

# 荔枝蝽成虫对其臭腺分泌物组分的触角 电生理和行为反应

王玉洁, 赵冬香\*, 卢芙萍, 彭正强, 王爱萍

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所; 农业部热带农林有害生物入侵监测与控制重点开放实验室;  
海南省热带农业有害生物检测监控重点实验室, 海南儋州 571737)

**摘要:** 培养皿生物测定结果表明, 荔枝蝽 *Tessaratoma papillosa* (Drury) 臭腺分泌物的乙醚提取物对成虫有显著的驱避作用。气质联用仪 (GC-MS) 分析结果表明, 荔枝蝽雌雄成虫臭腺乙醚提取物中具有 5 种挥发性物质, 即 (*E*)-2-辛烯醛、十一烷、十二烷、十三烷及一个未知组分。荔枝蝽对 (*E*)-2-辛烯醛、十一烷、十二烷与十三烷这 4 种组分的触角电生理 (EAG) 反应结果表明, 这些化合物均能引起荔枝蝽成虫的 EAG 反应, 其中 (*E*)-2-辛烯醛引起雌雄成虫触角的反应最强, 分别为 0.50 mV 与 0.4 mV; “Y”型嗅觉仪生测结果表明, (*E*)-2-辛烯醛对荔枝蝽成虫能产生极显著的驱避作用 ( $P < 0.01$ )。可见, 荔枝蝽成虫臭腺分泌物对荔枝蝽具有显著的生物活性, 可望通过进一步研究应用于荔枝蝽的防控体系。

**关键词:** 荔枝蝽; 臭腺分泌物; 触角电位; “Y”型嗅觉仪

文章编号: 1000-0933(2009)11-5807-06 中图分类号: Q968 文献标识码: A

## Electroantennogram and behavioral responses of *Tessaratoma papillosa* (Drury) (Hemiptera: Pentatomidae) to components of its metathoracic gland secretions

WANG Yu-Jie, ZHAO Dong-Xiang\*, LU Fu-Ping, PENG Zheng-Qiang, WANG Ai-Ping

Environment and Plant Protection Institute, CATAS; Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien Pests, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Pests Detection and Control for Tropical Agriculture of Hainan Province; Danzhou, Hainan 571737, China  
*Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 5807 ~ 5812.

**Abstract:** Results using petri dish bioassay showed that ether extractions from metathoracic gland secretions of adult *Tessaratoma papillosa* (Drury) were repellent to adult *T. papillosa* themselves. By using gas chromatography-mass, five compounds from the ether extractions, (*E*)-2-octenal, undecane, dodecane, tridecane and an unknown component, were found. Four components, (*E*)-2-octenal, undecane, dodecane and tridecane, elicited EAG responses of the adult *T. papillosa* males and females, and (*E*)-2-octenal was the strongest, whose elicited EAG responses for adult females and males were 0.50 mV and 0.4 mV, respectively. The Y-tube olfactometer bioassay indicated that adults were only significantly ( $P < 0.01$ ) repelled by (*E*)-2-octenal among the four tested chemicals. The results suggest that the metathoracic gland secretions of adult *T. papillosa* could be as an effective control agent for *T. papillosa*.

**Key Words:** *Tessaratoma papillosa* (Drury); metathoracic gland secretion; electroantennogram; Y-tube olfactometer

荔枝蝽 *Tessaratoma papillosa* (Drury), 属半翅目 Hemiptera, 异翅亚目 Heteroptera, 蝽科 Pentatomidae, 俗称臭屁虫, 为荔枝、龙眼重要害虫之一, 国内分布于广西、广东、海南、福建、台湾、江西、云南及贵州等省区, 国外

**基金项目:** 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所中央级公益性科研院所基本科研业务专项资助项目 (2007hzs1J009); 中国热带农业科学院基金资助项目 (Rky0514)

