

甜菜夜蛾对性信息素的行为反应及其田间诱捕效果

许国庆^{1,2}, 罗礼智^{1,*}, 江幸福¹

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100094; 2. 辽宁省农业科学院植物保护研究所, 沈阳 110161)

摘要:人工合成的甜菜夜蛾性信息素两组分(顺,反)-9,12-十四碳二烯醇醋酸酯(Z9,E12-14:Ac)和(顺)-9-十四碳烯醇(Z9-14:OH)按不同配比制成诱芯,在风洞中均能引起雄蛾搜索气迹、定向飞行及接近诱芯的行为反应。不同配比和剂量的诱芯诱虫效果差异显著($p < 0.05$)。Z9,E12-14:Ac和Z9-14:OH按7:3配比,诱虫活性最高,表现在风洞中,搜索气迹、定向飞行和接近诱芯的蛾数最高,与处女蛾的引诱效果相当。以此配比制成的性诱剂在田间诱捕的虫量最多,与风洞的试验结果基本一致。诱芯剂量在0.05~0.5mg范围内均有显著的诱虫效果,但剂量过低或过高均导致诱捕率下降。同一配比诱芯在风洞中引起雄蛾接近诱芯的蛾量与田间诱蛾量呈显著相关($R_1 = 0.968$, $R_2 = 0.961$)。并对这些结果在甜菜夜蛾田间性诱剂防治应用的前景进行了讨论。

关键词:甜菜夜蛾;性信息素;风洞;行为;性诱剂

文章编号:1000-0933(2006)09-3035-06 中图分类号:Q143,Q965.968 文献标识码:A

The behavioral responses of *Spodoptera exigua* (H.) males to the artificial sex pheromone in wind tunnel and field trapping efficiency

XU Guo-Qing^{1,2}, LUO Li-Zhi^{1,*}, JIANG Xing-Fu¹ (1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, the State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pest, Beijing 100094, China; 2. Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(9): 3035 ~ 3040.

Abstract: The beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), is one of the most serious lepidopterous pests attacking maize, cotton, soybean and vegetables in the world. In recent years, the pest has caused significant economic damage to agricultural crops in most areas of China. The high levels of resistance to insecticides have led to chemical control failures. It is necessary that the alternative new approaches to control this pest should be researched and developed. Synthetic pheromones have been successfully utilized in controlling of numerous insect pests by using mass trapping, disruption of mating communication, monitoring and surveying. There were many successful examples against pests using sex attractant in China and the other countries in the past. Cis-9-trans-12-tetradecadienyl acetate (Z9,E12-14:Ac) and cis-9-tetradecenol (Z9-14:OH) are two major components of sex pheromone in *Spodoptera exigua*, which can attract male moths only when the two components are mixed together in a blend. The two major components of the artificial synthesis sex pheromone can be used to make binary lures by mixing them, which elicit all steps of the male behavioral sequences, such as searching for odor plume, oriented upwind flight and approaching lure source in wind tunnel. Effects of attracting were significantly different with various proportion and dose of the artificial synthesis sex

基金项目:国家“十五”攻关资助项目(2001DA509B0601);“十五”国家科技计划专项资助项目(2002BA516A08-03);国家科技平台重点资助项目(2003DIA6N004);中国农业科学院基金资助项目(2003-04-05);辽宁省科技基金资助项目(20042109)

收稿日期:2006-03-20;**修订日期:**2006-08-21

作者简介:许国庆(1966~),男,辽宁人,博士生,研究员,主要从事害虫综合防治研究。E-mail: guoqing-xu@sohu.com

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: lzluo@ippcaas.cn

Foundation item: The project was supported by National tenth-5 years project of China (No. 2001DA509B0601); National tenth-5 years science and technology research program National key science and technology project of China (No. 2003DIA6N004); The scientific Research foundation of CAAS (No. 2003-04-05); The science and technology foundation of Liaoning province (No. 20042109)

