

虱螨脲对棉铃虫实验种群的生物活性研究

姚永生¹, 李春芳², 叶花香¹, 青 红¹

(1. 塔里木大学 植物科技学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 新疆生产建设兵团 农三师农业技术推广中心, 新疆 喀什 843900)

摘要:室内测定了虱螨脲对棉铃虫实验种群的生物活性及低剂量下对其生命参数的影响。拒食活性的测定结果显示, 虱螨脲对棉铃虫三龄幼虫具有明显的拒食活性, 在 10 mg/kg 浓度时, 96 h 后拒食率达到 95.04%; 虱螨脲也表现出较强的杀卵作用, 在 50 mg/L 浓度下, 棉铃虫 1 日龄卵死亡率达到 87.59%。分别用叶片浸毒法和浸虫体法测定了对棉铃虫幼虫的胃毒活性和触杀活性, 其对棉铃虫二龄幼虫的 LC_{50} 分别为 0.743 4, 12.369 6 mg/L, 胃毒活性约是触杀活性的 17 倍, 表明虱螨脲对棉铃虫的作用方式主要为胃毒作用, 兼有一定触杀作用。虱螨脲对棉铃虫生长发育和繁殖力影响的测定结果表明, 虱螨脲可抑制幼虫生长, 延缓发育, 使幼虫历期、蛹期增长; 同时降低其生育繁殖能力, 使幼虫成活率、化蛹率、羽化率、产卵量和卵孵化率等有所下降, 畸形蛹和畸形蛾比例明显增加。

关键词:虱螨脲; 棉铃虫; 实验种群; 生物活性

中图分类号: S482.3⁺ 8; S435.622⁺ 9 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)增刊-0243-05

Studies on Bioactivity of Lufenuron to Experimental Population of *Helicoverpa armigera*

YAO Yong-sheng¹, LI Chun-fang², YE Hua-xiang¹, QING Hong¹

(1. College of Plant Science and Technology, Tarim University, Alar 843300, China; 2. Center of Spreading Agricultural Techniques in Agricultural Division, Xinjiang Production and Construction Corps, Kashi 843900, China)

Abstract: The bioactivity of Lufenuron on experimental population of *Helicoverpa armigera* (H bner) in the laboratory were carried out. The results showed that Lufenuron displayed good anti-feedant activity on 3rd instar larvae and high ovicidal activity on 1-day eggs of *Helicoverpa armigera* (H bner), the anti-feeding rates of 10 mg/kg and eggs mortality rates of 50 mg/L were over 95.04% and 87.59%; LC_{50} of stomach poisoning and contact poisoning of 2nd instar larvae were 0.743 4 and 12.369 6 mg/L with leaf and body dipping method 96 h after treatment, respectively, Lufenuron showed that higher stomach activity was approximately 17 times of contact activity. The inhibition of the growth and development of cotton bollworm after treated with Lufenuron in diets were investigated. The larval and pupal period were elongated, and the ratios of survival, pupation, emergence, oviposition numbers of female, and egg hatch ability decreased, unhealthy pupa and adult rates also increased.

Key words: Lufenuron; *Helicoverpa armigera* (H bner); Experimental population; Bioactivity

棉铃虫(*Helicoverpa armigera* (H bner)) 属鳞翅目夜蛾科(Noctuidae), 是亚洲、大洋洲、非洲及欧洲各地为害棉花及其他作物主要害虫之一。该虫寄主范围广, 繁殖力强^[1], 20 世纪 90 年代以来, 在我国黄河、长江、辽河流域及新疆棉区大发生年频率明显增加, 棉花减产高达 35% 以上^[2], 造成了重大损失。很多地区对棉铃虫的防治目前仍依赖于药剂防治,

长期以来使棉铃虫的抗性不论从农药品种上还是强度上都有明显增加, 因而在许多地区都有猖獗成灾的潜在风险, 因此筛选新型高效低毒防治药剂成为当务之急。

昆虫生长调节剂(Insect growth regulator, IGR) 作为第三代杀虫剂, 因其独特的作用机理和较好的选择活性, 而被广泛开发与利用^[3,4], 已在生产实践中

收稿日期: 2007-11-18

基金项目: 新疆生产建设兵团农业局项目(200504); 塔里木大学校长基金重点项目(TDZKZD05003)

