

寄主植物上喷药对大螟产卵选择性的影响

梁 齐^{1,2} 鲁艳辉^{1*} 王国荣³ 郑许松¹ 吕仲贤^{1,2*}

(1. 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 杭州 310021; 2. 南京农业大学植物保护学院, 南京 210095; 3. 浙江省杭州市萧山农业局, 萧山 311203)

摘要: 为明确稻田适量喷施保护性农药是否影响周边香根草对水稻螟虫的诱集效果, 通过室内盆栽试验测定了在水稻和香根草上分别喷施氯虫苯甲酰胺对大螟成虫趋性及产卵选择性的影响。结果表明: 在水稻上喷药后第 1 天, 栖息在香根草上的大螟雌、雄成虫总量分别为 4.2 头和 3.8 头, 显著高于水稻上雌、雄成虫的总量 1.00 头和 0.60 头; 在水稻上喷药后 1~3 d 接入大螟, 在水稻上不产卵, 直到第 6 天才出现卵块; 喷药后 6 d 和 12 d 接入大螟, 在香根草上的卵粒数分别为 287.2 粒和 309.2 粒, 显著高于其在水稻上的 57.2 粒和 81.4 粒, 约为水稻上的 5.0 倍和 3.8 倍。在香根草上喷药后 1~3 d 接入大螟, 成虫选择水稻居多, 在香根草上的产卵量为 0; 喷药后 6 d 接入大螟, 成虫对 2 种寄主植物的选择性无显著差异; 喷药后 12 d 接入大螟, 在香根草上的成虫数量为 9.8 头, 约为水稻上的 2.5 倍, 产卵量也约为水稻上的 1.9 倍, 二者均差异显著。表明香根草喷施氯虫苯甲酰胺后其对大螟的诱集作用有一定影响, 但这种影响会随着施药时间的延长而逐渐减弱。

关键词: 大螟; 水稻; 香根草; 产卵选择性; 氯虫苯甲酰胺

The effect of spraying on host plants on the oviposition preference of Asiatic pink stem borer *Sesamia inferens*

Liang Qi^{1,2} Lu Yanhui^{1*} Wang Guorong³ Zheng Xusong¹ Lü Zhongxian^{1,2*}

(1. Institute of Plant Protection and Microbiology of Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, Zhejiang Province, China; 2. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China; 3. Xiaoshan Agricultural Bureau, Xiaoshan 311203, Zhejiang Province, China)

Abstract: To understand the effect of spraying pesticides on the trapping efficiency of vetiver grass on the Asiatic pink stem borer *Sesamia inferens* (Walker), the effect of chlorantraniliprole application on adult tropism and oviposition preference of *S. inferens* were examined by using potted rice and vetiver grass. The results showed that, one day after chlorantraniliprole spraying on the rice but not vetiver grass, the numbers of *S. inferens* female and male adults located on the vetiver grass and rice were 4.2 and 3.8, 1.0 and 0.6, respectively; there were 4.2- and 6.3-fold higher numbers on vetiver grass than on the rice, and there was no egg laid on the rice plants one to three days after spraying on rice. The egg masses on the rice six days after spraying on the rice and the egg numbers on vetiver grass were 287.2 and 309.2, respectively, approximately 5.0- and 3.8-fold higher than those on the rice six d- and 12 d-post spraying of chlorantraniliprole on the rice, in which egg numbers were 57.2 and 81.4, respectively. When vetiver grass but not rice was treated by chlorantraniliprole, most female adults of *S. inferens* selected rice as egg-laying host three days later and no egg was found on vetiver grass. There was no significant difference in

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201303017)

* 通讯作者(Authors for correspondence), E-mail: luzxmh2004@aliyun.com, luyanhui4321@126.com

收稿日期: 2015-05-02

location preference of *S. inferens* between rice and vetiver grass six days after spraying on vetiver grass. There were 9.8 adults on vetiver grass 12 days after spraying. Moreover, the number of *S. inferens* adults and eggs on vetiver grass were 2.5- and 1.9-fold higher than those on the rice. These results indicated that the application of chlorantraniliprole on vetiver grass weakened its trapping efficiency to some extent, but this impact decreased with time.

