装有新鲜甘蓝叶片的养虫盒内,在温度为(25 ± 1)℃、RH = 60% ~ 70%、光周期为14L:10D的养虫室内进行饲养,3次重复。定期观察化蛹情况,计算化蛹率及平均蛹质量,各处理单独放置待其羽化,计算平均羽化率,对测定结果进行方差分析。

2.3.4 两种混合物亚致死剂量对小菜蛾繁殖力影响

试验 分别用亚致死剂量的苦醇·埃、苦水·埃和埃玛菌素处理小菜蛾3龄幼虫各100头,放入装有新鲜甘蓝叶片的养虫盒内,在上述环境的养虫室内进行饲养,3次重复。化蛹后将蛹挑出,置于4℃冰箱保存(保存最长时间为5d,且该温度下对蛹的羽化无显著影响),待试虫全部化蛹后,将保存的蛹取出让其羽化,随机取同日羽化的小菜蛾成虫配对。取交配成功的30对作为观察对象(配对后2d内未产卵者视为交配失败,舍弃)。单对置于养虫瓶中(高12cm、直径10cm),罩以纱布,并饲喂5%蜂蜜水,置于养虫室内饲养。逐日用甘蓝叶片收集所产卵,记录产卵量,每日更新甘蓝叶片,直至雌蛾死亡。将收集的卵放于4℃(在该温度下存放3~4d不会影响卵的孵化)冰箱保存,同时取出400粒卵置于养虫瓶中,在上述养虫室内进行卵孵化试验,每天观察孵化情况。

3 结果与分析

3.1 苦豆子提取物对小菜蛾幼虫的毒力

由表2可知,苦豆子提取物单用对小菜蛾3龄幼虫具有一定的杀伤效果,且水提取物处理组死亡率高于甲醇提取物处理。

3.2 苦豆子提取物与埃玛菌素混合对小菜蛾幼虫毒力

由表3可知,两种混合物对小菜蛾3龄幼虫均具有较高的毒性,其LC₅₀值分别为0.19和0.32 mg · L⁻¹(以埃玛菌素有效成分计),其活性均显著高于埃玛菌素(LC₅₀ = 0.51 mg · L⁻¹)。由埃玛菌素、苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素和苦豆子水提取物 + 埃玛菌素三者的毒力回归方程可以求出其亚致死剂量(LC₃₀)值分别为0.31、0.037和0.15 mg · L⁻¹。

3.3 两种混合物对小菜蛾化蛹、羽化率的影响

由表4可见,3种药剂处理后小菜蛾的化蛹率

表2 苦豆子提取物对小菜蛾3龄幼虫的毒力
Tab.2 Bioactivity of the extracts from *S. alopecuroids* on 3rd larvae of *P. xylostella*

提取物 Extract	剂量 Dose (mg · L ⁻¹)	处理虫数 Number of larvae tested	48 h 存活数 Survivals after 48 h	死亡率 Mortality (%)
甲醇提取物 Methanol extract	75	45	34	18.60b
水提取物 Water extract	75	45	29	30.71a
对照 Control	-	45	42	-

不同字母表示5%水平差异显著 Different letters meant significant difference at 5% level. 下同 The same below.

表 3 苦豆子提取物与埃玛菌素混合对小菜蛾 3 龄幼虫的毒力

Tab. 3 Toxicity of the mixtures on 3rd larvae of *P. xylostella*

供试药剂 Insect-icide	毒力回归方程 Regression function of toxicity	<i>r</i>	LC ₅₀ (95%置信区间) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)
I	$Y = 5.7242 + 2.4761x$	0.9875	0.51a (0.3784 ~ 0.6167)
II	$Y = 5.5362 + 0.7424x$	0.9961	0.19b (0.1235 ~ 0.2585)
III	$Y = 5.8018 + 1.6073x$	0.9836	0.32b (0.1929 ~ 0.4328)

I: 埃玛菌素 Emamectin; II: 苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素 Extract from *S. alopecuroides* (Methanol) + Emamectin; III: 苦豆子水提取物 + 埃玛菌素 Extract from *S. alopecuroides* (Water) + Emamectin. LC₅₀值均以埃玛菌素为有效成分计 All of the LC₅₀ in the table were expressed by the contents of emamectin in the mixtures. 下同 The same below.