作者简介: 姚永生(1977-), 男, 河南商丘人, 硕士, 主要从事农业害虫生物防治和昆虫化学生态研究。

显示出高效、低毒、安全、对环境污染少等优势。有关昆虫生长调节剂对棉铃虫上的活性国内外报道较少。然而已有报道表明,昆虫生长调节剂对鳞翅目、直翅目、双翅目和鞘翅目等害虫的防治中已取得较好的防治效果,尤其是对鳞翅目有特效^[5-11]。虱螨脲(Lufenuron)是一种昆虫生长调节剂,属于酰基脲类(BPUs)杀虫剂,其作用机制与传统药剂不同,是通过抑制昆虫几丁质生物合成或沉积以阻止新表皮的形成,从而影响昆虫蜕皮而达到杀虫作用^[10,11],且对哺乳动物无副作用,又因其具有强脂溶性,一次投药后储存于动物脂肪组织中,缓慢释放,发挥持续作用,能改变害虫生物学和生态学行为的某些特性^[12]。本研究旨在明确虱螨脲对棉铃虫的作用机制和生物活性,为其在棉铃虫治理中的推广应用提供理论依据和参考。

1 材料和方法

1.1 供试昆虫

供试棉铃虫由塔里木大学植物保护试验站提供,2004年8月中下旬采自新疆阿拉尔垦区的田间幼虫,在室内人工饲料连续饲养,从未接触过农药,参考王琛柱等^[13]棉铃虫饲料配方及饲养过程。试验期间,试虫在温度(25 ± 0.5)℃、相对湿度(75 ± 5)%、光周期为L/D=14/10的人工气候箱中饲养。

1.2 供试药剂

99%虱螨脲原药和制剂5%虱螨脲乳油(Lufenuron 5% EC),均由瑞士先正达作物保护(中国)投资有限公司提供,35%硫丹乳油(Endosulfan 35% EC)由浙江威尔达化工有限公司提供。

1.3 试验方法

1.3.1 虱螨脲对棉铃虫的拒食活性 称取适量的人工饲料块,于80~90℃水浴中热熔成糊状,加入适量药液(药剂预先用丙酮溶解),充分搅拌,使药剂均匀分散在糊状饲料中,配制成1 kg饲料中分别含虱螨脲有效成分0.625,1.25,2.5,5,10 mg的含药饲料,以加入等量丙酮的饲料为对照。参照徐建华等^[14]的非选择测定法,切取一小块含药饲料,称量后置于养虫盒小孔中,每孔一块。然后选取大小均匀的棉铃虫3龄幼虫,饥饿8 h,接入放有含药饲料的养虫盒中,每处理组20头虫,转入人工气候箱正常饲养。接虫前单头称量,试验后24,48,72,96 h分别称量,同时记录死虫数量,计算相应的拒食率,计算公式如下:

拒食率= $(C - T) / C \times 100\%$,式中C,T分别是对照组、处理组试虫处理前后的体质量变化。

1.3.2 虱螨脲对棉铃虫的杀卵活性 将虱螨脲用水稀释成6.25,12.5,25,50,100,200 mg/L浓度(以有效成分计),选取同一日产下的1日龄卵在显微镜下计数后连同卵附着物纱布浸入药液10 s,取出、自然晾干后置于保鲜袋中,在正常饲养条件下观察孵化的幼虫数,计算杀卵率。以浸入清水为对照,每组重复3次。

1.3.3 虱螨脲对棉铃虫不同龄期幼虫的触杀活性

采用浸虫体法测定触杀活性。在预备试验基础上,将待测制剂用水稀释成6个系列浓度,置于烧杯中备用,用镊子轻轻夹住2~5龄不同龄期的幼虫尾部,浸入药液3 s后取出,用吸水纸吸掉虫体多余药液,处理后给供试幼虫饲喂与处理前一致的人工饲料,进行单头饲养,每浓度处理幼虫20头,重复4次,以空白为对照,4 d后检查幼虫死亡情况,以药剂浓度的对数值为横座标(x),死亡率几率值为纵座标(y),求毒力回归方程及 LC_{50} 值。

