

植物保护剂保卫德对小菜蛾种群控制作用

侯有明¹ 庞雄飞² 梁广文² 尤民生¹

(1. 福建农林大学植保学院, 福州 350002; 2. 华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要 植物保护剂保卫德(BIOACT-T35)对小菜蛾 *Plutella xylostella* L. 种群的控制作用主要表现在对成虫产卵的忌避作用、对幼虫的拒食作用以及对生长发育的影响和减少幼虫危害力等方面。10 ml/L 处理对成虫产卵忌避率为 81.43%, 对幼虫的选择性和非选择性拒食率分别为 96.32% 和 93.17%, 幼虫总取食量是对照的 67.4%, 使种群趋势指数(I 值)由对照的 18.2840 降为 1.9492, 干扰作用控制指数($IIPC$)为 0.1066。状态空间分析法的模拟结果亦表明, 主要控制作用表现在种群发展初期对成虫产卵的忌避作用。

关键词 植物保护剂保卫德, 小菜蛾, 种群控制, 忌避作用, 拒食作用

小菜蛾 *Plutella xylostella* L. 是十字花科蔬菜的重要害虫。应用害虫对异源植物次生物的拒食和忌避特性控制害虫危害, 在蔬菜害虫生态控制中有着广阔的前景^[1, 2], 尤其是对于像小菜蛾等害虫, 其虫源大部分来自菜田以外生境或邻近菜田, 应用这类物质的效果更为显著^[2~6]。作者于 1997~1999 年, 在深圳龙岗生态村, 就植物保护剂保卫德对小菜蛾种群的拒食和忌避作用进行了系统研究, 并利用生命表技术评价其控制作用。

1 材料与方法

1.1 供试材料

保卫德(BIOACT-T35)由新加坡超胜化学工业有限公司提供, 用清水稀释到 10.00、5.00、3.33、2.50、2.00 和 1.67 ml/L 6 个浓度处理, 相应的田间用量分别为 9、4.5、3.00、2.25、1.80 和 1.50 L/hm², 并以清水处理为对照。

1.2 生物活性测定

1.2.1 忌避作用测定

取长 25 cm、宽 20 cm、高 15 cm 的网盒, 分别放入刚羽化的小菜蛾成虫 1 对, 在盖内顶部贴上已用不同浓度处理过的蜡纸(面积约 120 cm²), 在盖外围一湿纱布保湿, 室温下保存, 24 h 后统计成虫在蜡纸上的产卵量和卵孵化情况。每一处理重复 30 次。产卵忌避率

基金项目: 中国博士后基金(2000)、福建省自然科学基金(B0110019)、福建省重大科技项目(2002N007)和福建省教育厅资助项目(K20031)

作者简介: 侯有明(1966-), 男, 副教授, 研究方向为昆虫生态与害虫综合治理(E-mail: ymhou@fjau.edu.cn)

收稿日期: 2001-9-3

(%) = [(CK 组产卵量 - 处理组产卵量) / CK 组产卵量] × 100.

1.2.2 拒食活性测定

用打孔器(直径 1.8 cm)制备好的菜心 *Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen. et Lee. 叶片, 浸入不同浓度处理液中, 3 s 后取出, 晾干后放入垫有滤纸的培养皿(直径 9 cm)中。每皿放入处理和对照各 3 片, 交错排列, 然后接入已饥饿 4 h 的 4 龄幼虫 1 头, 以清水处理为对照, 重复 30 次。分别于接虫后 8、16、24 h 采用透明坐标胶片测定各叶被食面积。非选择性拒食活性测定方法同上, 仅是在一培养皿内全部放入处理叶, 另一培养皿内全部放入对照叶, 每皿同样放入 6 片圆叶。

1.2.3 触杀作用

取直径 1.9 cm、高 4.6 cm 的小瓶, 以微量注射器注入 25 μ l 不同浓度处理液, 然后每瓶放入 5 头各龄幼虫, 用湿沙布盖好瓶口保湿, 置于室温下饲养, 每隔 2 h 检查各龄幼虫死亡情况, 直至 24 h。每处理重复 30 次, 以清水处理为对照。