Received date: 2006-03-20; **Accepted date:** 2006-08-21

Biography: XU Guo-Qing, Ph.D. candidate, Professor, mainly engaged in pest integrated management. E-mail: guoqing-xu@sohu.com

pheromone in *Spodoptera. exigua*. Only the mixture of Z9, E12-14:Ac and Z9-14:OH with ratio of 7:3 have the highest attracting activity among the five mixture with ratio of 9:1, 8:2, 7:3, 6:5, 5:4 respectively. The amounts of males searching for odor, oriented upwind flight and approaching source by the blend of 7:3 were the largest in those different ratio of components treatments, the attracting effects is corresponded to that of single virgin female. The dose of the artificial synthesis sex pheromone also has significant influence on the male attracting in *Spodoptera. exigua*. Though the sex attractants of Z9, E12-14:Ac and Z9-14:OH with dose of 0.05, 0.1, 0.5 and 1mg in 7:3 have significant attracting effects, both the lower and larger dose of the sex attractant decreased the attracting efficiency.

In field, the amounts of male moths to traps changed with the ratio of components of the artificial synthesis sex pheromone. The males being caught in traps baited with a ratio of 7:3 is the largest which corresponded to those in wind tunnel. Furthermore, the total of males approaching lure source in wind tunnel was highly correlated to the amounts of males trapped with the same ratio of two major components of the sex attractant in field. The prospect of these results for application of sex pheromone to control the beet armyworm was anticipated.

Key words: *Spodoptera exigua*; sex pheromone; wind tunnel; behavior; sex attractant

甜菜夜蛾是一种间歇性爆发危害的农业害虫。近年来,随着我国农业耕作栽培制度的改变,农作物品种布局的调整,气温变暖以及对化学农药抗性的产生等,甜菜夜蛾的防控难度越来越大,已经由次要害虫上升为危害蔬菜、棉花和花卉等作物的重要害虫。性诱剂防治不仅有利于减缓甜菜夜蛾对化学农药抗性的发展,而且有利于环境、农产品质量安全以及实现可持续控制。甜菜夜蛾性信息素的组分鉴定及其比例已有较多文献报道,但报道的结果差异较大,各组分对雄蛾引诱活性的生测结果也不相同^[1~3]。但已经明确,甜菜夜蛾性信息素的主成分为(顺,反)-9,12-十四碳二烯醇醋酸酯(Z9, E12-14:Ac)和(顺)-9-十四碳烯醇(Z9-14:OH)两种^[4],本文即是根据甜菜夜蛾在风洞中对两种主成分的不同配比和剂量的行为反应^[5],配制成不同有效成分配比和剂量的诱芯,并对其田间诱捕效果进行了测试。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

用灯光诱捕装置在北京市野外捕到活成虫后,在室内用人工饲料大量饲养^[6]。饲养光周期为 L:D=14:10,温度为(27±1)℃,相对湿度为70%~90%。初孵幼虫用新鲜幼嫩的玉米苗群体饲养,2龄后,转移到玻璃管(直径2.4cm×长10cm)中,每管接入发育较为一致的2龄幼虫2头。加入足够量的人工饲料。老熟幼虫在管内的人工饲料中化蛹。羽化时,将蛹取出,转移到干净灭菌的指形管中单头饲养,羽化后的成虫饲喂5%的蜂蜜水。

1.2 性信息素

甜菜夜蛾性信息素的两个主要成分为:Z9, E12-14:Ac (No. T0893)及 Z9-14:OH(No. 249033)。Z9, E12-14:Ac 购自 Aldrich 公司;Z9-14:OH 购自 Sigma 公司,纯度均在97%以上。

1.2.1 性信息素诱芯 人工合成性信息素诱芯:两组分按下列比例配制。

(1) (Z9, E12-14:Ac) (Z9-14:OH) = 9:1

(2) (Z9, E12-14:Ac) (Z9-14:OH) = 8:2

(3) (Z9, E12-14:Ac) (Z9-14:OH) = 7:3

(4) (Z9, E12-14:Ac) (Z9-14:OH) = 6:5

(5) (Z9, E12-14:Ac) (Z9-14:OH) = 5:4

用微量移液器吸取上述用乙醚溶解的性信息素各配比1μl滴到载体上,使每种诱芯含性信息素的剂量分别为0.01mg;以Z9, E12-14:Ac和Z9-14:OH两组分按7:3同一比例配比,诱芯的剂量分别是0.05mg、0.1mg、0.5mg和1mg。载体为底边1cm、高1.5cm的三角形滤纸片,制成诱芯,现用现做,每个诱芯只用1次。