Key words: *Sesamia inferens*; rice; vetiver grass; oviposition preference; chlorantraniliprole

大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 属鳞翅目夜蛾科,是一种钻蛀性害虫,寄生范围较广,是典型的杂食性昆虫,能够取食水稻、茭白、玉米、高粱、小麦、甘蔗等多种禾本科植物。很长时间以来,大螟由于食性杂等原因在水稻上一直被认为是次要害虫,并未获得广泛重视和深入研究 (Midega et al., 2011)。上世纪 90 年代中期,随着水稻耕作制度的演变,大量使用氟虫腈来防治水稻二化螟 *Chilo suppressalis*, 而氟虫腈对大螟的防治效果较差,导致其种群数量逐年增加,由次要害虫上升为主要害虫,且为害范围从田边扩展到田块中心。虽然自 2009 年 7 月 1 日起水稻田禁止使用氟虫腈,但随着单双混栽和超级水稻种植面积不断扩大,大螟的危害已逐渐成为影响水稻安全生产的主要障碍 (杨廉伟等, 2010; Islam & Catling, 2013)。

目前,稻田螟虫的防治很大程度上仍依赖于化学农药,主要药剂为氯虫苯甲酰胺,是由美国杜邦公司研制出的新一代杀虫剂。该药剂通过激活昆虫细胞内的鱼尼丁受体并与之结合,引起该受体通道长时间开放,从而过度释放细胞内的钙离子,导致昆虫出现麻痹症状,最后瘫痪死亡。化学农药作为害虫的主要防治措施目前仍不可能被完全替代,只能在减少化学农药施用的同时尽快开发其它防治措施,如利用诱集植物的生态防控措施 (Aarthi & Murugan, 2010)。香根草 *Vetiveria zizanioides* 是一种多年生草本植物,可用于水土保持与生态环境治理,对玉米蛀茎害虫具有诱集作用,可作为玉米田诱集植物引诱玉米禾螟 *Chilo partellus*, 从而降低对主栽作物的为害 (van den Berg et al., 2003)。室内盆栽试验和田间试验的研究表明,香根草具有诱集水稻螟雌成虫产卵的特性 (陈先茂等, 2007; 郑许松等, 2009)。因此,香根草作为诱集植物防治螟虫已经成为稻田害虫绿色防控的重要措施,具有很大的开发潜力 (夏岳章和孙文岳, 2012; 赵中华和杨普云, 2012)。但关于施用化学农药是否影响诱集植物的诱集能力的研究鲜见报道。

鉴于香根草对螟虫有较强的引诱能力,那么适

当施用化学农药保护香根草的生长是否会影响香根草对螟虫的诱集效果? 诱集植物与农药有机结合能不能有效提高对螟虫的防效? 为了探究这些问题,本研究以水稻大螟为对象,对水稻和香根草分别喷施氯虫苯甲酰胺,观察记录大螟成虫对这 2 种寄主植物的趋性和产卵选择性,以期水稻害虫生态防控措施的研究提供参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

供试植物:水稻品种为 TN1,种子由国际水稻研究所提供。将 TN1 水稻播种于温室塑料槽内,部分在播种约 30 d 后移栽至直径 12 cm 的塑料盆中,供后期试验使用。香根草种苗购于深圳市鑫森森园林草坪有限公司,将种苗种于温室内,以分蘖苗作为繁殖体,供翌年培育新苗用,待香根草分蘖较多时,以每 5 个分蘖为 1 个单位,将其挖出种于直径 35 cm 的塑料盆中,株高剪为 50 cm,用于后期试验。

供试昆虫:大螟采自杭州市萧山区义桥镇稻田,在实验室内建立并维持种群,幼虫采用人工饲料饲养,饲料配方由中国水稻研究所提供,于温度 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、光照 L:D=14 h:10 h、光照强度 $>1\ 000\ \text{lx}$ 、相对湿度 60%~80% 的智能人工气候室内饲养。待大螟化蛹后将蛹收集起来,放置在干净的养虫笼中,注意保湿,让其继续发育羽化,对羽化后的成虫以 10% 的蜂蜜水提供营养,羽化后 0~2 d 的成虫配对进行产卵选择性试验。