1.3.4 虱螨脲对棉铃虫不同龄期幼虫的胃毒活性

采用叶片浸毒法测定胃毒活性。在预备试验基础上,将待测制剂用水稀释成6个系列浓度,另设清水为空白对照。用药剂稀释液浸新鲜棉花嫩叶片10 s后取出,放在吸水纸上晾干(0.5~1 h),将叶片放入已灭菌的养虫盒中,每小格接有2~5龄不同龄期的幼虫1头,并扣上盖子。每处理20头试虫,重复4次。4 d后检查死、活虫数。同上方法求毒力回归方程及 LC_{50} 值。

1.3.5 虱螨脲对棉铃虫生长发育、繁殖能力的影响

虱螨脲对棉铃虫生长发育影响测定方法:在养虫盒中加入含药的人工饲料(有效成分含量分别为0.2,0.4 mg/kg),每孔接入1头刚孵化的棉铃虫幼虫,放入人工气候箱中饲养,于7 d后统计死亡率,每个处理30头试虫,设3次重复,以饲喂无药的人工饲料作为对照。对未死幼虫继续以无药的人工饲料饲养,直至化蛹,记录幼虫历期,称量蛹重、化蛹率、畸形蛹率,待蛹羽化后统计羽化率和畸形蛾率。

虱螨脲对棉铃虫成虫繁殖能力影响测定方法:分别取同日羽化的成虫按雌雄1:1配对置于羽化笼(23 cm × 19 cm × 21 cm)内,笼底放入盛有滤纸和成虫营养液的培养皿(10 cm × 1.5 cm),用已消毒的医用纱布(供产卵用)覆盖羽化笼口,其上覆盖一层保鲜膜,用橡皮筋固定。将羽化笼放入人工气候箱待产卵,每组3次重复。开始产卵后,每天更换成虫营养液和产卵纱布,记录产卵量,直到雌蛾死亡,统计每头雌蛾的产卵总量。随机将可计数的卵连同纱布一起放入保鲜袋内,标记后放入人工气候箱中待孵

化,记录初孵幼虫数量,统计卵孵化率。

2 结果与分析

2.1 虱螨脲对棉铃虫幼虫的拒食活性

从表 1 可以看出,虱螨脲对棉铃虫 3 龄幼虫表现出明显的拒食活性,处理后幼虫取食量减少,随着

药剂浓度的增加和处理后时间的推移,拒食率均明显提高,处理后 96 h 拒食率最高达 95.04%。试验中还观察到对照组试虫随着时间的推移,体质量增加很快,而处理组试虫活动减弱,体质量增加缓慢,并且随药剂含量的增加,体质量增加相对减缓,在试验期间还发现高浓度处理试虫出现部分死亡现象。

表 1 取食不同浓度虱螨脲对棉铃虫三龄幼虫生长的影响

药剂含量 (mg/kg)		体质量/mg Body mass				拒食率/% Antifeedant rate			
Treatment dose	处理前	24 h	48 h	72 h	96 h	24 h	48 h	72 h	96 h
0.625	25.5	53.8	78.5	99.0	118.5	15.02 d	33.78 c	40.06 c	57.97 c
1.25	25.8	51.6	70.6	84.1	96.1	22.52 d	49.06 bc	60.53 b	74.14 b
2.5	26.1	44.1	57.9	70.2	79.7	45.95 c	63.00 b	64.04 b	79.53 ab
5	25.4	36.4	45.6	53.4	58.6	66.97 b	75.34 ab	77.19 b	88.79 a
10	25.9	32.1	36.3	38.7	41.0	81.38 a	88.74 a	92.98 a	95.04 a
CK	25.2	58.5	95.8	130	176.5	—	—	—	—

注:同一列中有相同字母的表示 Duncan 氏检验差异不显著(p≥0.05);表 2、表 5 同。
Note: The data in the same column followed by same letters are not significantly different by Duncan's multiple range test(p≥0.05);The same for the table 2 and table 5 below.