1.2.2 处女蛾诱芯 取暗期下正在求偶时的2日龄处女蛾,用剪掉底部的250μl的PCR管套住雌蛾,使其腹

部探出管外,用棉花塞住管口。固定雌蛾腹部于塑料泡沫上,用橡皮筋缠住其腹部,使雌蛾性信息素腺体暴露出来。

1.3 风洞装置

风洞装置由有机玻璃制成的圆筒形。长 2m,直径 57cm。上风源为设有空气过滤器,直径 20cm,长 20cm 的铁桶,两端均用铁纱网套牢,内装活性炭。主要功能是除去空气中的水分及有机物质,以获得纯净的气流。下风端装有抽气泵,将抽气泵与可调电压的电源插座相连,通过对抽气泵功率的调节,提供压力恒定、流量恒定的空气流,控制风速为 0.3m/s。实验中采用红色光源,光强度在 1.2 lx 以下。风洞内温度(25 ±1) 。相对湿度 60 %左右。

1.4 雄蛾的行为反应

雌雄蛾的昼夜节律保持一致,在雌蛾求偶高峰期进行试验。采用 2 日龄雄蛾。每头雄蛾只使用 1 次。测试时,将诱芯置于上风端的诱芯架上,用铁网罩诱芯。

受试雄蛾从下风端的放虫孔处放入。风洞放虫口处放一支架,受试雄蛾置于其上,让其反应 2min,如无反应则换下。试验中每个处理 3 次重复,60 头雄蛾。记录下列行为反应的雄蛾数量:(1)搜索气迹(雄蛾飞起后围绕气迹上下左右来回搜索);(2)定向飞行(雄蛾沿气流逆风“Z”字形飞行,距离达风洞长度 1/2 以上);(3)接近诱芯(雄蛾飞至诱芯处后,在丝网处上下左右飞舞或降落或伏在丝网上、腹部伸长、有交尾行为)。

1.5 田间诱蛾试验

将在风洞试验中的 4 种比例 9:1、8:2、7:3、6:5, Z9, E12-14:Ac 和 Z9-14:OH 两组分之含量均为 0.1mg 溶于乙醚,用微量移液器滴至圆柱形天然橡胶块(直径 0.5cm ×高 0.8cm)。制成诱芯。按 7:3 比例制成 0.1mg、0.3mg、0.5mg 和 1mg 不同含量的诱芯。诱捕器为自制干式诱捕器,诱芯放置处为一网状装置。将诱捕器用竹杆固定于田间,诱芯离地面 1m。选择甜菜夜蛾发生量较大的 8 月下旬至 10 月初,在北京郊区,面积大约为 5hm² 的苜蓿地及棉花地内进行诱捕试验,每一处理 3 次重复。每个诱捕器间隔为 50m。逐日检查每个诱捕器诱到的蛾量。

1.6 数据处理

应用 SPSS11.5 统计软件。对在风洞中搜索气味、定向飞行、接近诱芯和无反应的结果经百分率反正弦转换后进行方差分析。诱芯与诱捕器组合的田间诱蛾量用平均数 ±标准误(SE)表示。方差分析显著后,用 Duncan 多重比较法进行差异显著性测定。并对有关数据进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同配比性信息素诱蛾活性