药剂及仪器:20% 氯虫苯甲酰胺 (chlorantraniliprole) 悬浮剂 (康宽),持效期为 10 d 左右,按照 $150\ \text{mL}/\text{hm}^2$ 的田间推荐剂量配制,即每 10 mL 药剂加 30 L 水混合均匀,上海杜邦农化有限公司。SX-16 手动背负式喷雾器,浙江省下喷雾器有限公司;三格选择性试验笼,江苏世泰实验器材有限公司。

1.2 方法

试验在三格选择性试验笼里进行,试验笼中间格子释放大螟,左右 2 个格子分别摆放 1 盆香根草与 4 盆水稻,确保二者的生物量基本一致。于寄主

植物上喷药后第 1、3、6 和 12 天接入试虫,即为 4 个处理,每处理 5 次重复。

水稻上喷药处理:将 4 个处理中共计 16 盆水稻同时集中喷药,喷药完成后分别放入 4 个试验笼中,每个笼子的边格各放置 4 盆,另外一个边格各放置 1 盆未喷药的香根草。分别于第 1、3、6 和 12 天在试验笼中间位置释放 8 对大螟初羽雌、雄成虫,每格中各放置一团蘸有 10% 蜂蜜水的脱脂棉球供成虫补充营养,试验在温度为 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 80% 的黑暗条件下进行。每个处理在接入成虫 24 h 和 72 h 后分别观察记录水稻和香根草上的雌、雄成虫数量;且于 7 d 后取出寄主植物,拨开茎秆统计并记录着卵量(含卵块数和卵粒数)。

香根草上喷药处理:与水稻上喷药处理相同,将 4 个处理中共计 4 盆香根草同时集中喷药,喷药完成后分别放入 4 个试验笼中,每个笼子的边格各放置 1 盆,另外一个边格各放置 4 盆未喷药的水稻。分别于第 1、3、6 和 12 天在试验笼中间位置释放 8 对大螟初羽雌、雄成虫,其它步骤与水稻上喷药处理相同,在接入成虫 24 h 和 72 h 后观察记录水稻和香根草上的雌、雄成虫数量;7 d 后取出

寄主植物,拨开茎秆统计并记录着卵量(含卵块数和卵粒数)。

1.3 数据分析

试验数据利用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,采用独立样本 t 测验法对大螟成虫产卵选择性进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 水稻上喷药后对大螟成虫趋性的影响

水稻上喷药后第 1 天接入大螟,雌、雄成虫对香根草和水稻的趋性就产生了显著差异,接虫 24 h 后选择香根草的雌、雄成虫数分别为 4.2 头和 3.8 头,是水稻上的 4.2 倍和 6.3 倍,而 72 h 后则分别是水稻上的 5.3 倍和 6.0 倍;水稻上喷药后第 3、6 天接入大螟,这种选择差异性有所降低;喷药后第 12 天接入大螟,24 h 和 72 h 后的统计结果显示,选择香根草的雌、雄成虫数分别为 5.0、5.6 头和 3.4、3.8 头,是选择水稻的 3.1、3.5 倍和 1.9、2.4 倍(表 1)。总体来看,水稻上喷药后第 12 天接入试虫的处理,选择水稻的雌、雄成虫是喷药后第 1 天接入试虫处理的 1.6 倍和 2~3 倍。