收稿日期: 2009-05-05; 修订日期: 2009-08-06

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

分布于越南、泰国以及老挝等地;其成虫、若虫吸食寄主嫩梢、嫩芽、花穗与果实,影响植株正常生长,导致落花落果;喷出的臭液,既可灼烧嫩叶等,还可伤害人的眼睛与皮肤,引起辣痛<sup>[1]</sup>。臭腺是蜡类昆虫的重要特征之一<sup>[2]</sup>。当蜡象受惊扰或侵略时,它们会从背面腹部腺体(DAG)或后胸腺体(MTG)处产生大量具有强烈刺激性气味的化学物质<sup>[3]</sup>,具有防御捕食者的作用<sup>[2~5]</sup>、告警信息素的作用<sup>[6]</sup>以及性信息素的作用<sup>[7]</sup>等。早在1978年Aldrich<sup>[8]</sup>对蜡象MTG的构成进行了详细的研究,之后观察并报道了蛛蜡科<sup>[9,10]</sup>与长蜡科<sup>[11,12]</sup>的MTG二型现象,发现*Riptorius serripes*和*Mirperus scutellaris*的MTG在形态学和化学成分方面存在二型性现象<sup>[9]</sup>。臭腺分泌物通常是没有支链的脂肪族化合物的混合物,多是C<sub>4</sub>、C<sub>6</sub>、C<sub>8</sub>的碳链和一些具有芳香气味的化合物<sup>[2]</sup>。近年来,许多研究者通过气质联用仪(GC-MS)、固相微萃取(SPME)以及气相色谱和触角电位联用仪(GC-EAD)等技术手段确定了相关半翅目昆虫臭腺分泌物的化学成分<sup>[13~15]</sup>,但对荔枝蜡臭腺及其分泌物的研究鲜见报道。

鉴此,本文采用培养皿生物测定法测定了荔枝蜡成虫对其腺体分泌物的乙醚提取物的行为反应,并通过GC-MS对乙醚提取物进行了初步分离与鉴定,将EAG与“Y”型嗅觉仪室内生物测定方法相结合,研究了荔枝蜡对其雌雄腺体共有的4种标准化化合物的反应,筛选具有明显生物活性的化合物,为研制和开发信息素剂型、实现对荔枝蜡的综合治理以及生态调控奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

荔枝蜡成虫采自海南大学园艺学院基地与环植学院教学实践基地(2008年7月~10月)。采集到的试虫用新鲜荔枝叶饲养于自制的纱笼(60 cm×50 cm×40 cm)内。温度(29±1)℃,相对湿度(79±2)%。试验前禁食24 h。

### 1.2 样品制备

根据Ho和Millar<sup>[14]</sup>的方法,将CO<sub>2</sub>麻醉致死后的雌雄成虫解剖,在体式显微镜下用毛细管(直径1.5 mm,长10 cm)插入臭腺中收集臭腺分泌物,以0.5 μg分泌物1 μL重蒸乙醚溶剂的比例提取,提取物作为待测样品,贮藏于-20℃冰箱中备用。

### 1.3 培养皿生物测定法

参照陶淑霞等<sup>[16]</sup>方法,用不同的正方形小滤纸片(1 cm×1 cm)在预先配制好的样品和对照液(重蒸乙醚)中分别浸泡5 sec,用镊子小心地将小滤纸片移入培养皿(Φ15 cm)内指定位置(样品与对照间隔10 cm放置),待溶剂挥发后,供试荔枝蜡成虫由培养皿的中心位置引入,每次引入1头,对每头荔枝蜡连续观察5 min,以秒表记录试虫在处理或对照处的滞留次数(滞留时间≥5 s为1次)。重复30头,每重复1头,滤纸片更换1次;每测试5头虫更换1次培养皿。

### 1.4 臭腺分泌物的GC-MS分析

样品经色谱仪分离后,分离的组分进入质谱仪中分析鉴定。气-质联用仪型号:气谱HP5973联用HP6890MSD质谱仪。色谱柱:HP-5MS(30.0 m×250 μm×0.25 μmID)。不分流进样。GC-MS接口温度270℃。程序升温:柱温60~180℃,8℃·min<sup>-1</sup>,60℃时保持3 min。每次进样量1 μL。EI离子源,电离能70 eV。扫描范围:35~550 amu。载气:99.999%氦气,载气流量:1.0 mL·min<sup>-1</sup>,流速:37 cm·s<sup>-1</sup>。质谱数据经NIST98标准谱库联机检索并与标准化合物对照,并查阅有关文献进行对比与判别鉴定,得到定性结果。

### 1.5 触角电位测定

标准化合物(*E*)-2-辛烯醛(≥98%)购自东京化成,十一烷(≥99%)、十二烷(≥99%)及十三烷(≥99%+)均购自Acros Organics。

触角电位仪主要由荷兰Syntech公司的智能化数据获取控制器IDAC-232、刺激气流控制器(Syntech CS-55)、微动操作仪(Syntech MP-12/15)及Syntech软件处理系统四部分组成。参照郝德君等<sup>[17]</sup>方法,用眼科剪将荔枝蜡成虫触角从基部剪下,尖端切除少许后,用导电胶将其横搭在电极上,刺激管与触角相距约1 cm。刺