在风洞中,甜菜夜蛾性信息素两组分 Z9, E12-14:Ac 和 Z9-14:OH 按 9:1、8:2、7:3、6:5、5:4 的不同配比,两组分剂量之和均为 0.01mg,诱引 2 日龄雄蛾结果表明(图 1),从配比 9:1 到 7:3,引起雄蛾搜索气迹、定向飞行和接近诱芯的活性,除配比 8:2 引起雄蛾搜索气迹的活性较低外,其余均随着 Z9-14:OH 比例的增大而增强。继续增大 Z9-14:OH 的比例,引起雄蛾搜索气迹、定向飞行和接近诱芯的活性,除配比 5:4 在雄蛾定向飞行的活性略有上升外,其余均有下降。配比 7:3 引起雄蛾搜索气迹、定向飞行和接近诱芯的活性均最高。其中引起雄蛾搜索气迹反应百分率显著高于配比 8:2 ($p < 0.05$),引起雄蛾定向飞行反应百分率显著高于配比 9:1 ($p < 0.05$),引起雄蛾接近诱芯反应百分率显著高于配比 6:5

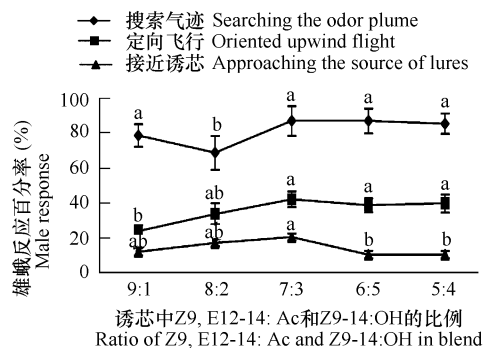


图 1 雄蛾在风洞中对 Z9, E12-14:Ac 和 Z9-14:OH 两组分混合物(剂量 0.01mg)的行为反应

Fig. 1 Percentage of males with behavioral response to binary blend of Z9, E12-14:Ac and Z9-14:OH in wind tunnel. (Dose 0.01mg)

图中不同字母为 Duncan 多重比较差异显著 ($p < 0.05$); 下同 Different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's Multiple Range Test; the same below

和 5 4($p < 0.05$)。

当性信息素剂量增加到 1mg 时,从配比 9 1 到 7 3,引起雄蛾搜索气迹、定向飞行和接近诱芯的活性,除配比 8 2 引起雄蛾搜索气迹的活性略低外,其余均随 Z9-14:OH 比例的增大而增强,尽管差异不显著($p > 0.05$);继续增大 Z9-14:OH 的比例,引起雄蛾搜索气迹、定向飞行和接近诱芯的活性均而呈现下降趋势。配比 7 3 引起雄蛾搜索气迹、定向飞行和接近诱芯的反应百分率均最高,分别为受试蛾量的 90.00 %、42.33 %和 15.00 %。其中引起雄蛾搜索气迹的反应百分率显著高于 8 2 的($p < 0.05$),而引起接近诱芯的反应百分率显著高于 5 4 的。这表明,Z9-14:OH 的含量过低或过高均不利于诱蛾,Z9,E12-14:Ac 与 Z9-14:OH 按 7 3 配比时,对雄蛾的引诱活性最高。

2.2 不同剂量性信息素诱蛾活性

将 Z9,E12-14:Ac 和 Z9-14:OH 两组分按 7 3 同一比例配比,诱芯的剂量分别是 0.05mg、0.1mg、0.5mg 和 1mg,与单头处女蛾相比,各剂量引起雄蛾搜索气迹的反应百分率均与处女蛾无显著差异($p > 0.05$),而引起雄蛾定向飞行的反应百分率显著低于处女蛾($p < 0.05$),除剂量 1mg 外,其余剂量的诱芯引起雄蛾接近诱芯的反应百分率均与处女蛾无显著差异($p > 0.05$)。这表明,诱芯剂量对诱蛾活性的影响主要体现在引起雄蛾定向飞行的反应百分率差异。

2.3 田间诱捕试验

田间诱捕试验与风洞试验结果基本一致,不同诱芯的诱蛾量随性信息素两组分比例及剂量的不同而变化,配比 7 3 诱芯的诱蛾量最多,显著高于其他配比的。表明两组分以配比 7 3 最为合适。同一配比 7 3 条件下,不同剂量的诱芯诱蛾效果差异显著($p < 0.05$),低剂量诱芯(0.01mg)在田间仅能诱到少量的雄蛾,0.3mg 的诱芯的田间诱蛾量最多,其次为 0.1mg 的,均显著多于 0.5mg 和 1mg 的(表 1)。这表明尽管性信息素两组分的比例合适,但诱芯剂量过低或过高均对诱蛾效果均产生不利的影响。

