

蕉藕与几个玉米品种对亚洲玉米螟产卵的诱集作用

张颖, 付晓伟, 赵国强, 罗梅浩*, 郭线茹, 原国辉

(河南农业大学植物保护学院 河南 郑州, 450002)

摘要:通过触角电位(EAG)和嗅觉仪等技术,测定了自然和室内条件下,蕉藕和几个玉米品种对亚洲玉米螟的产卵诱集作用。结果表明:(1)自然条件下,蕉藕叶片上亚洲玉米螟的落卵量显著高于供试玉米品种。(2)室内条件下,亚洲玉米螟在涂有 $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 和 $10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 浓度蕉藕叶片粗提物的玻璃板上的平均落卵量显著高于供试玉米品种。EAG反应结果显示,亚洲玉米螟对蕉藕和4个玉米品种叶片粗提物均可产生EAG反应,多数反应相对值之间无显著差异。但在 $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 浓度时,交配雌蛾对蕉藕叶片粗提物的反应相对值显著高于供试玉米品种。行为测定结果表明,蕉藕叶片粗提物对亚洲玉米螟交配雌蛾、处女雌蛾和雄蛾均有较强的诱集作用,其平均诱捕率显著高于供试玉米品种。经相关性分析显示,田间试验与行为反应结果之间有极显著的相关性。综合表明,蕉藕对亚洲玉米螟有显著的产卵诱集作用,且这种作用在 $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 至 $10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 的范围内有随叶片粗提物浓度降低而升高的趋势。

关键词:蕉藕;玉米;亚洲玉米螟;产卵;诱集作用

Investigation of the ovipositional attraction of *Canna edulis* Ker and several maizes to *Ostrinia furnacalis* (Guenée) moths

ZHANG Ying, FU Xiaowei, ZHAO Guoqiang, LUO Meihao*, GUO Xianru, YUAN Guohui

College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China

Abstract: By using electroantennography (EAG), olfactometer, and other technologies, the ovipositional attraction of *Canna edulis* Ker and several maizes to *Ostrinia furnacalis* (Guenée) at the natural and indoor conditions were studied. The results revealed that: (1) At field conditions, the numbers of eggs of *O. furnacalis* oviposited on *C. edulis* were significantly higher than that on maizes. (2) At the indoor conditions, the numbers of eggs on the glass board coated with *C. edulis* extracts were significantly more than maizes at the two concentration conditions ($0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ and $10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$). The results of the EAG showed that *O. furnacalis* had responses to extracts of *C. edulis* and 4 maizes, moreover all these responses had no significant difference. Only at the concentration of $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$, the EAG relative potential of the mated females to *C. edulis* showed significantly higher, compared with the extracts of maizes. The behavior response bioassay indicated that *C. edulis* extractant had the strongest attractiveness to all groups of *O. furnacalis* adults, and the mean trappability of *C. edulis* extracts to *O. furnacalis* exceeded significantly that of maizes. Relativity analysis showed that the results of field experiment and behavior reaction had very significant regression relationship. Altogether, all data suggested that *C. edulis* had significantly ovipositional attraction to *O. furnacalis*, and these attractiveness decreased with the increase of the concentration of leave extractant between $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ and $10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$.

Key Words: *Canna edulis* Ker; Maize; *Ostrinia furnacalis* (Guenée); oviposition; attractiveness

玉米是世界三大谷类作物之一,在世界农业生产中占有重要的地位。但由于虫害的发生,致使玉米的产

基金项目:国家十一五粮食丰产科技工程资助项目(2006BAD02A07-2)

收稿日期:2009-07-22; **修订日期:**2009-10-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: luomeihao88@163.com

量和品质遭到极大的损失。亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) 是我国玉米上的主要害虫,一般年份可造成玉米减产约 10%,大发生时可达 30% 以上^[1]。此外,亚洲玉米螟还为害谷子、高粱等作物,20 世纪 70 年代以来对棉花的为害也逐年加重,已成为长江下游和黄淮海流域棉区棉花的主要害虫^[2-3]。到目前为止,在对亚洲玉米螟的防治中,仍以化学防治为主要措施^[4]。由于化学防治不仅增加投入,而且污染环境,因此,寻找可持续防治的新途径至关重要。

害虫对诱集植物具有明显的嗜好性,合理种植诱集植物可以保护主栽作物免受为害^[5-6]。利用诱集植物进行害虫防治的措施在国内外均有报道^[7-13]。该方法简便易行,且不污染环境,对常发性害虫具有重要的经济和生态学意义^[14]。在我国南方玉米田,常种植蕉藕 *Canna edulis* Ker 来诱集亚洲玉米螟成虫产卵^[7],而后集中消灭。此方法虽行之有效,但缺点是需要大量喷洒杀虫剂处理诱集作物上的亚洲玉米螟,否则,诱集作物就变成了为玉米等作物田提供虫源的玉米螟滋生植物,而且蕉藕与玉米的种植时间、灌溉和施肥需求也相差很大,协调起来比较困难。因此,萃取和筛选蕉藕中的挥发性气味物质,研制开发无污染、对天敌无害、与环境相容性好的高效产卵引诱剂具有重大的理论和实践意义。