1.2.4 对取食量及发育历期的影响

采集 2~3 叶期叶片, 清洗后浸入不同处理液中, 10 s 后取出, 晾干后接入已饥饿 2 h 的 2 龄幼虫, 让其取食 2 h 后移出备用。将干净叶片放入垫有滤纸的培养皿(直径 9 cm)中, 叶面向上, 用一湿棉球放于叶柄处保湿, 接入备用幼虫, 每皿 1 头, 每 2 天更换 1 次叶片, 每天采用透明坐标胶片测定取食叶面积, 每隔 2 h 观察记载幼虫蜕皮时间, 直至化蛹为止, 以清水处理为对照, 共设 30 组重复。

1.2.5 对化蛹和蛹羽化的影响

取 4 龄幼虫若干, 饥饿 2 h 后饲食以上处理过的叶片, 每皿 5 头, 以清水为对照, 每处理重复 30 次, 每天检查记载化蛹数和蛹的羽化率。

1.3 田间控制效应

按不同浓度处理, 分别于菜心出苗后 3 天(子叶期)开始第一次喷施, 以后隔 5 天再喷施 1 次, 连续喷施 3 次, 以喷施清水为对照, 处理面积 0.01 hm^2 。试验地常规管理。分别于第一次喷施的前一天和喷施后每天调查不同处理区小菜蛾及其它害虫和天敌的种类、数量和年龄结构, 在每一处理区内随机取样 15 点, 每点 0.11 m^2 。重复 3 次。

自小菜蛾卵期起, 逐日调查各虫态数量变动。同时, 将卵、各龄幼虫及蛹带回室内观察, 记录卵寄生数和孵化数、各龄幼虫和蛹被寄生数与羽化数, 由此估计各虫态存活率。蛹羽化后统计其雌雄比例, 并一雌一雄配对放入罐头瓶内, 加入一张叶片。每天更换叶片并统计其产卵量, 由此估计成虫的产卵情况。每一处理重复 30 对。生命表的组建参照庞雄飞^[7]的方法进行。

2 结果与分析

2.1 保卫德对小菜蛾成虫产卵、化蛹及羽化的影响

保卫德不同浓度处理对成虫产卵忌避率的方差分析达极显著水平, 且随处理浓度的增加, 忌避作用增强(表 1), 10.00 ml/L 处理的忌避率达 81.43%。从其对成虫寿命和总产卵量的影响来看, 不同处理间虽有差异, 但差异较小。不同处理对化蛹率的影响较小,

表 1 保卫德不同浓度对小菜蛾产卵、化蛹和羽化的影响

Table 1 Effect of BIOACT-T35 under different concentrations on oviposition, pupation and emergence of diamond back moth

浓度 (ml/L) Concentration	产卵忌避率 (%) Oviposition deterrence	成虫寿命 (d) Life-span of adult	产卵量 (粒/雌) Number of eggs laid	化蛹率 (%) Pupation	羽化率 (%) Emergence
CK	—	11.43 ± 3.21 a	268.3 ± 12.7 a	94.32 ± 9.41 a	100.00 ± 0.00 a
10.00	81.43 ± 3.87 a	10.68 ± 2.54 d	216.7 ± 16.4 ef	93.43 ± 7.12 ab	90.21 ± 7.14 d
5.00	78.62 ± 4.26 b	10.84 ± 3.27 d	204.5 ± 21.3 e	93.77 ± 8.83 ab	90.48 ± 12.13 d
3.33	73.14 ± 3.64 c	11.47 ± 4.25 ab	239.4 ± 18.3 d	93.96 ± 4.25 ab	91.89 ± 10.23 de
2.50	65.37 ± 4.24 d	12.13 ± 3.83 c	227.8 ± 22.9 c	94.20 ± 6.47 a	92.29 ± 8.48 c
2.00	41.18 ± 5.83 e	11.64 ± 3.17 ab	245.3 ± 16.7 b	94.28 ± 7.62 a	95.48 ± 7.17 b
1.67	10.25 ± 6.57 f	11.83 ± 2.64 ab	258.4 ± 21.4 ab	94.34 ± 8.14 a	99.36 ± 10.48 a

注:表中数据为平均值 ± 标准误,数据后有相同字母者是经 Duncan 氏新复极差检验差异不显著 ($P \leq 0.05$),下同。Note: The data in the table denote mean ± SE and those followed by the same letter indicate no significant difference at the level of 0.05 by Duncan's multiple range test. The same for the following tables.