进一步对甜菜夜蛾性信息素两组分按不同比例配制的诱芯在风洞中引起接近诱芯的蛾量与在田间诱捕蛾量相关性分析表明,二者呈显著正相关(图 4),同一配比的诱芯,尽管剂量不同,在相同试虫条件下,其在风洞中引起雄蛾接近诱芯的数量与田间诱蛾量呈显著正相关。剂量为 0.01mg 和剂量为 1mg 诱芯在风洞中引起雄蛾接近诱芯的数量均与剂量为 0.1mg 诱芯在田间诱捕的蛾量显著正相关。(T1 与 F 的 $r_1 = 0.96782$, t_1

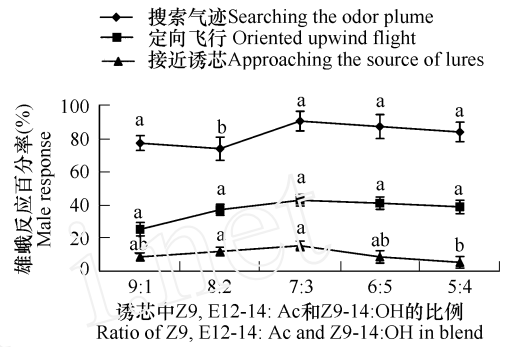


图2 雄蛾在风洞中对 Z9,E12-14:Ac 和 Z9-14:OH 两组分混和物(剂量 1mg)的行为反应

Fig.2 Percentage of males with behavioral response to binary blend of Z9, E12-14:Ac and Z9-14:OH in wind tunnel (Dose 1mg)

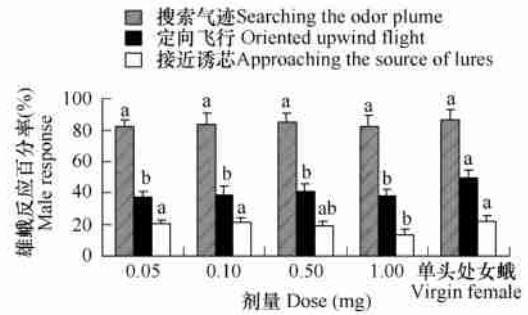


图3 雄蛾在风洞中对不同剂量 Z9,E12-14:Ac 和 Z9-14:OH 的两组分混合物(7 3)及处女蛾的行为反应

Fig.3 Percentage of males with Behavioral responses to virgin female and various doses of binary blend 7 3 of Z9, E12-14:Ac and Z9-14:OH in wind tunnel

表 1 不同配比和剂量的性信息素诱芯的田间诱捕量

Table 1 The total of males trapped by lures with different ratio of Z9, E12-14:Ac to Z9-14:OH

诱芯配比(含量 0.1mg) Components in lure ,dose	剂量 Dose (mg)	平均累计诱蛾量(头) Mean of Total males trapped
9 1	0.05	46.67 ±10.85 b
8 2	0.05	53.33 ±12.64 b
7 3	0.05	69.00 ±18.32 a
6 5	0.05	38.33 ±9.68 c
7 3	0.01	0.67 ±0.13 c
7 3	0.10	86.33 ±27.71 a
7 3	0.30	92.67 ±34.42 a
7 3	0.50	72.33 ±23.56 b
7 3	1.00	64.00 ±21.33 b

表中数据为平均数 ±SE Data in the table are presented as mean ±SE

$= 3.85 > u_{0.01} = 2.58$, 相关极显著。T2 与 F 的 $r_2 = 0.96065$, $t_2 = 3.46 > u_{0.01} = 2.58$, 相关极显著)。这说明, 诱芯在风洞中引诱雄蛾的活性是其在田间诱蛾效果的重要参考指标。