激管末端连接刺激气体控制装置,保持每次刺激时间为 0.1 s,连续两次的刺激时间间隔为 30 s 以上,以保证触角感受能够完全恢复。每头成虫仅使用 1 个触角,在相同条件下,每个样品在同一根触角上平行测定 4~5 次,每个样品重复 6 根触角,试剂(10  $\mu\text{L}$ )滴在放有滤纸条(1.5 cm  $\times$  1 cm)的刺激管内,记录 EAG 反应相对值。

### 1.6 “Y”型嗅觉仪生物测定

参照 Turlings 等<sup>[18]</sup>,略加改进,设计成内径 2 cm 的无色玻璃“Y”型嗅觉仪,基部和两臂均长 20 cm,外加 21.7 cm 内径 3 cm 磨口套管,两臂夹角 75°。两臂分别通过 Teflon 管与味源瓶和对照瓶相连,在气流进入味源瓶之前,先经过一个活性炭过滤器和一个蒸馏水瓶,以净化空气和增加空气湿度。从嗅觉仪基部抽气时,将两臂流速调节相等,每臂的气流流量通过气体流量计控制在 100 mL $\cdot$ min<sup>-1</sup>。抽气 10 s 左右,从释放口引入试虫,再抽气。试虫逆气流运动,在交叉处稍作选择便进入其中的一臂,在观察记录 5 min 内当其在该臂中行进距离 $\geq 10$  cm 时,记该虫对该臂的气味源作出选择。每种味源测试 40 头试虫,每测定 10 头用 75% 乙醇擦洗管的内、外壁,烘干后调换两臂与味源瓶和对照瓶连接位置,以消除可能存在的两臂位置对行为反应的影响。样品(10  $\mu\text{L}$ )滴在正方形滤纸(1 cm  $\times$  1 cm)上,放入味源瓶作为味源,以不滴加样品的正方形滤纸作为对照。

### 1.7 数据统计

用 SPSS 11.5 统计软件对试验数据进行方差分析。LSD 法分析比较培养皿生物测定结果;通过 Duncan's 多重分析比较荔枝椿成虫对各种挥发物间的触角电生理及行为反应。

## 2 结果与分析

### 2.1 培养皿生物测定法

采用培养皿生物测定法测定荔枝椿雌雄成虫对其臭腺乙醚提取物的行为反应(图 1),结果表明,雌成虫在雌雄成虫臭腺分泌物处滞留次数分别为 0.65  $\pm$  0.17 和 0.7  $\pm$  0.15,在对照处滞留次数分别为 1.65  $\pm$  0.20 和 2.00  $\pm$  0.28,在臭腺分泌物与对照处的滞留次数之间存在极显著差异( $P < 0.01$ );与荔枝椿臭腺分泌物相比,雄成虫也显著地趋向对照处( $P < 0.05$ ),趋向雌雄成虫臭腺分泌物的次数分别为 0.80  $\pm$  0.34 与 0.75  $\pm$  0.20,在对照处滞留次数分别为 1.80  $\pm$  0.38 与 1.40  $\pm$  0.34。

### 2.2 荔枝椿成虫臭腺分泌物的化学成分

GC-MS 分析结果表明,荔枝椿雌雄成虫臭腺乙醚提取物中具有 5 种挥发性物质(图 2),包括(*E*)-2-辛烯醛、十一烷、十二烷、十三烷及一个未知组分。鉴定得到的雌雄成虫臭腺分泌物中 4 种相同组分的保留时间无明显差别(表 1),依据其在 GC-MS 所附化学工作站检

索的匹配度而初步定性,当组分与谱库中某参比化合物相同时,匹配度为 100%,查得匹配度见表 1。将这些组分总含量计为 100%,据各组分的积分面积,算得相对百分率,其中十三烷的含量最高,分别为 77.14% 与 38.47%,而其他 3 种组分(*E*)-2-辛烯醛、十一烷与十二烷的含量较低。