本文测定了自然和室内条件下蕉藕和几个玉米品种对亚洲玉米螟的产卵诱集作用,利用触角电位 (electroantennogram, EAG) 和嗅觉仪 (olfactometer) 技术测定了玉米螟对蕉藕和 4 个玉米品种植物粗提物的电生理和行为反应,以期亚洲玉米螟产卵引诱剂的研制提供理论依据,为亚洲玉米螟行为调控措施的开发提供新的思路^[15]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

蕉藕,引自四川攀枝花;玉米品种分别为农大 108、白糯、豫单 2002、浚单 20,均由河南农业大学农学院提供。

亚洲玉米螟采自河南农业大学科教园区,在 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、 $(75 \pm 5)\%$ RH 和 16L:8D 光周期的人工气候箱内连续饲养,成虫饲以体积分数 10% 的蔗糖水。选择健康活泼的成虫备用。

1.2 植物叶片粗提物的萃取

将植物材料在室内洗净、晾干水分,称取 500 g 进行水蒸气蒸馏,馏速保持在 $60\text{--}70\text{ 滴}\cdot\text{min}^{-1}$,蒸馏 2 h。将蒸馏物用 100 ml 重蒸二氯甲烷分 4 次进行萃取,萃取液用无水硫酸钠干燥,静置 30 min 后,用旋转蒸发仪 (上海亚荣 RE-52C) 进行浓缩,热源温度为 45°C ,浓缩至约 5 ml (即 1 ml 浓缩液相当于 100 g 植物材料,标为 $100\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$)^[16],浓缩液转至棕色容量瓶中,低温密封保存备用。试验时,将叶片粗提物稀释至 $10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 、 $1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 、 $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 的不同浓度作为刺激物。

1.3 田间试验

大田试验于 6 月 6 日播种,共设蕉藕和 4 个玉米品种 5 个处理,4 次重复,随机排列。蕉藕双行种植,株距 0.8 m,行距 1 m;玉米各品种种植 4 行,株距 0.3 m,行距 0.6 m;行长均为 12 m。于亚洲玉米螟成虫盛发期,每隔 2 d 调查蕉藕和玉米叶片上的落卵量,以百株落卵量为单位进行对比分析。

田间笼罩试验:在玉米心叶期,将 1 株蕉藕和 8 株玉米 (每个品种各 2 株) 移入纱网笼罩 ($l \times w \times h = 8\text{ m} \times 3.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}$) 中,接入室内饲养的亚洲玉米螟雌、雄成虫各 30 头。每天早上调查各植株全部叶片上的落卵量,连续调查 4 d,共计 4 次重复。每次调查后抹去卵块,并补充雌、雄成虫各 10 头,确保笼罩中成虫的产卵活性。

1.4 粗提物的诱蛾产卵活性试验

用金属纱网制作圆柱状 ($d \times h = 30\text{ cm} \times 50\text{ cm}$) 产卵笼 (图 1),在每个笼的底部放一块浸蒸馏水的脱脂棉供雌蛾饮水,并用蒸馏水喷洒产卵室以保持合适的湿度。分别在产卵笼中接入羽化 2 d 后的亚洲玉米螟交配雌蛾,每笼 20 头。将待测样品稀释成 10 、 $1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 和 $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 3 个浓度,每个浓度梯度为 1 组,每组重复 4 次,对照为重蒸二氯甲烷。在暗期取 $20\text{ }\mu\text{l}$ 不同浓度粗提物和对照分别涂抹在 6 块玻璃板 ($l \times w \times h = 8\text{ cm} \times$

2.5 cm × 0.3 cm) 向下的面上, 随机等距离放置玻璃板于产卵笼的顶部, 白天取下玻璃板统计卵粒数。最后计算平均落卵量。

1.5 EAG 反应测定

将成虫的触角由基部剪下, 去除端部 2 个鞭节后与触角电位仪连接^[17]。测定时, 取 20 μl 待测样品溶液, 均匀涂在 $l \times w = 6 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$ 的滤纸条上, 立即将滤纸条放入巴斯德管内并用石蜡封口膜将两端管口封好, 于加样后 1 h 内进行刺激。以重蒸二氯甲烷为对照, 以同浓度的反-2-己烯-1-醛为标准化合物, 刺激时间 0.2 s, 载气流量 20 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$, 两次刺激间隔 30 s, 样品的测试顺序按随机方式进行。每个样品使用 8 根触角, 每根触角重复 3 次。用 Syntech 公司提供的软件对各样品的 EAG 反应值进行标准化校正, 然后计算供试昆虫的 EAG 反应相对值:

$$\text{EAG 反应相对值} = (\text{样品的反应值} - \text{对照的反应值}) / (\text{参照物的反应值} - \text{对照的反应值}) \times 100\%$$

1.6 行为反应测定

在选择性嗅觉仪中进行。所用选择性嗅觉仪主要包括以下几个部分:

- (1) 2 个样品室 ($d \times h = 10 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$), 分别放置待测样品和对照样品, 外与空气流量计和活性炭柱相连;
- (2) 2 个诱捕室 ($d \times h = 10 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$), 用以诱捕对气味产生反应的亚洲玉米螟成虫。它与样品室用瓷纱隔开, 以防止成虫与气味接触;
- (3) 气味选择区 ($l \times w \times h = 60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$), 供成虫对气味进行选择;
- (4) 进虫口 ($\Phi = 10 \text{ cm}$), 供成虫进入气味选择区;
- (5) 抽气室 ($d \times h = 20 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$), 在长 5 cm 处用瓷纱与气味选择区隔开, 外用硅胶管与真空泵相连, 通过真空泵抽气, 使嗅觉仪内形成一定负压, 气味源会随空气流进入嗅觉仪 (图 2)。

把供试昆虫放入嗅觉仪中, 将滴有 100 μl 待测样品和对照的滤纸条 ($l \times w = 5.0 \text{ cm} \times 2.0 \text{ cm}$) 分别放入样品室, 关闭光源。进入暗期后, 打开真空抽气泵抽气, 气流经过活性炭过滤后进入选择性嗅觉仪, 抽气速度由空气流量计调节为 1000 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$, 测试持续 60 min, 打开光源, 检测结果。测试结束后对嗅觉仪进行清洁处理。重复 3 次, 每次 20 头成虫。最后计算诱捕率^[18]:

$$\text{诱捕率}(\%) = (\text{处理区成虫数量} - \text{对照区成虫数量}) / \text{供试总虫数} \times 100$$

1.7 数据分析

蕉藕及 4 个玉米品种上的平均百株落卵量和平均单株累计落卵量、涂有蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物的玻璃板上的平均落卵量、EAG 反应相对值及经反正弦平方根转换后的诱捕率等均用 DPS 6.5 数据处理系

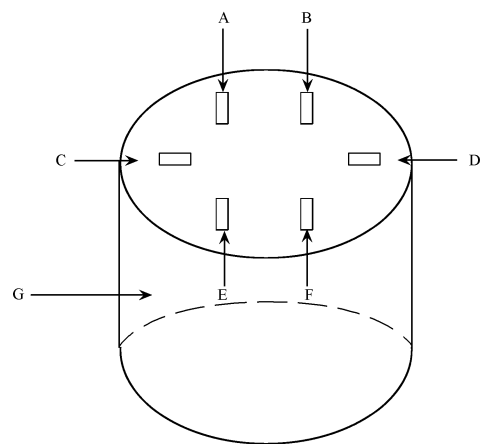


图 1 产卵笼示意图

Fig. 1 Diagram of ovipositional cage

A—F: 涂有蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物及对照的玻璃板; G: 成虫活动区

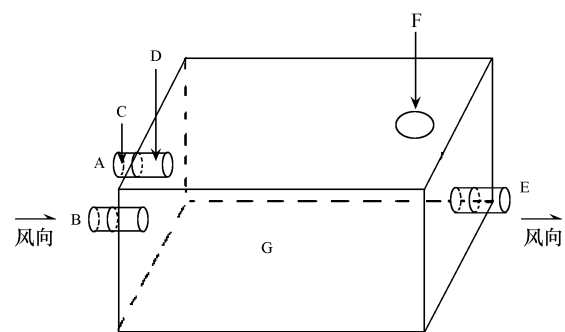


图 2 选择性嗅觉仪示意图

Fig. 2 Diagram of selective olfactometer

A: 诱捕器 (处理); B: 诱捕器 (对照); C: 样品室; D: 诱捕室; E: 抽气室; F: 进虫口; G: 气味选择区; H: 风向

统进行方差分析,并采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较^[19]。利用回归方法建立蕉藕及 4 个玉米品种上的平均百株落卵量、平均单株累计落卵量、蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物对亚洲玉米螟的平均诱捕率两两之间的回归方程。

2 结果与分析

2.1 蕉藕及 4 个玉米品种对亚洲玉米螟产卵的诱集作用

大田试验中,蕉藕叶片上的平均百株落卵量显著高于 4 个玉米品种,但 4 个玉米品种之间无显著差异(图 3)。

田间笼罩试验中,蕉藕叶片上的平均单株累计落卵量仍显著高于 4 个玉米品种,并且玉米品种白糯上的单株累计落卵量与其他 3 个玉米品种之间也存在显著差异(图 4)。

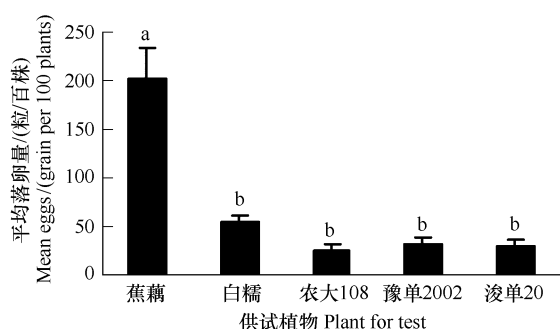


图3 蕉藕及 4 个玉米品种叶片上的平均百株落卵量

Fig. 3 The numbers of mean eggs deposited on leaves of *C. edulis* and 4 maizes at field conditions