表 1 水稻上喷药后大螟成虫不同时间接入对水稻和香根草的趋性

Table 1 The tropism of *Sesamia inferens* adults to rice and vetiver grass after spraying on rice

| 接虫时间 Time of insect inoculation (d) | 调查时间 Investigation time (h) | 性别 Sex | 寄主植物上的成虫数量 Number of adults on different host plants | | 选择比例 (香根草/水稻) Selection ratio (vetiver grass/rice) |
|--|-----------------------------------|-----------|---|----------------------|---|
| | | | 水稻 Rice | 香根草 Vetiver grass | |
| 1 | 24 | ♀ | 1.0 ± 0.7 b | 4.2 ± 0.8 a | 4.2 |
| | | ♂ | 0.6 ± 0.6 b | 3.8 ± 1.3 a | 6.3 |
| | 72 | ♀ | 1.0 ± 0.0 b | 5.2 ± 0.5 a | 5.3 |
| | | ♂ | 0.8 ± 0.5 b | 4.8 ± 0.8 a | 6.0 |
| 3 | 24 | ♀ | 1.2 ± 0.5 b | 4.4 ± 0.9 a | 3.7 |
| | | ♂ | 0.8 ± 0.5 b | 4.0 ± 1.2 a | 5.0 |
| | 72 | ♀ | 1.2 ± 0.8 b | 5.4 ± 0.6 a | 4.6 |
| | | ♂ | 1.0 ± 0.7 b | 4.6 ± 0.6 a | 4.6 |
| 6 | 24 | ♀ | 1.4 ± 0.6 b | 4.6 ± 0.6 a | 3.3 |
| | | ♂ | 0.8 ± 0.5 b | 3.6 ± 0.9 a | 4.5 |
| | 72 | ♀ | 1.4 ± 0.6 b | 5.2 ± 0.8 a | 3.7 |
| | | ♂ | 1.4 ± 0.6 b | 4.2 ± 0.5 a | 3.0 |
| 12 | 24 | ♀ | 1.6 ± 0.6 b | 5.0 ± 0.7 a | 3.1 |
| | | ♂ | 1.8 ± 0.5 b | 3.4 ± 1.1 a | 1.9 |
| | 72 | ♀ | 1.6 ± 0.6 b | 5.6 ± 0.6 a | 3.5 |
| | | ♂ | 1.6 ± 0.6 b | 3.8 ± 0.5 a | 2.4 |

表中数据为平均数 ± 标准误。同行不同小写字母表示经 t 测验法检验差异显著 ($P < 0.05$)。Data are mean ± SE. Different letters in the same row indicate significant difference by t test ($P < 0.05$).

2.2 水稻上喷药后对大螟雌虫产卵选择性的影响

在水稻上喷药后不同时间接入大螟雌虫的4个处理中,其在香根草和水稻上的产卵量均差异显著。调查结果显示,香根草上的卵块数为5.2~6.4块,卵粒数为274.6~309.2粒,而水稻上喷药后第1天和第3天接入大螟,其在水稻上均未产卵,直到喷药后第6天接入大螟的处理中,水稻上才出现少量卵

块,即使第12天接入大螟的处理中卵块数也仅为2.2个。水稻喷药后第6天和第12天接入大螟后,在香根草上的卵粒数分别为287.2粒和309.2粒,而水稻上的卵粒数分别为57.2粒和81.4粒,前者是后者的5.0倍和3.8倍(表2)。表明大螟雌成虫在香根草上的产卵量并没有受到水稻上喷药的明显影响。

表2 水稻上喷药后大螟雌成虫不同时间接入在水稻和香根草上的产卵量

Table 2 The egg number from *Sesamia inferens* on rice and vetiver grass after spraying on rice

| 接虫时间 (d) Time of insect introduction | 卵块数 Number of egg masses | | 卵粒数 Number of eggs | |
|---|--------------------------|-------------|--------------------|---------------|
| | 香根草 Vetiver grass | 水稻 Rice | 香根草 Vetiver grass | 水稻 Rice |
| 1 | 5.2 ± 0.8 a | 0.0 ± 0.0 b | 274.6 ± 46.6 a | 0.0 ± 0.0 b |
| 3 | 5.8 ± 0.8 a | 0.0 ± 0.0 b | 265.2 ± 23.7 a | 0.0 ± 0.0 b |
| 6 | 5.8 ± 0.8 a | 1.4 ± 0.6 b | 287.2 ± 23.9 a | 57.2 ± 20.6 b |
| 12 | 6.4 ± 1.1 a | 2.2 ± 0.5 b | 309.2 ± 50.9 a | 81.4 ± 18.6 b |

表中数据为平均数 ± 标准误。同行不同小写字母表示经 *t* 测验法检验差异显著 ($P < 0.05$)。Data are mean ± SE. Different letters in the same row indicate significant difference by *t* test ($P < 0.05$).