3 结论与讨论

在风洞试验中, 甜菜夜蛾性信息素两个主要成分配比为 6:5 和 5:4 诱芯引起雄蛾搜索气迹的数量比 7:3 要多而引起雄蛾接近诱芯的数量少。这表明, Z9-14:

OH 含量过高尽管对雄蛾搜索气迹的反应明显, 但对雄蛾接近诱芯发生性行为有抑制作用。这种现象也出现在斜纹夜蛾 (*S. litura*)^[7] 和海灰翅夜蛾 (*S. littoralis*)^[5] 的行为生测中。处女蛾引起雄蛾搜索气迹的数量最多, 这与处女蛾释放的性信息素含有全组分有关。配比 7:3 与处女蛾引起雄蛾搜索气迹的数量无显著差异, 说明此种配比的诱芯引诱活性最高。这与董双林和杜家纬^[1] 研究结果基本一致。Wakamura 等^[8] 对日本甜菜夜蛾在田间对性诱剂的反应试验结果也表明, Z9, E12-14:Ac,

Z9-14:OH 以 7:3 的比例对雄蛾引诱效果最为显著, 但 9:1 的比例在田间也有良好的诱虫效果。Mitchell 等^[9] 对美国甜菜夜蛾的研究结果表明, Z9, E12-14:Ac, Z9-14:OH 以 10:1 的比例诱蛾效果优于活处女雌蛾。郑允等^[10] 对台湾甜菜夜蛾的研究结果表明, 性信息素两主成分的比例从 10:1 到 5:4 均有较理想的诱蛾效果。引诱效果最为显著时甜菜夜蛾性信息素两个主成分的配比不同, 这可能与不同地理种群甜菜夜蛾的生物学及环境不同有关。

尽管在风洞中, 诱芯中性信息素两个主成分剂量对雄蛾引诱效果的影响并不如不同配比明显, 同一配比 7:3 时, 不同剂量的诱芯均有较好的引诱效果, 尤以 0.5mg 诱芯的诱捕效果最明显。但剂量 (剂量 1mg) 过高时, 对雄虫接近诱芯有抑制作用。

在田间诱捕试验中, 性信息素两组分的不同比例对雄蛾的引诱效果也有差异, 也以 7:3 配比时诱蛾量最多, 这与风洞试验的结果较为一致。相同比例不同剂量的诱芯田间诱蛾效果与风洞试验结果并不完全一致, 这主要是风洞的空间较小, 只要有少量的按一定比例的性信息素存在, 就会对雄蛾产生活性。而田间处于开放空间, 剂量低的诱芯中性信息素成分散发到空气中, 易受到空气及周围环境的影响而降低诱虫效果。剂量过高, 雄虫接近诱芯时又由于浓度过高而受到抑制。因此, 综合考虑, 配制甜菜夜蛾诱芯应以信息素两个主成分 Z9, E12-14:Ac:Z9-14:OH 为 7:3 的比例最佳, 适宜的剂量范围为 0.05 ~ 0.5mg。

通过在风洞中以及田间开放空间条件下确定甜菜夜蛾性信息素两个主成分的比例和适宜的剂量配成诱芯, 与高效诱捕器结合, 在田间应用, 大量诱杀甜菜夜蛾雄蛾, 减少雄蛾的数量, 降低交配率和种群密度^[11], 从而达到防治目的。

References:

- [1] Dong S L, Du J W. Chemical identification and field tests of sex pheromone of beet armyworm *Spodoptera exigua*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2002, 29 (1): 19 ~ 24.
- [2] Campion D G, Jones P H, McVeigh L J, Hall D R, Lester R, Nesbitt B F. Modification of the attractiveness of the primary pheromone component of the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Entomol. Res.*, 1980, 70: 417 ~ 431.
- [3] Dunkelblum E, Kehat M, Gathilf S, Grenberg S, Sklarz. Optimized mixture of sex pheromonal components for trapping of male *Spodoptera littoralis* in Israel. *Phytoparasitica*, 1982, 10: 21 ~ 26.
- [4] Martinez T, Fabrias G, Camps F. Sex pheromone biosynthetic pathway in *Spodoptera littoralis* and its action by a neurohormone. *J. Biol. Chem.*, 1990, 265: 13811387.