但对蛹羽化率的影响差异显著,且随处理浓度的增加,蛹羽化率降低,但降低的幅度不大,最高不超过 8%。

2.2 保卫德对小菜蛾幼虫的拒食和触杀作用

保卫德不同浓度处理对小菜蛾幼虫的选择性和非选择性拒食率的方差分析均达极显著水平(表 2),且随着施用浓度的增加,拒食率增大,10.00、5.00、3.33 ml/L 处理的拒食率均在 70% 以上。同时,处理后不同时间的选择性拒食率高于非选择性拒食率。

表 2 保卫德不同浓度对小菜蛾幼虫的拒食和触杀作用

Table 2 Antifeedant effects and toxicity of BIOACT-T35 to diamond back moth larvae under different concentrations

浓度 (ml/L) Concentration	24 h 拒食率 (%) Antifeeding rate		不同龄期处理 24 h 后的死亡率 (%)		
	选择性 Selective,	非选择性 Non-selective	Mortality of 24 h after treatment at different instars		
			1 ~ 2	3	4
CK	—	—	0.54 ± 0.11 ab	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
10.00	96.32 ± 2.33 a	93.17 ± 1.64 a	11.44 ± 1.41 f	5.30 ± 3.62 d	0.08 ± 0.14 bc
5.00	88.63 ± 1.17 b	84.32 ± 3.24 b	5.07 ± 1.63 e	3.13 ± 2.17 c	0.05 ± 0.03 abc
3.33	74.11 ± 2.31 c	73.14 ± 2.37 c	3.37 ± 1.11 d	2.96 ± 1.23 c	0.00 ± 0.00 a
2.50	51.32 ± 3.29 d	44.34 ± 1.36 d	1.03 ± 0.13 c	0.62 ± 0.02 ab	0.02 ± 0.07 ab
2.00	26.47 ± 3.41 e	21.42 ± 1.64 e	0.12 ± 0.06 a	1.37 ± 0.12 b	0.02 ± 0.03 ab
1.67	21.69 ± 4.20 e	20.58 ± 1.58 e	0.03 ± 0.04 a	0.34 ± 0.15 ab	0.00 ± 0.00 a

注:选择性拒食率 (%) = $[(\text{CK 组取食量} - \text{处理组取食量}) / (\text{CK 组取食量} + \text{处理组取食量})] \times 100$; 非选择性拒食率 (%) = $[(\text{CK 组取食量} - \text{处理组取食量}) / \text{CK 组取食量}] \times 100$ 。Note: Selective antifeeding rate = $[(\text{Leaf area ingested in CK} - \text{leaf area ingested by treated larvae}) / (\text{Leaf area ingested in CK} + \text{leaf area ingested by treated larvae})] \times 100$. Non-selective antifeedant rate = $[(\text{Leaf area ingested in CK} - \text{leaf area ingested by treated larvae}) / \text{Leaf area ingested in CK}] \times 100$.

对不同浓度保卫德处理 24 h 后各龄幼虫平均死亡率的方差分析表明(表 2), 虽然 1~3 龄幼虫死亡率差异达极显著水平, 且随施用浓度的增加死亡率增大, 但其绝对值较小; 同时对 4 龄幼虫的作用不显著, 各处理间的变化较小。

2.3 保卫德对小菜蛾幼虫发育和取食的影响

由表 3 可知, 不同浓度处理对各龄幼虫发育历期和取食量影响的方差分析均达极显著水平, 且随处理浓度的增大, 发育历期延长, 总取食量减少。10.00、5.00 和 3.33 ml/L 处理后幼虫总取食量分别是对照组的 67.4%、76.4% 和 99.1%。

表 3 保卫德不同浓度对小菜蛾幼虫发育和取食的影响

Table 3 Effect of BIOACT-T35 under different concentrations on development and food intake of diamond back moth larvae