2.3 香根草上喷药后对大螟成虫趋性的影响

香根草上喷药后第1天接入大螟,雌、雄成虫在2种寄主植物间的趋性存在显著差异,24 h和72 h后调查结果显示,雌成虫选择水稻居多,分别为3.6头和2.8头,约为香根草上的3.0倍和2.8倍;雄成虫分别为3.8头和3.2头,约为香根草上的9.5倍和5.3

倍。第3天接入大螟后的趋性仍存在显著差异,但差异性降低;喷药后第6天接入大螟,雌、雄成虫在2种寄主间的趋性已不存在显著差异;而喷药后第12天接入大螟,雌、雄成虫明显趋向香根草,72 h调查时香根草上雌、雄虫总数为9.8头,约为水稻上的2.5倍(表3)。

表3 香根草上喷药后大螟成虫不同时间接入对水稻和香根草的趋性

Table 3 The tropism of *Sesamia inferens* adults on rice and vetiver grass after spraying on vetiver grass

| 接虫时间 Time of insect introduction (d) | 调查时间 Investigation time (h) | 性别 Sex | 寄主植物上的成虫数量(头) | | 选择比例 (水稻/香根草) Selection ratio (rice/vetiver grass) |
|---|-----------------------------------|-----------|---|----------------------|---|
| | | | Number of adults on different host plants | | |
| | | | 水稻 Rice | 香根草 Vetiver grass | |
| 1 | 24 | ♀ | 3.6 ± 0.6 a | 1.2 ± 0.5 b | 3.0 |
| | | ♂ | 3.8 ± 0.8 a | 0.4 ± 0.6 b | 9.5 |
| | 72 | ♀ | 2.8 ± 0.8 a | 1.0 ± 0.7 b | 2.8 |
| | | ♂ | 3.2 ± 1.3 a | 0.6 ± 0.6 b | 5.3 |
| 3 | 24 | ♀ | 3.2 ± 0.5 a | 1.6 ± 0.6 b | 2.0 |
| | | ♂ | 3.8 ± 0.8 a | 1.2 ± 0.5 b | 3.2 |
| | 72 | ♀ | 4.0 ± 0.7 a | 1.4 ± 0.6 b | 2.9 |
| | | ♂ | 3.4 ± 0.6 a | 1.2 ± 0.5 b | 2.8 |
| 6 | 24 | ♀ | 3.2 ± 0.5 a | 2.8 ± 0.8 a | 1.1 |
| | | ♂ | 3.2 ± 0.5 a | 3.2 ± 0.8 a | 1.0 |
| | 72 | ♀ | 3.4 ± 0.6 a | 3.0 ± 0.7 a | 1.1 |
| | | ♂ | 3.2 ± 0.5 a | 3.2 ± 0.8 a | 1.0 |
| 12 | 24 | ♀ | 2.0 ± 0.0 b | 4.2 ± 0.8 a | 0.5 |
| | | ♂ | 2.6 ± 0.9 a | 3.6 ± 0.9 a | 0.7 |
| | 72 | ♀ | 1.8 ± 0.8 b | 5.6 ± 0.6 a | 0.3 |
| | | ♂ | 2.2 ± 0.5 b | 4.2 ± 0.5 a | 0.5 |

表中数据为平均数 ± 标准误。同行不同小写字母表示经 *t* 测验法检验差异显著 ($P < 0.05$)。Data are mean ± SE. Different letters in the same row indicate significant difference by *t* test ($P < 0.05$).