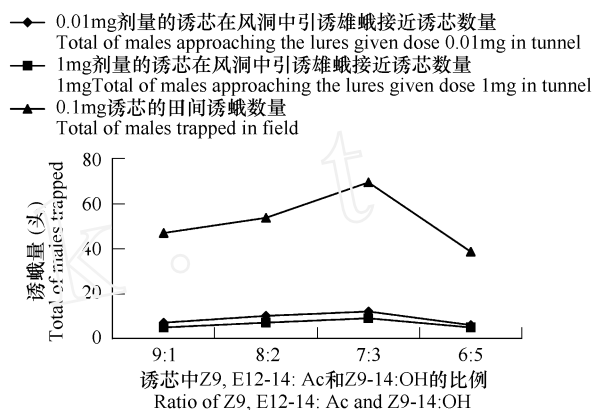


图4 甜菜夜蛾在风洞中接近诱芯的蛾量与田间诱蛾量

Fig. 4 Total of males approaching the source in tunnel and total of males trapped in field of the beet armyworm

- [5] Quero C, Philippe L, Renou M, Guerrero A. Behavioral response of *Spodoptera littoralis* males to sex pheromone components and virgin females in wind tunnel. J. Chem. Ecol. , 1996, 22(6) :1087 ~ 1102.
- [6] Jiang X F, Luo L Z, Hu Y. Influences of larval diets on development, fecundity, and flight capacity of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. Acta Entomol. Sin. , 1999, 42(3) :270 ~ 276.
- [7] Sun F, Du J W, Chen T H. The behavioral responses of *Spodoptera litura* (F.) males to the female sex pheromone on wind tunnel and field trapping tests. Acta Entomol. Sin. , 2003, 46(1) : 126 ~ 130.
- [8] Wakamura S. Sex pheromone of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hb.) : Field attraction of male moths in Japan to (Z,E)-9,12-tetradecadienyl acetate and (Z)-9-tetradecen-1-ol. Appl. Ent. Zool. , 1987, 22 (3) : 348 ~ 351.
- [9] Mitchell E R, Sugie H, Tumlinson J H. *Spodoptera exigua*: Capture of feral males in traps baited with blends of pheromone components. J. Chemical Ecology, 1983, 9 (1) : 95 ~ 104.
- [10] Cheng E Y, Lin D F, Kao C H, Chen S M, Wang S S, Lee H C, Mitchell E R. Studies on the synthetic sex pheromone of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner). I. Evaluation of Mitchell 's formula in Taiwan. J. Agri. Res. China, 1985, 34(3) : 315 ~ 322.
- [11] Luo L Z, Cao W J, Qian K, Hu Y. Mating behavior and capacity of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Acta Entomol. Sin. , 2003, 46(4) : 494 ~ 499.

参考文献:

- [1] 董双林,杜家纬. 甜菜夜蛾性信息素组分鉴定及其田间试验. 植物保护学报,2002, 29(1) :19 ~ 24.
- [6] 江幸福,罗礼智,胡毅. 幼虫食物对甜菜夜蛾生长发育、繁殖及飞行的影响. 昆虫学报,1999, 42(3) :270 ~ 276.
- [7] 孙凡,杜家纬,陈庭华. 斜纹夜蛾在风洞中对性信息素的行为反应及田间诱捕试验. 昆虫学报,2003, 46(1) :126 ~ 130.
- [10] 郑允,林瑞方,高静华,等. 甜菜夜蛾合成性费洛蒙之研究. Mitchell 配方效能检定. 中华农业研究, 1985, 34(3) : 315 ~ 322.
- [11] 罗礼智,曹卫菊,钱坤,胡毅. 甜菜夜蛾交配行为和能力. 昆虫学报,2003, 46(4) :494 ~ 499.