浓度 (ml/L) Concentration	各龄期发育历期及取食量 The duration and food intake at different instars					
	1~2		3		4	
	历期(d) Duration	取食量(mm ² /头) leaf intake (mm ² /individual)	历期(d) Duration	取食量(mm ² /头) leaf intake (mm ² /individual)	历期(d) Duration	取食量(mm ² /头) leaf intake (mm ² /individual)
CK	3.48 ± 0.84 a	12.43 ± 3.28 a	1.67 ± 0.35 a	31.43 ± 4.21 a	2.85 ± 0.61 a	231.44 ± 12.37 a
10.00	4.83 ± 1.24 b	5.38 ± 2.44 c	4.21 ± 0.41 c	20.63 ± 3.82 bc	4.84 ± 0.92 c	138.39 ± 10.27 d
3.33	4.31 ± 1.33 ab	8.47 ± 3.29 bc	4.07 ± 0.67 c	23.36 ± 3.69 b	4.24 ± 0.87 c	154.45 ± 16.11 c
2.00	3.96 ± 1.38 a	9.28 ± 3.67 b	3.12 ± 0.91 b	28.73 ± 4.21 ab	3.47 ± 1.34 b	203.80 ± 14.32 b

2.4 保卫德对小菜蛾种群控制作用评价

应用庞雄飞^[7, 8]提出的指数求出不同浓度处理对小菜蛾种群的干扰作用控制指数(表 4)。这里生命表的组建是从卵期开始, 并以单位面积(0.11 m²)内的卵量作为起始虫态和数量, 计算出下代卵量, 两者之比作为种群趋势指数 I 值。种群控制指数($IIPC$)是处理区与对照区的起始卵量和不同虫态存活率乘积之比。

由表 4 可知, 不同处理均可以压低小菜蛾种群数量, 尤其是 10.00 和 5.00 ml/L 作用效果明显。在试验使用浓度范围内, 随浓度的提高, 控制作用增强。这表明尽管保卫德对各龄幼虫的触杀作用较小, 但有较强的产卵忌避和对幼虫的拒食作用, 因而对种群具有较好的控制效果, 尤其是 10.00 ml/L 处理, 可使种群趋势指数(I 值)降为 1.9492, 比对照降低 90% 左右。同时, 应用状态空间分析法^[7, 8], 对保卫德的控制作用进行模拟分析。由模拟结果可知, 不同浓度处理均可不同程度压低小菜蛾种群数量。在种群发展初期, 由于对成虫产卵的忌避作用, 卵量基数降低, 从而有效地控制种群的发展。但从绝对值来看, 种群数量增长较高, 尤其是在处理 30 天后, 增长比较迅速, 这表明尽管保卫德对小菜蛾种群数量具有一定的控制作用, 但从持续控制的角度分析, 仅仅采用这一措施还不能完全控制种群数量的增长, 尤其是在第二代以后, 要结合其它措施同时应用, 方可降低危害。

表 4 保卫德对小菜蛾种群控制效应的生命表评价

Table 4 Evaluation of the effect of BIOACT-T35 against diamond back moth population according to life-table (深圳,碧岭 Biling, Shenzhen, 1997 ~ 1999)

浓度 (ml/L) Concen- tration	起始卵量 Initial egg number (No./ 0.11m ²)	成虫忌避 后存活率 Adult survival rate after deterrence	各虫态存活率 Survival rate at different stage					下代预 期卵量 Expected number of eggs in next generation	种群趋 势指数 Index of population trend(I)	干扰作用 控制指数 Interference index of population control(IIPC)
			卵 Egg	1 ~ 2 龄 1st ~ 2nd instars	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	蛹 Pupae			
CK	11.07	1.0000	0.7474	0.6021	0.8762	0.6371	0.6827	202.400	18.2840	—
10.00	2.60	0.2348	0.6109	0.5814	0.6558	0.5866	0.5699	5.068	1.9492	0.1066
5.00	2.78	0.2511	0.6541	0.5836	0.7088	0.6168	0.6042	7.504	2.6993	0.1476
3.33	3.23	0.2917	0.6829	0.5818	0.7327	0.6171	0.6237	11.255	3.4845	0.1906
2.50	4.23	0.3825	0.6982	0.5959	0.7708	0.6370	0.6292	22.165	5.2400	0.2866
2.00	7.13	0.6437	0.7042	0.6014	0.8642	0.6370	0.6516	74.332	10.4252	0.5702
1.67	10.66	0.9634	0.7466	0.6019	0.8732	0.6371	0.6827	186.869	17.5299	0.9588