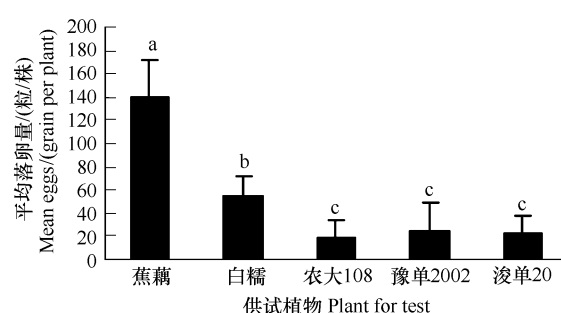


图4 蕉藕及 4 个玉米品种叶片上的平均单株累计落卵量

Fig. 4 The total numbers of mean eggs per plant deposited on leaves of *C. edulis* and 4 maizes in field cage

2.2 蕉藕和 4 个玉米品种叶片粗提物对亚洲玉米螟的产卵诱集作用

蕉藕和 4 个玉米品种叶片粗提物对亚洲玉米螟的产卵诱集作用见表 1。由表 1 可知,在涂有 $10 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 蕉藕叶片粗提物的玻璃板上的平均落卵量显著高于豫单 2002 及对照,但与其他 3 个玉米品种之间无显著差异。涂有 $1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 蕉藕叶片粗提物的玻璃板上的平均落卵量显著高于对照,但与 4 个玉米品种之间差异不显著。在涂有 $0.1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 蕉藕叶片粗提物的玻璃板上的平均落卵量显著高于 4 个玉米品种。

表 1 蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物对亚洲玉米螟产卵的诱集效果

Table 1 The oviposition attractive effects of extracts of *C. edulis* and 4 maizes to *O. furnacali*

生测样品 Samples		平均落卵量/(粒) Mean eggs/(grain)		
		$10 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$	$1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$	$0.1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$
蕉藕 <i>C. edulis</i>		$30.00 \pm 9.49 \text{ a}$	$31.25 \pm 8.14 \text{ a}$	$39.25 \pm 8.69 \text{ a}$
玉米品种 Maize varieties	白糯 Waxy maize	$30.00 \pm 11.75 \text{ a}$	$25.00 \pm 10.10 \text{ ab}$	$23.00 \pm 8.04 \text{ b}$
	农大 108 Nong Da 108	$20.75 \pm 8.14 \text{ ab}$	$19.75 \pm 5.74 \text{ ab}$	$9.00 \pm 1.83 \text{ c}$
	豫单 2002 Yu Dan 2002	$12.75 \pm 10.72 \text{ b}$	$18.50 \pm 5.92 \text{ ab}$	$20.75 \pm 7.63 \text{ b}$
	浚单 20 Xun Dan 20	$20.00 \pm 11.02 \text{ ab}$	$18.50 \pm 13.30 \text{ ab}$	$18.75 \pm 7.63 \text{ bc}$
	对照 Contrast	$11.50 \pm 8.66 \text{ b}$	$16.75 \pm 3.86 \text{ b}$	$9.00 \pm 6.98 \text{ c}$

表中数据为平均值 $\pm$ 标准偏差; 同一列数据后有相同字母者表示经 Duncan's 法检测差异不显著 ($P < 0.05$)

2.3 亚洲玉米螟对蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物的 EAG 反应

亚洲玉米螟对蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物均能产生 EAG 反应(表 2—表 4),但多数反应相对值之间无显著差异。仅在 $0.1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 浓度时,交配雌蛾对蕉藕叶片粗提物的 EAG 反应相对值显著高于同浓度玉米叶片粗提物。

2.4 亚洲玉米螟对蕉藕和几个玉米品种叶片粗提物的行为反应

亚洲玉米螟对 3 个浓度的蕉藕叶片粗提物均有较强的行为反应,且多数平均诱捕率显著高于同浓度的 4

个玉米品种叶片粗提物(表5—表7)。浓度为 $10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,蕉藕叶片粗提物对交配雌蛾的平均诱捕率显著高于农大 108 和浚单 20,对处女雌蛾的平均诱捕率显著高于豫单 2002,对雄蛾的平均诱捕率显著高于浚单 20。浓度为 $1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,蕉藕叶片粗提物对交配雌蛾的平均诱捕率显著高于农大 108 和豫单 2002,对处女雌蛾的平均诱捕率与 4 个玉米品种之间无显著差异,对雄蛾的平均诱捕率显著高于 4 个玉米品种。浓度为 $0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,蕉藕叶片粗提物对交配雌蛾的平均诱捕率与白糯之间差异不显著,但显著高于其他 3 个玉米品种,对处女雌蛾的平均诱捕率显著高于农大 108 和豫单 2002,对雄蛾的平均诱捕率与 4 个玉米品种之间差异不显著。

表 2 亚洲玉米螟对蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物的 EAG 反应相对值

Table 2 The EAG relative potential of *O. furnacalis* to extracts of *C. edulis* and 4 maizes