### 2.3 荔枝椿成虫对其臭腺分泌物中 4 种组分的 EAG 反应

荔枝椿雌雄成虫触角对其臭腺分泌物中 4 种共有组分的 EAG 反应生测结果见表 2。在雌成虫触角对 4 种组分的 EAG 反应中,(*E*)-2-辛烯醛的反应值最高(0.50 mV),与十二烷(0.37 mV)及十三烷(0.20 mV)组分无显著差异,而显著高于反应值最小的十一烷(0.07 mV);在雄成虫触角的 EAG 反应中,对(*E*)-2-辛烯醛

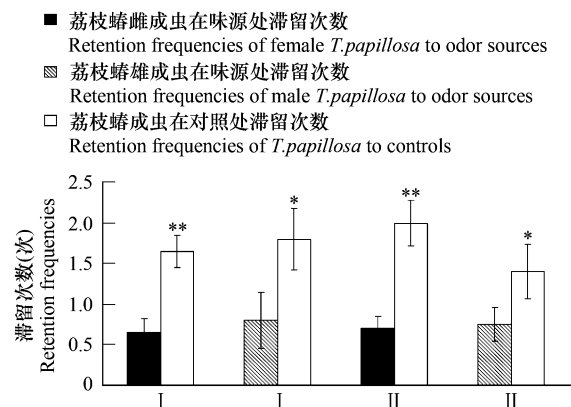


图 1 荔枝椿成虫对其臭腺分泌物的行为反应

Fig. 1 Behavioral responses of adult *T. papillosa* to its metathoracic gland secretions

I: 雌成虫臭腺分泌物 adult female metathoracic gland secretions; II: 雄成虫臭腺分泌物 adult male metathoracic gland secretions; \* 0.05 水平上显著 significant at 0.05 level; \*\* 0.01 水平上显著 significant at 0.01 level

的反应最强为 0.40 mV,对十三烷的反应最弱为 0.08 mV。雌雄成虫触角对同种组分的 EAG 反应无显著差异。

2.4 荔枝蝽成虫对 4 种组分的行为反应

从图 3 中可以看出,当味源为 (*E*)-2-辛烯醛时,荔枝蝽被引入 Y 管之后,会迅速沿着管壁逆气流向前爬行,荔枝蝽雌雄成虫均趋向于空白的一侧,且与味源的差异达极显著水平 ( $P < 0.01$ ),而雌雄成虫对其他烷烃味源的选择百分率与对照间均无显著差异。

3 讨论

Calam 和 Youdeowei<sup>[19]</sup>首先报道了半翅目红蝽 *Dysdercus intermedius* 分泌物中的醛类成分对同种若虫和成虫有告警作用。麻皮蝽 *Erthesina fullo* 雄虫的后胸臭腺分泌物也具有告警信息素功能<sup>[6]</sup>。已经在其他蝽象分泌物中鉴定得到如十一烷、十二烷与十三烷等多种化合物<sup>[13,20,21]</sup>,当 *Cosmopepla bimaculata* 雌雄成虫受惊扰时,其后胸腺体中也释放出这些成分<sup>[15]</sup>。Ho 和 Millar<sup>[14]</sup>利用 GC-MS 技术,在 *Chlorochroa uhleri*、塞氏蝽 *Chlorochroa sayi* 与野棉蝽 *Chlorochroa ligata* 的 MTG 提取物中,分析鉴定得到的组分除烷烃之外还有 (*E*)-2-辛烯醛等化合物。本研究结果表明,荔枝蝽成虫腺体分泌物的乙醚提取物对同种成虫有驱避效应,通过 GC-MS 分离鉴定得到了 (*E*)-2-辛烯醛、十一烷、十二烷与十三烷等组分,其中十三烷是成虫腺体中的主要成分,这与 Zarbin 等<sup>[21]</sup>及 Marques<sup>[13]</sup>的结论一致,而且这 4 种