3 讨论

菜田小菜蛾虫源主要来自两个方面,一是菜田自身的累积虫源,二是来自菜田以外生境或邻近菜田迁入的虫源。由于蔬菜茬口多,生育期短,因而菜田生境以外的虫源是其主要虫源。对于这一部分虫源,采用异源植物次生化化合物的显著忌避作用,将其阻隔在菜田以外,可以降低害虫虫口基数,减轻危害。本研究结果表明,保卫德对小菜蛾种群的控制作用显著,控制的主要生态学机理表现在对成虫产卵的忌避作用、对幼虫的拒食作用和减少幼虫的取食量等方面。同时,对印楝素、苦皮藤等次生化合物对小菜蛾种群的控制研究亦表明,控制的主要生态学机理亦是对外来迁入虫源的显著忌避作用^[3]。因此,应用异源植物次生化合物控制菜田生境以外的虫源是蔬菜害虫生态控制中的重要策略,亦是从根本上解决蔬菜害虫猖獗危害的重要途径。在这方面的研究前景广阔,对于开发蔬菜保护剂及进一步开展异源植物的抗虫基因工程等研究有着十分重要的作用。

本研究表明,保卫德可以显著控制小菜蛾种群,然而其施用后的种群趋势指数还在1.0以上,10.00ml/L施用后的种群趋势指数还在2左右,表明保卫德还不能完全压低种群增长趋势,因而需要根据田间卵量基数,结合其它措施,如释放赤眼蜂、喷施小菜蛾颗粒体病毒、应用性诱剂^[9]以及同其它植物性物质混用等措施,进行综合控制,才能压低种群基数,减轻危害。同时,在这些研究的基础上,根据田间卵量基数和不同控制措施的控制效果,建立小菜蛾种群生态控制系统,达到持续控制的目的。

参 考 文 献

1 庞雄飞. 植物保护剂与植物免疫工程——异源植物次生化合物在害虫防治中的应用 世界科技研究与发展,1999, 21(2):24-28

2 庞雄飞,张茂新,侯有明,等. 植物保护剂防治害虫效果的评价方法 应用生态学报,2000, 11(1): 108-110

- 3 侯有明, 庞雄飞, 梁广文. 印楝素对小菜蛾种群控制效果评价. 见: 吴孔明等编, 昆虫学研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 2000, p326-329
- 4 Schmutterer H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Ann. Rev. Entomol., 1990, 35:271-297
- 5 Dimetry N Z, Amer S A A, Reda A S. Biological activity of two neem seed kernel extracts against the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. J. Appl. Entomol., 1993, 116:308-312
- 6 Musabyimana T, Saxena R C, Kairu E W, et al. Effects of neem seed derivatives on behavioral and physiological responses of the *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). J. Econ. Entomol., 2001, 94(2):449-454
- 7 庞雄飞. 种群数量控制指数及其应用. 植物保护学报, 1990, 17(1):11-16
- 8 庞雄飞, 梁广文. 害虫种群系统的控制. 广州: 广东科技出版社, 1995, 7-26
- 9 侯有明, 庞雄飞, 梁广文, 等. 性诱剂对蔬菜大棚小菜蛾种群的控制效应. 中国生物防治, 2001, 17(3):121-125

Studies on the effect of the plant protector BIOACT-T35 against diamond back moth *Plutella xylostella* L.

Hou Youming¹ Pang Xiongfei² Liang Guangwen² You Mingsheng¹

(1. College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2. Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract Effect of the plant protector BIOACT-T35 on population dynamics of the diamond back moth (DBM), *Plutella xylostella*, was investigated in laboratory and field. The results showed that BIOACT-T35 strongly deterred the adult from laying eggs and significantly inhibited larval feeding on the treated plant. When 10.00 ml/L of BIOACT-T35 was applied, 81.43% of the adults of DBM kept away from the host plant and larval antifeeding rate ranged from 93.17% to 96.32%. Total leaf area ingested by DBM larva decreased to 67.4% from that in the control. The index of population trend of DBM decreased to 1.9492 from 18.2840 in the control. The interference index of population control was 0.1066. Based on the space-state equation of cybernetics, models of DBM population dynamics were set up, which indicated key role of deterrent activity of BIOACT-T35 to the adult egg-laying in control of the population.

Key words plant protector BIOACT-T35, diamond back moth, *Plutella xylostella* L., population control, deterrent effect, antifeedant effect