2.4 香根草上喷药后对大螟雌虫产卵选择性的影响

香根草上喷药后第 1、3、12 天接入大螟,其在香根草和水稻上的产卵量均差异显著,但在喷药后第 6 天接入大螟,在 2 种寄主植物上的产卵量无显著差异,且在水稻上的产卵量随着时间的推移不断减少,喷药后第 12 天接入大螟所产卵粒数为 66.0 粒,

仅为喷药后第 1 天接入大螟所产卵粒数(146.2 粒)的 50% 左右;而香根草上喷药后第 1、3 天接入大螟,在香根草上均未产卵,直到第 6 天接入大螟的处理中才出现卵块,而喷药后第 12 天接入大螟,在香根草上所产卵粒数为 125.40 粒,是水稻上所产卵粒数的 1.9 倍(表 4)。

表 4 香根草上喷药后大螟雌成虫不同时间接入在水稻和香根草上的产卵量

Table 4 The egg number of *Sesamia inferens* on the rice and vetiver grass after spraying on vetiver grass

| 接虫时间 (d) Time of insect introduction | 卵块数 Number of egg masses | | 卵粒数 Number of eggs | |
|---|--------------------------|-------------|--------------------|----------------|
| | 香根草 Vetiver grass | 水稻 Rice | 香根草 Vetiver grass | 水稻 Rice |
| 1 | 0.0 ± 0.0 b | 3.8 ± 0.8 a | 0.0 ± 0.0 b | 146.2 ± 19.5 a |
| 3 | 0.0 ± 0.0 b | 3.8 ± 0.8 a | 0.0 ± 0.0 b | 141.4 ± 23.1 a |
| 6 | 3.2 ± 0.5 a | 2.8 ± 0.8 a | 88.0 ± 7.0 a | 87.8 ± 16.6 a |
| 12 | 5.0 ± 1.0 a | 2.0 ± 0.7 b | 125.4 ± 24.1 a | 66.0 ± 19.2 b |

表中数据为平均数 ± 标准误。同行不同小写字母表示经 *t* 测验法检验差异显著 ($P < 0.05$)。Data are mean ± SE. Different letters in the same row indicate significant difference by *t* test ($P < 0.05$).

3 讨论

目前,稻田周围常种植香根草作为诱集植物防治水稻螟虫。水稻螟虫对于香根草有明显的选择趋性,因此可以根据这种特性利用香根草作为诱集植物种植在水稻田周边,将水稻螟虫诱集到香根草上产卵以减轻其对水稻的为害(陈先茂等,2007)。郑许松等(2009)的研究结果也证明,香根草对水稻二化螟具有较强的诱集作用,同时二化螟无法在香根草上完成生活史。夏岳章和孙文岳(2012)经过 3 年的田间试验研究发现,田埂种植香根草对水稻螟虫具有较强的诱杀作用,导致 20% ~ 50% 的香根草单株枯心。本研究结果表明,在喷药初期,大螟成虫通常会选择未喷药的植物作为其寄主;在水稻上喷药以后,选择香根草的数量明显增多,而在喷药后的第 1 ~ 3 天接入大螟,其成虫在水稻上根本无法生存,死亡率为 100%;在香根草上喷药以后,初期大螟成虫明显趋向于选择水稻产卵,说明氯虫苯甲酰胺对大螟的药效显著,在喷药第 6 天接入大螟时,在 2 种寄主植物间的选择并无显著差异,直到第 12 天选择香根草的居多,说明香根草对大螟的诱集效果比较显著。氯虫苯甲酰胺的持效期为 10 d 左右,香根草喷施氯虫苯甲酰胺后对大螟的诱集作用随着施药后时间的延长而逐渐减弱,这可能是由于随着时间延长,氯虫苯甲酰胺残留量逐渐减少,所以对香根草诱集作用的影响也逐渐减弱。