表 4 不同处理对小菜蛾化蛹和羽化的影响

Tab. 4 Effects of different treatments on pupated percentage and emergence percentage of *P. xylostella* (mean ± SD)

药剂 Insect-icide	处理剂量 Dose (mg · L ⁻¹)	化蛹率 Pupated percentage (%)	蛹质量 Pupae mass (mg)	羽化率 Emergence percentage(%)
I	0.3131	51.55 ± 7.93c	4.61 ± 0.81ab	72.74 ± 8.55b
II	0.03727	44.68 ± 7.74b	4.46 ± 0.40b	68.05 ± 4.49b
III	0.1496	42.87 ± 10.32b	4.66 ± 0.73ab	67.53 ± 7.14b
对照 CK	-	75.42 ± 6.61a	5.01 ± 0.41a	87.70 ± 8.10a

在 42.87% ~ 51.55%, 显著低于对照的化蛹率 (75.4%)。苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素与苦豆子水提取物 + 埃玛菌素处理组化蛹率相当, 但均与埃玛菌素组存在显著差异, 苦豆子水提取物 + 埃玛菌素和埃玛菌素处理组平均蛹质量相当, 但与苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素处理组间存在显著差异。3 个处理羽化率间不存在显著差异, 但均显著低于对照。

3.4 苦豆子提取物与埃玛菌素混合对小菜蛾繁殖力的影响

3.4.1 产卵量 从图 1 可以看出, 各处理产卵量随时间的推移均呈先上升后下降的趋势, 且产卵量低

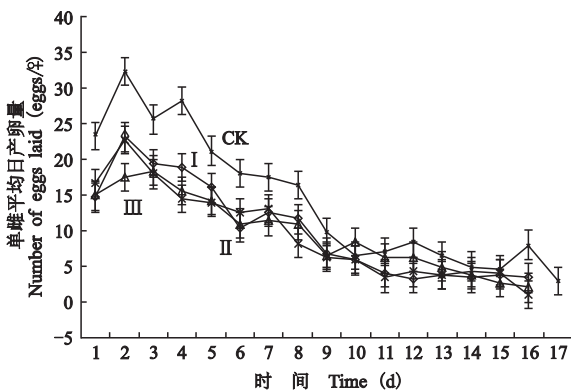


图 1 不同处理下小菜蛾的产卵量

Fig. 1 Oviposition amount of *P. xylostella* under different treatments.

I: 埃玛菌素 Emamectin; II: 苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素 KDZ (Methanol) + Emamectin; III: 苦豆子水提取物 + 埃玛菌素 KDZ (water) + Emamectin; CK: 对照 Control. 下同 The same below.

于对照组。亚致死量苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素、苦豆子水提取物 + 埃玛菌素和埃玛菌素均对当代小菜蛾的产卵量有明显的抑制作用, 且日产卵量随时间的变化规律相似, 但埃玛菌素和苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素作用下的最高日产卵量相当, 而苦豆子水提取物 + 埃玛菌素最高日产卵量要低于二者。

对不同处理下小菜蛾单雌产卵量的观察表明 (表 5), 混合物亚致死剂量对小菜蛾繁殖力均有较大的影响, 其产卵量显著低于对照。苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素处理组与埃玛菌素处理组间差异显著, 但与苦豆子水提取物 + 埃玛菌素处理组间差异不显著。混合物对小菜蛾产卵持续天数也具有明显的影响, 处理组与对照组间存在显著差异, 但 3 个处理间差异不显著。

表 5 不同处理下小菜蛾的繁殖力

Tab. 5 Fecundity of *P. xylostella* under different treatments

药剂 Insecticide	产卵量 Number of eggs laid (eggs · ♀ ⁻¹ · d ⁻¹)	产卵天数 Oviposition period (d)
I	142.3 ± 23.1b	10.9 ± 2.5b
II	118.1 ± 34.1c	10.4 ± 2.4b
III	132.5 ± 46.9bc	11.1 ± 2.9b
对照 CK	187.7 ± 53.4a	15.6 ± 2.3a