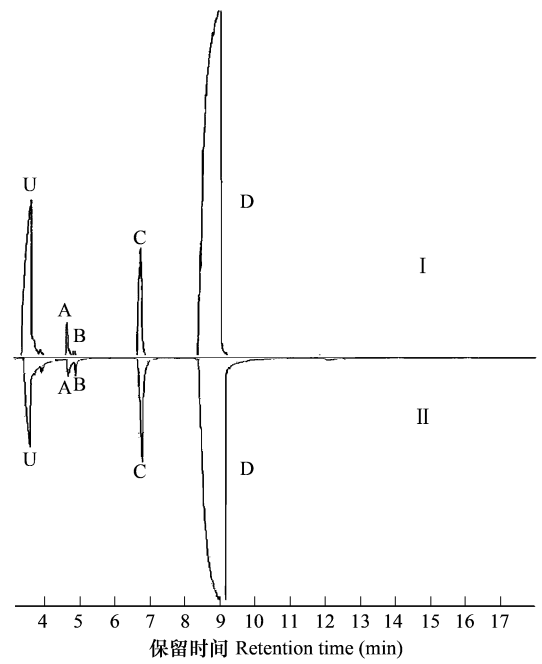


图2 荔枝蝽成虫臭腺分泌物的 GC-MS 图  
Fig. 2 Gas chromatography-mass profiles of metathoracic gland secretions from adult *T. papillosa*  
I:雌成虫臭腺分泌物 adult female metathoracic gland secretions;II:雄成虫臭腺分泌物 adult male metathoracic gland secretions;A: (*E*)-2-辛烯醛 (*E*)-2-Octenal;B: 十一烷 Undecane;C: 十二烷 Dodecane;D: 十三烷 Tridecane;U:未知 Unknown

表1 荔枝蝽成虫臭腺分泌物组分的保留时间、相对含量及匹配度

Table 1 Retention time, relative amount and match quality of components in metathoracic gland secretions from adult <i>T. papillosa</i>							
组分 Component	保留时间 (min) Retention time		相对含量 (%) Relative amount		匹配度 (%) Match quality		标样匹配度 (%) Match quality of standard chemical
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	
( <i>E</i> )-2-辛烯醛( <i>E</i> )-2-Octenal	4.61	4.62	1.14	0.95	86	50	83
十一烷 Undecane	4.81	4.83	0.47	0.48	96	94	96
十二烷 Dodecane	6.71	6.74	5.27	6.38	96	96	96
十三烷 Tridecane	8.99	8.79	77.14	38.47	98	98	98

表2 荔枝蝽成虫对挥发性化合物的 EAG 反应

Table 2 EAG responses of adult <i>T. papillosa</i> to volatile compounds				
刺激物 Stimulator	EAG 反应值 (mV) EAG response		变化范围 (mV) Variation scope	
	♀	♂	♀	♂
( <i>E</i> )-2-辛烯醛 ( <i>E</i> )-2-Octenal	0.50 ± 0.17 a	0.40 ± 0.17 a	0.33 ~ 0.67	0.23 ~ 0.57
十一烷 Undecane	0.07 ± 0.02 b	0.14 ± 0.03 ab	0.05 ~ 0.09	0.11 ~ 0.17
十二烷 Dodecane	0.37 ± 0.11 ab	0.12 ± 0.01 ab	0.26 ~ 0.48	0.11 ~ 0.13
十三烷 Tridecane	0.20 ± 0.06 ab	0.08 ± 0.02 b	0.14 ~ 0.26	0.06 ~ 0.10

表中数据是平均值 ± 标准误; 同列数据后不同字母表示差异达显著水平, 否则不显著 Data in the table are mean ± SE. Values followed by different letters in the same column are significantly different at 0.05 level