生测样品 Samples 叶片粗提物 Extracts/($10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$)		EAG/%		
		交配雌蛾	处女雌蛾	雄蛾
		Mated female moths	Virgin female moths	Male moths
蕉藕 <i>C. edulis</i>		107.05 $\pm$ 17.15 a	110.16 $\pm$ 22.91 a	100.07 $\pm$ 20.09 a
玉米品种 Maize varieties	白糯 Waxy maize	103.44 $\pm$ 15.02 a	104.23 $\pm$ 23.86 a	118.28 $\pm$ 31.13 a
	农大 108 Nong Da 108	105.90 $\pm$ 17.80 a	102.99 $\pm$ 24.01 a	117.80 $\pm$ 29.94 a
	豫单 2002 Yu Dan 2002	108.74 $\pm$ 18.42 a	114.52 $\pm$ 18.81 a	115.92 $\pm$ 36.35 a
	浚单 20 Xun Dan 20	107.72 $\pm$ 13.74 a	104.07 $\pm$ 23.08 a	108.19 $\pm$ 30.33 a

表 3 亚洲玉米螟对蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物的 EAG 反应相对值

Table 3 The EAG relative potential of *O. furnacalis* to extracts of *C. edulis* and 4 maizes

生测样品 Samples 叶片粗提物 Extracts/($1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$)		EAG/%		
		交配雌蛾	处女雌蛾	雄蛾
		Mated female moths	Virgin female moths	Male moths
蕉藕 <i>C. edulis</i>		97.27 $\pm$ 17.66 a	105.24 $\pm$ 16.99 a	92.47 $\pm$ 24.27 a
玉米品种 Maize varieties	白糯 Waxy maize	96.01 $\pm$ 19.49 a	109.96 $\pm$ 22.65 a	103.35 $\pm$ 45.19 a
	农大 108 Nong Da 108	94.85 $\pm$ 17.56 a	109.71 $\pm$ 17.72 a	98.79 $\pm$ 30.33 a
	豫单 2002 Yu Dan 2002	96.87 $\pm$ 18.15 a	109.69 $\pm$ 20.96 a	101.34 $\pm$ 50.10 a
	浚单 20 Xun Dan 20	97.23 $\pm$ 19.26 a	110.16 $\pm$ 18.57 a	115.09 $\pm$ 41.44 a

表 4 亚洲玉米螟对蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物的 EAG 反应相对值

Table 4 The EAG relative potential of *O. furnacalis* to extracts of *C. edulis* and 4 maizes

生测样品 Samples 叶片粗提物 Extracts/($0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$)		EAG/%		
		交配雌蛾	处女雌蛾	雄蛾
		Mated female moths	Virgin female moths	Male moths
蕉藕 <i>C. edulis</i>		139.32 $\pm$ 39.29 a	88.44 $\pm$ 8.58 a	95.43 $\pm$ 14.45 a
玉米品种 Maize varieties	白糯 Waxy maize	118.80 $\pm$ 33.18 b	95.17 $\pm$ 13.38 a	110.52 $\pm$ 30.15 a
	农大 108 Nong Da 108	106.80 $\pm$ 30.16 b	93.65 $\pm$ 13.38 a	96.48 $\pm$ 26.75 a
	豫单 2002 Yu Dan 2002	104.53 $\pm$ 31.52 b	92.27 $\pm$ 11.24 a	96.42 $\pm$ 25.89 a
	浚单 20 Xun Dan 20	105.42 $\pm$ 42.54 b	92.14 $\pm$ 18.76 a	96.91 $\pm$ 26.68 a

表 5 蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物对亚洲玉米螟的平均诱捕率

Table 5 The mean trappability of extracts of *C. edulis* and 4 maizes to *O. furnacalis*

生测样品 Samples 叶片粗提物 Extracts/($10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$)		平均诱捕率 The mean trappability/%		
		交配雌蛾	处女雌蛾	雄蛾
		Mated female moths	Virgin female moths	Male moths
蕉藕 <i>C. edulis</i>		35.23 $\pm$ 2.84 a	39.62 $\pm$ 11.31 a	38.35 $\pm$ 5.55 a
玉米品种 Maize varieties	白糯 Waxy maize	35.23 $\pm$ 2.84 a	35.23 $\pm$ 2.84 ab	23.35 $\pm$ 10.58 ab
	农大 108 Nong Da 108	14.45 $\pm$ 5.04 b	21.25 $\pm$ 10.24 ab	29.70 $\pm$ 8.53 ab
	豫单 2002 Yu Dan 2002	27.90 $\pm$ 8.38 a	18.34 $\pm$ 11.78 b	21.25 $\pm$ 10.24 ab
	浚单 20 Xun Dan 20	17.36 $\pm$ 5.04 b	23.35 $\pm$ 10.58 ab	12.70 $\pm$ 13.32 b

表 6 蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物对亚洲玉米螟的平均诱捕率
Table 6 The mean trappability of extracts of *C. edulis* and 4 maizes to *O. furnacalis*