3.4.2 卵孵化率 从图 2 可以看出, 各处理对小菜蛾卵的孵化均有显著的抑制作用, 孵化量均呈先上升后缓慢下降趋势。苦豆子甲醇提取物 + 埃玛菌素和苦豆子水提取物 + 埃玛菌素处理后卵孵化率分别为 52.25% 和 53.25%, 与对照组间 (82.50%) 差异显著, 与埃玛菌素处理组 (59.00%) 差异不显著。

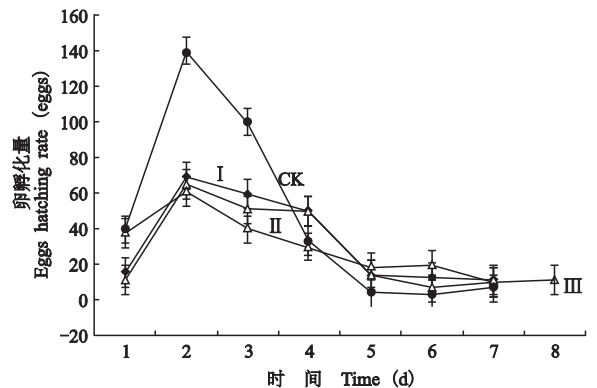


图 2 不同处理对小菜蛾卵孵化的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on egg hatching of *P. xylostella*.

4 讨论

埃玛菌素作为一种对鳞翅目害虫有广谱防治作用的环境友好农药, 自问世以来, 受到研究人员和使

用者的高度重视和欢迎. 但埃玛菌素对小菜蛾的防治效果并不比阿维菌素效果好, 究其原因, 可能是因为小菜蛾对阿维菌素已有抗性所致^[4]. 本试验将苦豆子提取物与埃玛菌素组合可以明显提高埃玛菌素的毒力, 混合物的毒力分别为埃玛菌素单剂的 2.69 和 1.62 倍, 说明苦豆子提取物对埃玛菌素有极显著的增效作用. 其增效作用来源于两个方面: 1) 苦豆子提取物本身具有的毒力^[10,16], 如从苦豆子提取物分离得到的野靛碱对蚜虫的活性很高^[8], 本研究表明苦豆子提取物对小菜蛾幼虫也具有直接杀虫活性 (18.6% ~ 30.7%). 2) 苦豆子提取物中的各种不同次生代谢物质对农药化合物具有程度不同的增效作用^[12-13]. 采用化学药剂防治害虫给人们带来了便利和较好的经济效益, 但同时对环境产生的副作用也不容忽视^[17], 本文采用埃玛菌素与苦豆子提取物 (或其它有增效作用的天然物质) 组合, 不但能降低化学农药的使用量, 减轻药剂对环境的副作用, 还能大大提高其防治效果.

采用杀虫剂亚致死剂量处理昆虫后, 其存活个体及其后代的生物学特性可能会发生显著变化, 对昆虫的取食、幼虫生长发育、交配、繁殖和产卵行为以及卵孵化率等产生不良影响^[3,5,7]. 这种“持续效应”可以减少药剂使用量, 降低成本, 对于无公害农产品生产具有重要意义. 如采用苦豆子提取物与埃玛菌素组合的亚致死剂量处理小菜蛾幼虫, 对小菜蛾化蛹、蛹羽化以及后代繁殖力均有显著的影响. 这种“后效应”有利于害虫防治和环境的保护.

参考文献

- [1] Arena JP. 1994. Expression of *Caenorhabditis elegans* mRNA in *Xenopus oocytes*: A model system to study the mechanism of action of avermectins. *Parasitology Today*, **10**: 35-37
- [2] Bi F-C (毕富春), Xu F-B (徐凤波). 2002. Outline of the studies on emamectin benzoate. *Pesticide Science and Administration* (农药科学与管理), **23**(3): 31-33 (in Chinese)
- [3] Friedel T, Mc Donnell PA. 1985. Cyromazine inhibits reproduction and larval development of the Australian sheep blowfly (Diptera: Calliphoridae). *Economic Entomology*, **78**: 868-873
- [4] Guo Y (郭瑛). 2005. Toxicity analysis of emamectin benzoate and chlorpyrifos as well as their mixtures on *Plutella xylostella*. *Entomological Journal of East China* (华东昆虫学报), **14**(4): 371-374 (in Chinese)
- [5] Hajjar MJ, Ford JB. 1989. The effect of sublethal doses of cypermethrin egg laying of mustard beetle (*Phaedon cochleariae* (F.)). *Pesticide Science*, **26**: 227-239
- [6] Jansson RK, Peterson RF, Mookerjee PK, et al. 1996. Efficacy of solid formulation of emamectin benzoate at controlling lepidopterous pests. *Florida Entomologist*, **79**: 434-449
- [7] Komez N, Fouillet P, Bouletreau M et al. 2001. Mod-

ification, by the insecticide chlorpyrifos, of the behavioral response to kairomones of a parasitoid wasp, *Leptopilina boulardi*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **41**: 436-442