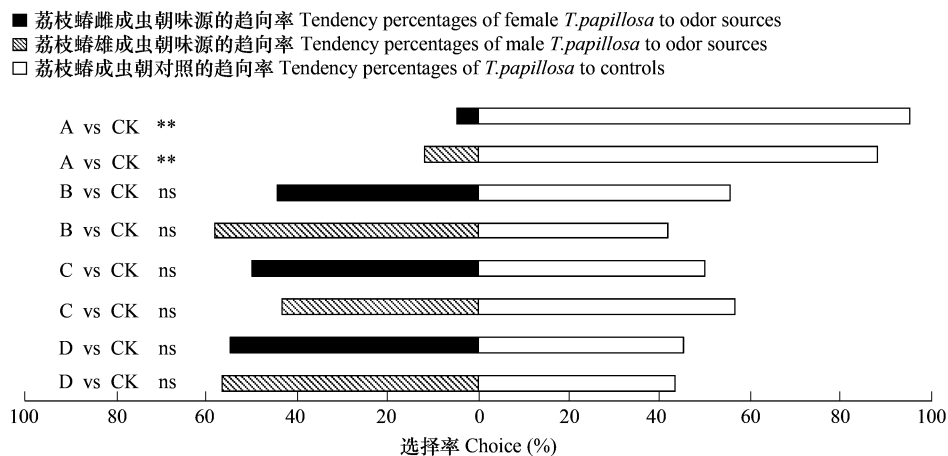


图3 荔枝椿成虫对挥发性化合物的行为反应

Fig. 3 Behavioral responses of adult *T. papillosa* to volatile compounds

\* \* 0.01 水平上显著 significant at 0.01 level; ns 差异不显著 no significant difference

成分均可引起成虫的触角电生理反应,其中(*E*)-2-辛烯醛引起雌成虫触角较强的 EAG 反应。荔枝椿雌雄虫触角化感器类型、数量及形状有明显的差别<sup>[22]</sup>,这可能是导致 EAG 反应差异的主要形态学基础。“Y”型嗅觉仪生测中只有(*E*)-2-辛烯醛具有驱避作用,其他3种化合物对荔枝椿成虫没有明显的作用。有研究证明这几种长链烷烃不会引起椿象的行为反应<sup>[23]</sup>,在告警信息素中,作为相对非挥发性溶剂控制挥发性醛释放<sup>[4,19,24]</sup>。除此之外,在其他半翅目昆虫中还发现(*E*)-2-己烯乙酸酯((*E*)-2-Hexenyl acetate)、(*E*)-2-辛烯乙酸酯((*E*)-2-Octenyl acetate)、(*E*)-2-己烯丁酸酯((*E*)-2-Hexenyl butyrate)、(*E*)-4-羰基-2-己烯醛((*E*)-4-Oxo-2-hexenal)、(*E*)-2-己烯醛((*E*)-2-Hexenal)与(*E*)-4-羰基-2-辛烯醛((*E*)-4-Oxo-2-octenal)等几种化合物<sup>[7,25,26]</sup>,这些化合物在本研究中尚未发现,一方面原因可能是半翅目昆虫之间信息素成分及含量存在差异,另一方面,臭腺分泌物的提取和分析方法的不同也会得到不一致的结果。

本研究通过培养皿法和“Y”型嗅觉仪法室内行为生测的结合,证明了荔枝椿成虫臭腺乙醚提取物中的(*E*)-2-辛烯醛对荔枝椿有极显著的驱避作用,据推测此化合物是一种告警信息素成分,应进一步探究此化合物与其他成分以不同比例混合的作用以及在果园中可能的应用途径,以获得更全面的信息和确定性的结论,在控制荔枝椿的技术领域中可作为优良的驱避剂发挥重要作用。

## References:

- [1] Liu Z C. A preliminary study of the biology of lichee stink bug, *Tessaratoma Papillosa* Drury, and its control. *Journal of Plant Protection*, 1965, 4 (4): 329—339.
- [2] Staddon B W. The scent glands of Heteroptera. *Advances in Insect Physiology*, 1979, 14: 351—419.
- [3] Aldrich J R. Chemical ecology of the Heteroptera. *Annual Review of Entomology*, 1988, 33: 211—238.
- [4] Remold H. Über die biologische Bedeutung der Duftdrüsen bei den Landwanzen (*Geocorisae*). *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 1962, 45 (6): 636—694.
- [5] Krall B S, Bartelt R J, Lewis C J, et al. Chemical defense in the stink bug *Cosmopepla bimaculata*. *Journal of Chemical Ecology*, 1999, 25 (11): 2477—2494.
- [6] Kou R, Tang D S, Chow Y S. Alarm pheromone of pentatomid bug, *Erthesina fullo* Thunberg (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Chemical Ecology*, 1989, 15 (12): 2695—2702.
- [7] Zhang Q H and Aldrich J R. Sex pheromone of the plant bug, *Phytocoris calli* Knight. *Journal of Chemical Ecology*, 2008, 34 (6): 719—724.
- [8] Aldrich J R, Blum M S, Lloyd H A, et al. Pentatomid natural products: chemistry and morphology of the III IV dorsal abdominal glands of adults. *Journal of Chemical Ecology*, 1978, 4 (2): 161—172.
- [9] Aldrich J R, Waite G K, Moore C, et al. Male-specific volatiles from Nearctic and Australian true bugs (Heteroptera: Coreidae and Alydidae).