生测样品 Samples 叶片粗提物 Extracts/(1g·mL ⁻¹)		平均诱捕率 The mean trappability/%		
		交配雌蛾 Mated female moths	处女雌蛾 Virgin female moths	雄蛾 Male moths
蕉藕 <i>C. edulis</i>		43.06 ± 7.07 a	33.43 ± 5.95 a	43.08 ± 2.65 a
玉米品种 Maize varieties	白糯 Waxy maize	30.15 ± 3.11 ab	30.15 ± 3.11 a	21.25 ± 10.24 b
	农大 108 Nong Da 108	22.37 ± 3.64 b	35.78 ± 8.07 a	22.89 ± 12.87 b
	豫单 2002 Yu Dan 2002	24.16 ± 6.74 b	29.70 ± 8.53 a	23.35 ± 10.58 b
	浚单 20 Xun Dan 20	32.91 ± 10.95 ab	23.35 ± 10.58 a	17.36 ± 5.04 b

表 7 蕉藕及 4 个玉米品种叶片粗提物对亚洲玉米螟的平均诱捕率
Table 7 The mean trappability of extracts of *C. edulis* and 4 maizes to *O. furnacalis*

生测样品 Samples 叶片粗提物 Extracts/(0.1g·mL ⁻¹)		平均诱捕率 The mean trappability/%		
		交配雌蛾 Mated female moths	处女雌蛾 Virgin female moths	雄蛾 Male moths
蕉藕 <i>C. edulis</i>		43.85 ± 10.74 a	39.88 ± 7.25 a	44.63 ± 5.32 a
玉米品种 Maize varieties	白糯 Waxy maize	33.36 ± 7.59 ab	28.05 ± 6.74 ab	19.05 ± 18.47 a
	农大 108 Nong Da 108	28.05 ± 6.74 b	24.16 ± 6.74 b	21.56 ± 8.68 a
	豫单 2002 Yu Dan 2002	24.47 ± 3.64 b	24.16 ± 6.74 b	25.98 ± 18.0 a
	浚单 20 Xun Dan 20	28.36 ± 3.11 b	29.70 ± 8.53 ab	25.14 ± 11.78 a

表中数据为平均值 ± 标准偏差; 同一列数据后有相同字母者表示经 Duncan's 法检测差异不显著 ($P < 0.05$)

2.5 田间产卵诱集试验与行为反应测定的相关性分析

对平均百株落卵量、平均单株累计落卵量和平均诱捕率两两之间建立一元线性回归方程,同时对回归关系和相关关系进行 F 显著性测验。由表 8 所示,平均百株落卵量、平均单株累计落卵量和平均诱捕率两两之间均呈现正相关关系,且各项回归指标的回归关系在 0.01 水平下均达到极显著水平。说明田间试验与行为反应测定结果之间有极显著的相关性。

表 8 田间落卵量和平均诱捕率两两之间的相关性分析
Table 8 Relativity analysis between egg numbers in field and mean trappability

回归指标 Regression indicator	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	决定系数 Determination coefficient	F
平均百株落卵量、平均单株落卵量 Mean eggs per plant, Mean eggs per 100 plants	$y = 1.469x - 7.905$	0.992 **	0.983	174.319 **
平均百株落卵量、平均诱捕率 Mean eggs per 100 plants, Mean trappability	$y = 4.631x - 39.379$	0.802 **	0.644	77.641 **
平均单株落卵量、平均诱捕率 Mean eggs per plant, Mean trappability	$y = 3.142x - 21.162$	0.806 **	0.65	79.822 **

* * 表示所有回归指标的回归关系经 F 测验检测在 0.01 水平下达极显著水平

3 结论与讨论

昆虫为了生存与繁衍,必须选择合适的产卵场所,从而保证其后代的正常生长和发育^[20]。影响昆虫选择产卵场所的因素很多,其中化学刺激在调节昆虫的产卵行为过程中起着重要的作用^[21]。抱卵雌虫对植物的趋性飞行及着落行为很大程度上受到植物释放的引诱物质等的影响^[22-23]。因此,研究对雌虫产卵具有引诱作用的植物及其释放的气味物质是调控昆虫产卵行为的关键。本文研究了蕉藕和几种玉米品种及其叶片粗提物对亚洲玉米螟的产卵诱集作用。结果表明,在自然和室内条件下,亚洲玉米螟在蕉藕及其叶片粗提物上的产卵量显著高于几个玉米品种。这说明蕉藕对亚洲玉米螟具有较强的产卵诱集作用,同时也证明了在田间种植蕉藕诱集亚洲玉米螟产卵的可行性。