目前,关于诱集植物的研究较多(许向利等,2005;王春义等,2013),但多数集中在诱集植物的

筛选(锥珺瑜等,2015)及诱集效果评价(陆宴辉等,2008;Hari & Jindal,2009;努尔比亚·托木尔等,2010)或诱集植物的防效与药剂的防效比较(谭永安等,2011)等方面。然而,在自然条件下,长期利用某一种防治措施都有其弊端,或者 2 种甚至更多的防治措施之间的防治效果也会相互影响、相互制约。如长期使用农药,虽然具有速效性,但会导致害虫产生抗药性、农药残留、环境污染等问题;而长期利用诱集植物,随着害虫对诱集植物的不断适应,可能会出现防效差、害虫为害加重等情况(Hari & Jindal,2009);另外,使用化学农药是否会对其它防控措施效果也产生影响值得关注。正如施用化学农药能够杀死害虫,但同时也杀死了害虫天敌,抑制了天敌的自然控制作用,施用化学农药也同样会影响诱集植物的诱集效果。本试验通过研究诱集植物香根草上喷药对其诱集作用的影响,为田间的合理用药以及诱集植物的合理利用提供了一定的理论指导。此外,利用香根草作为诱集植物对螟虫具有较好的控制效果(Cook et al.,2007),并且香根草是无性繁殖,并不会衍生为杂草,因此可以节约防治成本。Grimshaw(1994)研究发现香根草还具有较高的经济效益和显著的生态效益。如果能将二者以及更多的防治措施有机结合,在减少农药使用量、保证产量的前提下减轻稻田螟虫的危害,这是今后研究需解决的问题。由于本研究只通过室内的盆栽试验测定了氯虫苯甲酰胺对香根草诱集作用的影响,具有一定的局限性,如何在大田中推广该项技术仍需进一步研究。

参考文献 (References)