- [8] Liu C-X (刘传秀), Han Z-J (韩招久). 1993. Laboratory methods on artificial propagation of *Plutella xylostella* (L). *Entomological knowledge* (昆虫知识), **30**(6): 341-344 (in Chinese)
- [9] Luo W-C (罗万春). 2002. The New Pesticides and Environment. Beijing: World Knowledge Press (in Chinese)
- [10] Luo W-C (罗万春), Li Y-S (李云寿). 1996. Studies on bioactivity of control effect of an extract from *Sophora alopecuroids* against vegetable Aphids. *Agrochemicals* (农药), **35**(6): 34-36 (in Chinese)
- [11] Luo W-C (罗万春), Li Y-S (李云寿). 1996. The influence of two alkaloids from *Sophora alopecuroids* on esterase isozymes of insects. *Agrochemicals* (农药), **35**(7): 12-13 (in Chinese)
- [12] Luo W-C (罗万春), Li Y-S (李云寿), Zhao S-H (赵善欢), et al. 1997. The toxicities of alkaloids from *Sophora alopecuroids* against turnip aphids and effect on several esterases. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), **40**(4): 357-365 (in Chinese)
- [13] Luo W-C (罗万春), Mu W (慕卫), Zhang X (张新), et al. 1998. Synergic activity of methomyl with extracts from *Sophora alopecuroids*. *Journal of Laiyang Agricultural College* (莱阳农学院学报), **15**(3): 191-194 (in Chinese)
- [14] Luo W-C (罗万春), Mu W (慕卫), Zhang X (张新), et al. 1998. Synergic activity of phoxim with extracts from *Sophora alopecuroids*. *Journal of Laiyang Agricultural College* (莱阳农学院学报), **15**(4): 268-271 (in Chinese)
- [15] Luo W-C (罗万春), Zhang Q (张强). 2003. The effects of *Sophora alopecuroids* alkaloids on metabolic esterases of the diamondback moth. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), **46**(1): 122-125 (in Chinese)
- [16] Wang C-J (王春娟), Xie H-Q (谢慧琴), Wang X-J (王肖娟). 2005. Biological activities of extracts of plants from Xinjiang against *Aphis gossypii*. *Journal of Shihezi University* (Natural Science) (石河子大学学报·自然科学版), **23**(5): 595-596 (in Chinese)
- [17] Wang X-Y (王小艺), Shen Z-R (沈佐锐), Xu W-B (徐文兵), et al. 2003. Sublethal effects of insecticides on fecundity of multicolored Asian ladybird *Harmonia axyridis*. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **14**(8): 1354-1358 (in Chinese)
- [18] Yu T-C (于天丛), Luo W-C (罗万春), Ding J (丁君), et al. 2007. The toxicity of extracts from *Sopjopa alopecuroids* with emamectin to diamondback moth *Plutella xylostella* under different temperatures. *Actaphytocologica Sinica* (植物保护学报), **34**(1): 111-112 (in Chinese)
- [19] Zhang Q (张强), Luo W-C (罗万春). 2002. The synergism of alkaloids from *Sophora alopecuroids* to four insecticides. *Chinese Journal of Pesticide Science* (农药学报), **4**(3): 57-61 (in Chinese)
- [20] Zhao J-Z (赵建周), Ju Z-L (剧正理). 1993. The detect method of resistance for *Plutella xylostella* in the field. *Proceedings of Agricultural Science* (农业科学集刊), (1): 253-256 (in Chinese)

作者简介 于天丛,男,1980年生,硕士研究生.主要从事昆虫毒理学及环境友好农药研究,发表论文2篇. E-mail: yutiancong8057@163.com

责任编辑 肖红