寄主定向行为是昆虫生存和繁衍的开始,对于昼伏夜出型昆虫来说,其嗅觉系统对植物气味的辨识能力显得尤为重要^[24]。因此,人们可利用这种特性来改变或调控昆虫的行为,以减少其对主栽作物的选择与为害。触角是昆虫主要的嗅觉感受器官,能感知挥发性气味物质并做出相应的行为反应。其对植物挥发物的电生理和行为反应,可通过触角电位和嗅觉仪技术分别进行测定,这两项技术对于鉴定具有潜在行为活性的化合物极有帮助,其有效性和实用性早已得到广泛证实,现已成为快速检测昆虫对植物挥发物反应活性的重要生物测定方法^[25]。本研究利用以上技术测定了亚洲玉米螟对蕉藕和 4 个玉米品种叶片粗提物的电生理和行为反应。结果显示,亚洲玉米螟嗅觉外周神经系统对各植物叶片粗提物均能产生 EAG 反应,且在 $10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 和 $1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 浓度时,其交配雌蛾、处女雌蛾和雄蛾对蕉藕和 4 个玉米品种叶片粗提物的 EAG 反应之间均无显著性差异,这可能是因为所选择的供试刺激物都来自于亚洲玉米螟的适宜寄主植物,所以对亚洲玉米螟的各虫态都有一定的引诱作用。但交配雌蛾对 $0.1\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 蕉藕叶片粗提物产生的 EAG 反应相对值显著高于同浓度的供试玉米品种,这说明此浓度时蕉藕叶片粗提物对亚洲玉米螟成虫产卵有明显的诱集作用,也可以说这个浓度可能比较接近于自然状态,此结果为进一步研制玉米螟产卵引诱剂具有一定的参考价值。在行为反应活性测定中,蕉藕叶片粗提物对亚洲玉米螟不同状态成虫均有较强的诱集作用。以上结果充分表明了蕉藕所释放的气味物质能引诱亚洲玉米螟进行寄主定向和寻找产卵场所。

为了明确田间试验结果与室内行为反应测定结果是否相关,分别对田间平均百株落卵量、田间笼罩平均单株累计落卵量和室内平均诱捕率两两之间建立一元线性回归方程,并对回归关系及相关关系进行 F 测验,所有的回归指标均显示有极显著的相关性。这更充分地表明了与自然与室内条件下,蕉藕对亚洲玉米螟均具有显著的诱集作用。

在本研究中还发现,蕉藕对亚洲玉米螟的产卵诱集作用在 $0.1\text{—}10\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 浓度范围内有随叶片粗提物浓度降低而升高的趋势。这可能是由于昆虫对寄主植物挥发性物质的反应都有一个最佳剂量范围,低于该范围时,反应率会随剂量的增加而逐渐升高,高于此范围时,反应率又会随剂量的增加而下降^[26]。同时也反映出在昆虫的寄主定向行为中,寄主植物挥发物的浓度比例同样起着关键的作用^[27]。

References:

- [1] Chinese plant diseases and insect pests of crops editorial board. Chinese plant diseases and insect pests of crops (Volume1). Beijing: Agriculture Press, 1979: 492-502.
- [2] Liu D J, Yuan Q C. The research of control action threshold of *Ostrinia furnacalis* (Guenée) in cotton fields. Acta Phytophylacica Sinica, 1981, (8): 241-247.
- [3] Feng D Y, Gao Z M, Xiao Z S. The biological characteristics of *Ostrinia furnacalis* (Guenée) to observe in cotton fields. China Cotton, 1987, 14 (2): 43-44.
- [4] Wang Z Y, Lu X, He K L, Zhou D R. Review of history, present situation and prospect of the Asian maize borer research in China. Journal of Shenyang Agricultural University, 2000, 31(5): 402-412.
- [5] Hokkanen H M T. Trap cropping in pest management. Annual Review of Entomology, 1991, 36: 119-138.
- [6] Boucher T J. Why perimeter trap cropping works. Proceedings of the 2003 New York State Vegetable Conference, 2003: 131-132.
- [7] Hu W Y, Jiang C B. The gyplure of *Ostrinia furnacalis* and *Canna edulis* apply to the forecast of insect. Entomological Knowledge, 1995, 32(5): 297-298.
- [8] Guo Y Y. Researches on Cotton Bollworm. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 360.
- [9] Lin K J, Wu K M, Zhang Y J, Guo Y Y. Evaluation of *Piemarket Abutilon theophrasti* Medic as a trap plant in the integrated management of *Bemisia tabaci* (Biotype B) in cotton and soybean crops. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(7): 1379-1386.
- [10] Godfrey L D and Leigh T F. Alfalfa harvest strategy effect on *Lygus* bug (Hemiptera: Miridae) and insect predator population density: implications for use as trap crop in cotton. Environmental Entomology, 1994, 23: 1106-1118.
- [11] Tillman P G and Mullinix Jr B G. Grain sorghum as a trap crop for corm earworm (Lepodoptera: Noctuidae) in cotton. Environmental Entomology, 2004, 33(5): 1371-1380.
- [12] Michaud J P, Qureshi J A, Grant A K. Sunflowers as a trap crop for reducing soybean losses to the stalk borer *Dectes texanus* (Coleoptera:

- Cerambycidae). Pest Management Science, 1994, 23: 1106-1118.
- [13] Buitenhuis R, Shipp J L, Jandric S, Murphy G, Short M. Effectiveness of insecticide-treated and non-treated trap plants for the management of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse ornamentals. Pest Management Science, 2007, 63(9): 910-917.
- [14] Xu X L, Hua B Z, Zhang S Z. Application of trap crop to IPM of agro-ecosystems. Plant Protection, 2005, 31(6): 7-10.
- [15] Lu Y H, Zhang Y J, Wu K M. Host-plant selection mechanisms and behavioural manipulation strategies of phytophagous insects. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 5113-5122.
- [16] Guo X R, Yuan G H, Zheng Q W, Fan C L, Ma J S. Attraction of the adults (Lepidoptera) to volatiles from withered leaves of black poplar. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2001, 16(4): 104-108.
- [17] Guo X R, Li W Z, Yuan G H, Chen Z, Ma J S, Shen Z R. Electroantennogram response of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to volatiles from withered black poplar leaves. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2002, 17(3): 118-123.
- [18] Xiao C, Du J W. Determination of the responses of Cotton Bollworm (*Helicoverpa armigera*) to plant volatiles by selective olfactometer. Acta Agriculturae Jiangxi, 2000, 12(2): 24-28.
- [19] Tang Q Y, Feng M G. Statistics application and DPS data processing system. Beijing: Science Press, 2002: 188-201.
- [20] Du J W. Plant-insect chemical communication and its behavior control. Acta Phytophysiologica Sinica, 2001, 27(3): 193-200.
- [21] Zhang Q H, Ji L Z. Chemical ecology of oviposition of herbivorous insects. Chinese Journal of Ecology, 1994, 13(6): 39-43.
- [22] Dethier V G. Mechanisms of host-plant recognition. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1982, 31: 49-56.
- [23] Miller J R, Strickler K L. Finding and accepting host plants // Bell W J, Cardé R T eds. Chemical Ecology of Insects. London: Chapman and Hall, 1984: 127-155.
- [24] Lei H, Qiu Y T, Christensen T A. Olfaction in insects; Structural correlates of function // Lei H, Kang L eds. Entomological research progress and prospect. Beijing: Science Press, 2007: 133-169.
- [25] Du J W. Current and future prospects for insect behavior-modifying chemicals in China. Agricultural Chemistry and Biotechnology, 2000, 43(4): 222-229.
- [26] Fan H, Li J Q, Jin Y J. Electrophysiological and behavioral responses of adult *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) to volatile components of host-plant. Forestry Studies in China, 2003, 5(1): 25-29.
- [27] Du Y J, Yan F S. The role of plant volatiles in tritrophic interactions among phytophagous insects, their host plants and natural enemies. Acta Entomologica Sinica, 1994, 37(2): 233-244.

参考文献:

- [1] 中国农作物病虫害编辑委员会. 中国农作物病虫害(上册). 北京: 农业出版社, 1979: 492-502.
- [2] 刘德钧, 袁全昌. 棉田玉米螟防治指标的研究. 植物保护学报, 1981, (8): 241-247.
- [3] 冯殿英, 高志民, 肖振山. 棉田玉米螟生物学特性观察. 中国棉花, 1987, 14(2): 43-44.
- [4] 王振营, 鲁新, 何康来, 周大荣. 我国研究亚洲玉米螟历史、现状与展望. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(5): 402-412.
- [7] 胡务义, 姜承炳. 玉米螟性诱剂及蕉藕应用于虫情测报. 昆虫知识, 1995, 32(5): 297-298.
- [8] 郭予元. 棉铃虫的研究. 北京: 中国农业出版社, 1998: 360.
- [9] 林克剑, 吴孔明, 张永军, 郭予元. 利用诱集寄主苘麻防治 B 型烟粉虱的研究. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1379-1386.
- [14] 许向利, 花保祯, 张世泽. 诱集植物在农业害虫综合治理中的应用. 植物保护, 2005, 31(6): 7-10.
- [15] 陆宴辉, 张永军, 吴孔明. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略. 生态学报, 2008, 28(10): 5113-5122.
- [16] 郭线茹, 原国辉, 郑启伟, 范彩玲, 马继盛. 黑杨萎蔫叶片萃取物对蛾类成虫诱集活性的研究. 华北农学报, 2001, 16(4): 104-108.
- [17] 郭线茹, 李为争, 原国辉, 陈智, 马继盛, 沈佐锐. 甜菜夜蛾成虫对黑杨萎蔫叶片挥发性物质的触角电位反应. 华北农学报, 2002, 17(3): 118-123.
- [18] 肖春, 杜家纬. 用选择性嗅觉仪测定棉铃虫对植物气味反应的研究. 江西农业学报, 2000, 12(2): 24-28.
- [19] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002: 188-201.
- [20] 杜家纬. 植物-昆虫间的化学通讯及其行为控制. 植物生理学报, 2001, 27(3): 193-200.
- [21] 张庆贺, 姬兰柱. 植食性昆虫产卵的化学生态学. 生态学杂志, 1994, 13(6): 39-43.
- [24] 雷宏, 邱宇彤, Christensen T A. 昆虫嗅觉系统的结构与功能 // 雷宏, 康乐主编. 昆虫学研究进展与展望. 北京: 科学出版社, 2007: 133-169.
- [27] 杜永均, 严福顺. 植物挥发性物质在植食性昆虫、寄主植物和昆虫天敌关系中的作用机理. 昆虫学报, 1994, 37(2): 233-244.