2.2 虱螨脲对棉铃虫的杀卵活性

表 2 虱螨脲对棉铃虫 1 日龄卵的毒杀作用

Tab. 2 Toxic effect of Lufenuron on 1-day eggs of <i>Helcoverpa armigera</i>				
药剂含量 (mg/L)	卵量/粒 Egg counts	孵化的幼虫量/头 Hatching larvae counts	杀卵率/% Egg mortality rate	校正杀卵率/% Adjusted egg mortality rate
6.25	96	84	12.50	6.60 d
12.5	93	75	19.35	13.92 c
25	85	25	70.59	68.61 b
50	86	10	88.37	87.59 a
100	101	9	91.09	90.49 a
200	86	7	91.86	91.31a
CK	95	89	6.32	—

从表 2 可以看出,虱螨脲对棉铃虫 1 日龄卵有较强的毒杀作用,在有效成分含量 50 mg/L 浓度下,校正杀卵率达 87.59%,在 100 mg/L 浓度下,已超过 90%。因此在实际田间使用中,可以利用这种作用方式,掌握好施用的最佳时期,达到对害虫更好的控制效果。

2.3 虱螨脲对棉铃虫不同龄期幼虫的触杀活性

从表 3 可知,虱螨脲对棉铃虫 2~ 5 龄幼虫 LC₅₀ 值随虫龄期的增加而增加,对二龄幼虫的 LC₅₀ 最小,活性最高,为 12.369 6 mg/L,表明虱螨脲对棉铃虫在经体壁穿透的触杀方面具有一定生物活性。

表 3 虱螨脲对棉铃虫不同龄期幼虫的触杀活性

Tab. 3 Contact activity of Lufenuron on different instar larvae of <i>Helcoverpa armigera</i>				
虫龄 Larva instar	毒力回归方程 Toxicity regression equations	相关系数/r Correlation coefficient	LC ₅₀ /(mg/L)	95% 置信限/(mg/L) 95% confidence interval
2	y= 3.966 7- 0.565 5x	0.975 8**	12.369 6	11.139 4~ 13.599 8
3	y= - 4.39 50+ 3.712 8x	0.964 8**	16.012 5	14.407 0~ 17.618 0
4	y= 0.986 2+ 4.056 3x	0.983 0**	19.238 6	17.226 1~ 21.251 1
5	y= 3.271 6+ 1.132 5x	0.995 7**	21.567 2	19.337 1~ 23.797 3

注: n= 6, n_{0.05}= 0.811 4, n_{0.01}= 0.917 2, ** 为极显著水平;表 4 同。
Note: ** means the extremely significance levels; The same for table 4 below.

2.4 虱螨脲对棉铃虫不同龄期幼虫的胃毒活性

从表 4 可以看出,虱螨脲对棉铃虫不同龄期幼

虫表现出较高的胃毒活性。供试 2~ 5 龄 4 个时期的棉铃虫幼虫,其中二龄幼虫对药剂最为敏感,LC₅₀

表 4 虱螨脲对棉铃虫不同龄期幼虫的胃毒活性

Tab. 4 Stomach activity of Lufenuron on different instar larvae of <i>Helcoverpa armiger</i>				
虫龄 Larva instar	毒力回归方程 Toxicity regression equations	相关系数/r Correlation coefficient	LC ₅₀ /(mg/L)	95% 置信限/(mg/L) 95% confidence interval
2	y= 3.495 3+ 1.000 4x	0.966 1**	0.743 4	0.426 7~ 1.086 9
3	y= 4.116 8+ 1.310 1x	0.963 9**	1.966 9	1.337 5~ 2.718 0
4	y= 3.420 1+ 1.848 7x	0.977 3**	2.059 2	1.623 7~ 2.501 4
5	y= 5.103 8+ 2.098 2x	0.987 2**	2.694 5	1.968 5~ 3.156 3

值为 0.743 4 mg/L, 三龄以后敏感性有所下降, 而四、五龄幼虫由于暴食, 食叶量增加很多, 致使取食药量也增加, 因此 LC_{50} 值与三龄幼虫的差异不大。与上述触杀活性相比, 其胃毒活性约是触杀活性的 17 倍, 表明虱螨脲对棉铃虫的作用方式主要为胃毒作用。