- Aarthi N, Murugan K. 2010. Larvicidal and repellent activity of *Vetiveria zizanioides* L., *Ocimum basilicum* Linn and the microbial pesticide spinosad against malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston (Insecta: Diptera: Culicidae). *Journal of Biopesticides*, 3(S1): 199–204
- Chen XM, Peng CR, Yao FX, Guan XJ, Wang HL, Deng GQ. 2007. Study on technique and effect of vetiver for trapping and killing rice borer. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 19(12): 51–52 (in Chinese) [陈先茂, 彭春瑞, 姚锋先, 关贤交, 王华伶, 邓国强. 2007. 利用香根草诱集诱杀水稻螟虫的技术及效果研究. *江西农业学报*, 19(12): 51–52]
- Cook SM, Khan ZR, Pickett JA. 2007. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*, 52: 375–400
- Grimshaw RG. 1994. The role of vetiver grass in sustaining agricultural productivity. http://vetiver.com/TVN_Mexico%20World%20.pdf
- Hari NS, Jindal J. 2009. Assessment of Napier millet (*Pennisetum purpureum* × *P. glaucum*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) trap crops for the management of *Chilo partellus* on maize. *Bulletin of Entomological Research*, 99(2): 131–137
- Islam Z, Catling D. 2013. Rice pests of Bangladesh: their ecology and management. Bangladesh: University Press Limited
- Lu YH, Zhang YJ, Wu KM. 2008. Host-plant selection mechanisms and behavioural manipulation strategies of phytophagous insects. *Acta Ecologica Sinica*, 28(10): 5113–5122 (in Chinese) [陆宴辉, 张永军, 吴孔明. 2008. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略. *生态学报*, 28(10): 5113–5122]
- Luo JY, Zhang S, Wang CY, Lü LM, Zhu XZ, Li CH, Cui JJ. 2015. Comparison of different trap plants to fleahopper trapping effect. *China Cotton*, 42(4): 22–24 (in Chinese) [雒珺瑜, 张帅, 王春义, 吕丽敏, 朱香镇, 李春花, 崔金杰. 2015. 不同诱集植物对盲蝽的诱集效果比较. *中国棉花*, 42(4): 22–24]
- Midega CAO, Khan ZR, Pickett JA, Nylin S. 2011. Host plant selection behaviour of *Chilo partellus* and its implication for effectiveness of a trap crop. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 138(1): 40–47
- Nuerbiya·Tuomuer, Wang DY, Wu ZP, Ma YY, Yasejiang·Tuerdi, Ma DY. 2010. Trapping effects of Sudan grass on *Ostrinia furnacalis* of maize. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 47(10): 2017–2022 (in Chinese) [努尔比亚·托木尔, 王登元, 吴赵平, 王玉英, 亚森江·图尔迪, 马德英. 2010. 苏丹草诱集带对玉米田亚洲玉米螟的诱集效应. *新疆农业科学*, 47(10): 2017–2022]
- Tan YA, Bai LX, Xiao LB, Wei SY, Zhao HX. 2011. The trapping effect of piemarker in cabbage fields for *Bemisia tabaci* and the evaluation of chemical control. *Journal of Environmental Entomology*, 33(1): 46–51 (in Chinese) [谭永安, 柏立新, 肖留斌, 魏书艳, 赵洪霞. 2011. 苘麻对甘蓝田烟粉虱诱集效果及药剂防治评价. *环境昆虫学报*, 33(1): 46–51]
- van den Berg J, Midega C, Wadhams LJ, Khan ZR. 2003. Can *Vetiveria zizanioides* grass be used to manage insect pests on crops. // Truong PN, Xia HP. Proceedings, the third international conference on vetiver and exhibition: vetiver and water: an eco-technology for water quality improvement, land stabilization, and environmental enhancement. Beijing: China Agriculture Press, pp. 254–264
- Wang CY, Li CH, Luo JY, Zhang S, Lü LM, Cui JJ. 2013. Comparative study of tobacco and *Abutilon theophrasti* trapping effect on cotton pests. *China Cotton*, 40(11): 30–31 (in Chinese) [王春义, 李春花, 雒珺瑜, 张帅, 吕丽敏, 崔金杰. 2013. 烟草和苘麻对棉田害虫的诱集作用比较试验研究. *中国棉花*, 40(11): 30–31]
- Xia YZ, Sun WY. 2012. The trapping function of vetiver grass and its application to rice stem borer. *Zhejiang Agricultural Sciences*, (12): 1693–1695, 1698 (in Chinese) [夏岳章, 孙文岳. 2012. 香根草对水稻螟虫的诱杀及应用. *浙江农业科学*, (12): 1693–1695, 1698]
- Xu XL, Hua BZ, Zhang SZ. 2005. Application of trap crop to IPM of agro-ecosystems. *Plant Protection*, 31(6): 7–10 (in Chinese) [许向利, 花保祯, 张世泽. 2005. 诱集植物在农业害虫综合治理中的应用. *植物保护*, 31(6): 7–10]
- Yang LW, Yang JW, Chen JZ, Ding LW, Dai YT, Zhang CF. 2010. The single cropping rice borer prevention problems and control efficiency of chlorantraniliprole on whiteheads. *Chinese Rice*, 16(1): 69–70 (in Chinese) [杨廉伟, 杨坚伟, 陈将赞, 丁灵伟, 戴以太, 张彩绯. 2010. 单季稻大螟防治问题及氯虫苯甲酰胺对大螟白穗防效试验. *中国稻米*, 16(1): 69–70]
- Zhao ZH, Yang PY. 2012. The national progress in the green prevention and control of diseases and pests of crops in 2011. *China Plant Protection*, 32(8): 17–19, 16 (in Chinese) [赵中华, 杨普云. 2012. 2011年全国农作物病虫害绿色防控工作进展. *中国植保导刊*, 32(8): 17–19, 16]
- Zheng XS, Xu HX, Chen GH, Wu JX, Lü ZX. 2009. Potential function of Sudan grass and vetiver grass as trap crops for suppressing population of stripped stem borer, *Chilo suppressalis* in rice. *Biological Control of China*, 25(4): 299–303 (in Chinese) [郑许松, 徐红星, 陈桂华, 吴降星, 吕仲贤. 2009. 苏丹草和香根草作为诱虫植物对稻田二化螟种群的抑制作用评估. *中国生物防治*, 25(4): 299–303]

(责任编辑:李美娟)