- Journal of Chemical Ecology, 1993, 19(12): 2767–2781.
- [10] Aldrich J R, Zhang A, Oliver J E. Attractant pheromone and allomone from the metathoracic scent gland of a broad-headed bug (Hemiptera: Alydidae). Canadian Entomologist, 2000, 132(6): 915–923.
- [11] Aldrich J R, Leal W S, Nishida R, et al. Semiochemistry of aposematic seed bugs. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1997, 84(2): 127–135.
- [12] Aldrich J R, Oliver J E, Taghizadeh T, et al. Pheromones and colonization: reassessment of the milkweed bug migration model (Heteroptera: Lygaeidae: Lygaeinae). Chemoecology, 1999, 9(2): 63–71.
- [13] Marques F A, Wendler E P, Maia B H, et al. Identification of defensive compounds in metathoracic glands of adults of the stink bug *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae). Journal of the Brazilian Chemical Society, 2007, 18(6): 1242–1246.
- [14] Ho H Y and Millar J G. Compounds in metathoracic glands of adults and dorsal abdominal glands of nymphs of the stink bugs, *Chlorochroa uhleri*, *C. sayi*, and *C. ligata* (Hemiptera: Pentatomidae). Zoological Studies, 2001, 40(3): 193–198.
- [15] Millar J G and Rice R E. Sex pheromone of the plant bug *Phytocoris californicus* (Heteroptera: Miridae). Journal of Economic Entomology, 1998, 91(1): 132–137.
- [16] Tao S X, Wan F H, Tong Z H, et al. Allelochemicals for egg parasitoids, *Trichogramma chilonis* and *T. dendrolimi*: resources and activity bioassay. Scientia Agricultura Sinica, 2000, 33(6): 59–66.
- [17] Hao D J, Ma F L, Wang Y, et al. Electroantennogram and behavioural responses of *Monochamus alternatus* to volatiles from *Pinus massoniana*. Chinese Bulletin of Entomology, 2007, 44(4): 541–544.
- [18] Turlings T C J, Bernasconi M, Bertossa R, et al. The induction of volatiles in maize by three herbivore species with different feeding habits: possible consequences for their natural enemies. Biological Control, 1998, 11(2): 122–129.
- [19] Calam D H and Youdeowei A. Identification and functions of secretion from the posterior scent gland of fifth instar larva of the bug *Dysdercus intermedius*. Journal of Insect Physiology, 1968, 14: 1147–1158.
- [20] Borges M and Aldrich J R. Instar-specific defensive secretions of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). Cellular and Molecular Life Sciences, 1992, 48(9): 893–896.
- [21] Zarbin H G P, Borges M, Santos A A, et al. Alarm pheromone system of stink bug *Piezodorus guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae). Journal of the Brazilian Chemical Society, 2000, 11(4): 424–428.
- [22] Zhao D X, Mo S S, Lu F P, et al. Observation on antennal sensilla of *Tessaratoma papillosa* with scanning electron microscopy. Entomological Journal of East China, 2006, 15(1): 22–24.
- [23] Whitman D W, Blum M S, Alsop D W. Allomones: chemicals for defense. In: Evans D L and Schmidt J O. eds. Insect Defenses: adaptive mechanisms and strategies of prey and predators. New York: State University of New York Press, 1990. 289–351.
- [24] Gunawardena N E, Herath H. Significance of medium chain n-alkanes as accompanying compounds in hemipteran defensive secretion of *Coridius janus*. Journal of Chemical Ecology, 1991, 17(12): 2449–2458.
- [25] Ho H Y and Millar J G. Identification, electroantennogram screening, and field bioassays of volatile chemicals from *Lygus hesperus* Knight (Heteroptera: Miridae). Zoological Studies, 2002, 41(3): 311–320.
- [26] Zhang Q H and Aldrich J R. Pheromones of milkweed bugs (Heteroptera: Lygaeidae) attract wayward plant bugs: *Phytocoris* Mirid sex pheromone. Journal of Chemical Ecology, 2003, 29(8): 1835–1851.

#### 参考文献:

- [1] 刘志诚. 荔枝蝽生物学特性及其防治的初步研究. 植物保护学报, 1965, 4(4): 329–339.
- [16] 陶淑霞, 万方浩, 全赞华, 等. 引诱赤眼蜂产卵的他感化合物物质源研究及生物活性测定. 中国农业科学, 2000, 33(6): 59–66.
- [17] 郝德君, 马凤林, 王焱, 等. 松墨天牛对马尾松挥发物的触角电位和行为反应. 昆虫知识, 2007, 44(4): 541–544.
- [22] 赵冬香, 莫圣书, 卢芙蓉, 等. 荔枝蝽触角化感器的扫描电镜观察. 华东昆虫学报, 2006, 15(1): 22–24.