2.5 虱螨脲对棉铃虫生长发育及生殖力的影响

由表 5 看出, 处理组与对照组相比除化蛹率、蛹期无显著差别外, 其他方面均存在明显差别。食用含虱螨脲的人工饲料后, 幼虫成活率、蛹质量、羽化

率明显低于对照, 畸形蛹率和畸形蛾率明显高于对照, 同时幼虫历期、蛹期也有一定时间的延长, 表明虱螨脲对棉铃虫的生长发育有一定的抑制作用; 单雌产卵量、卵孵化率明显低于对照, 表明虱螨脲对棉铃虫具有一定的生育抑制性, 其繁殖能力大为降低。而且在试验过程中观察到, 未死亡幼虫在生长进程中会出现随头、胸部已完成蜕皮, 但腹部不能蜕出, 呈明显蜕皮畸形, 部分幼虫以后还出现极少数的半幼虫半蛹的畸形现象, 表明虱螨脲在棉铃虫幼虫生长发育过程中强烈干扰其蜕皮。

表 5 虱螨脲对棉铃虫生命参数的影响

Tab. 5 Influence of Lufenuron on life parameters of *Helicoverpa armigera*

药剂含量 /(mg/kg) Treatment dose	幼虫成活 率/% Survival rate	幼虫历期 /d Larvae period	化蛹率 /% Pupation rate	蛹历期 /d Pupal duration	畸形蛹率 /% Unhealthy pupa rate	蛹质量 /(mg/头) Pupal mass	羽化率 /% Emergед Adult rate	畸形蛾率 /% Unhealthy moth rate	产卵量 /(粒/雌) No. of eggs/ female	卵孵化率 /% Hatch ing rate
0.2	53.36 b	12.9 a	79.87 a	8.35 a	4.65 a	113.85 b	82.93 a	15.58 a	563.37 b	79.68 b
0.4	47.65 b	13.60 a	77.92 a	8.52 a	8.64 a	109.83 b	63.33 b	26.83 a	545.86 b	73.53 b
CK	79.76 a	11.79 b	82.86 a	7.95 a	2.62 b	128.76 a	90.17 a	6.45 b	751.25 a	90.25 a

3 结论与讨论

棉铃虫 3 龄幼虫经虱螨脲处理后, 表现出明显的拒食活性, 随着处理浓度的增加和处理后时间的推移, 拒食率均明显提高, 也即受药后其取食行为受阻, 取食量减少, 可大大降低其对作物的危害; 在对棉铃虫不同龄期幼虫的毒杀活性测定中发现, 龄期越小的幼虫对药剂的敏感性越高, 且随龄期的增加敏感性逐渐降低。因此在田间实际应用中, 最好掌握在幼虫 3 龄前喷药, 这个时期幼虫对药剂比较敏感, 食量少, 耐药性低, 能达到更好的防治效果; 杀卵活性试验表明, 在 50 mg/L 浓度下, 对棉铃虫 1 日龄卵表现出较强的毒杀作用, 在实际应用中可以利用此作用方式, 在实际田间应用中进一步推广使用, 做到预防为主。

随着生物农药及特异性化学农药的不断发展, 昆虫生长调节剂、生物杀虫剂、信息素等新型农药在现行的 IPM 及未来的 EPM 中占有越来越重要的地位^[15]。这些新型农药对昆虫除表现为直接地致死作用外, 还存在亚致死效应, 研究这些新型药剂低剂量下的亚致死效应, 将有害虫种群的恢复能力、持续治理和对药剂等的承压能力等提供理论依据, 对于合理使用杀虫剂, 减少其不良副作用具有重要意义^[16]。本研究在对棉铃虫生长发育影响试验中发现, 虱螨脲亚致死剂量对棉铃虫的生长与繁殖有后效性的不利影响。表现为能明显抑制幼虫的生长, 生长发育延缓, 幼虫历期和蛹期都有所延长, 幼虫

成活率、化蛹率、羽化率降低, 单雌产卵量和卵孵化率较对照也有所下降, 同时可导致畸形蛹和畸形蛾比例明显增加。

因此对农药的评价, 尤其是特异性杀虫剂, 不仅要比较作用虫态短期内的死亡率, 而且至少应考虑该虫态能成功变态进入下一虫态的存活率, 还要综合评价整个种群受到的持续影响^[17-22]。

参考文献:

- [1] 罗礼智, 曹卫菊, 钱 坤, 等. 棉铃虫交配行为和能力[J]. 昆虫学报, 2003, 46(4): 494-499.
- [2] 高宗仁, 李巧丝, 郭小奇, 等. 化学杀虫剂对棉铃虫暴发成灾的影响[J]. 华北农学报, 2001, 16(植物保护专辑): 17-21.
- [3] 冷欣夫. 昆虫生长调节剂的研究进展[J]. 昆虫知识, 1994, 31(1): 48-51.
- [4] 刘长令. 昆虫生长调节剂的开发现状与发展趋势[J]. 农药科学与管理, 1998(3): 29-31.
- [5] Rao N V, Rao K T, Reddy A S. A note on the efficacy of insect growth regulators to manage gram caterpillar, *Helicoverpa armigera* (H bner) [J]. Journal of Insect Science, 1992 (5): 169-171.
- [6] Perez-Farinos G, Smagghe G, Marco V, et al. Effects of topical application of hexaflumuron on adult sugar beet weevil, *Aubeonymus mariaefranciscas*, on embryonic development: pharmacokinetics in adults and embryos [J]. Pesti Biochem physiol, 1998, 61(3): 169-182.
- [7] Ascher K R S, Eliyahu M, Nemeny N E. Inherent toxicity of the acylureas hexaflumuron and chlorfluazuron against larvae

- of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (H bner) [J]. Zeischrift fur Pflanzenkrankheiten and Pflanzenschutz, 1991, 98(4): 391– 397.
- [8] Kumar S, Dahiya B, Chauhan R, *et al.* Ovicidal action of diflubenzuron against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Agricultural Science Digest, 1994(14): 1– 4.
- [9] Carpenter J, Chandle L D. Effects of sublethal doses of two insect growth regulators on *Helicoverpa armigera* (H bner) (Lepidoptera: Noctuidae) reproduction [J]. Journal of Entomological Science, 1994, 29(3): 428– 435.
- [10] 陈琳, 戴芬, 柳建国, 等. 两类昆虫生长调节剂对棉铃虫毒性研究[J]. 安徽农学通报, 2003, 9(4): 78– 80.
- [11] 徐蓉, 林军, 刘复初. 7 种新型苯甲酰基脲类昆虫生长调节剂对小菜蛾幼虫的拒食作用试验[J]. 现代农药, 2003, 2(1): 16– 18.
- [12] 王小艺. 杀虫剂对昆虫的亚致死效应[J]. 世界农药, 2004, 26(3): 24– 27.
- [13] 王琛柱, 董钧锋. 棉铃虫和烟青虫的种间杂交[J]. 科学通报, 2000, 45(20): 2209– 2212.
- [14] 徐建华, 杨淑华, 尚稚珍. 追踪检测拒食活性物质新的生测方法[J]. 农药, 1998, 37(2): 17– 19.
- [15] 周忠实, 邓国荣. 几种昆虫生长调节剂及生物制剂对有益昆虫的安全性测定[J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(3): 30– 34.
- [16] 王贻莲, 司升云, 汪钟信, 等. 虫酰肼对甜菜夜蛾子代种群的影响[J]. 植物保护学报, 2006, 33(2): 193– 196.
- [17] 高宗仁, 李巧丝, 刘孝纯, 等. 杀虫剂对朱砂叶螨某些生物学特性的影响[J]. 植物保护学报, 1991, 18(3): 283– 287.
- [18] 郭建英, 周洪旭, 万方浩, 等. 转基因棉田节肢动物群落结构与动态[J]. 华北农学报, 2007, 22(6): 183– 189.
- [19] 郭建英, 万方浩, 任承才, 等. 转基因抗虫棉田释放赤眼蜂增强生物控害功能的研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(4): 197– 202.
- [20] 李巧丝, 高宗仁, 王文夕, 等. 不同寄主对棉铃虫生长发育及种群动态的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(1): 102– 106.
- [21] 刘孝纯, 邱峰, 郭小奇, 等. 棉铃虫世代种群的发展变化[J]. 河南农业科学, 2004(10): 33– 36.
- [22] 高宗仁, 林松, 郭小奇, 等. 化学杀虫剂诱发棉铃虫再猖獗的研究[J]. 河南农业科学, 2001(1): 17– 19.