

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2015.01.005

泽兰实蝇雌成虫的寄主选择行为

马沙^{1,2}, 吴国星¹, 谭清¹, 桂富荣¹, 叶敏¹, 高熹^{1*}

¹云南农业大学植物保护学院, 云南昆明 650201; ²云南省昭通市昭阳区植保植检站, 云南昭通 657000

摘要:【背景】泽兰实蝇是紫茎泽兰的专性寄生天敌, 已成为控制紫茎泽兰的重要因子。泽兰实蝇的寄主选择力对其控制紫茎泽兰至关重要, 但相关报道还很少。【方法】采用“Y”形嗅觉仪在实验室内测定泽兰实蝇雌成虫对寄主植物——紫茎泽兰及其他植物的选择行为, 以及紫茎泽兰受重金属胁迫后泽兰实蝇对其选择的变化。【结果】不同日龄的泽兰实蝇雌成虫对紫茎泽兰的选择性不具有显著差异; 交配与否对雌成虫的寄主选择没有显著影响; 雌成虫对紫茎泽兰的选择显著高于黄蒿、水葫芦和蓝花鼠尾草等非寄主植物; 雌成虫对花期及机械损伤的紫茎泽兰选择更显著; 紫茎泽兰经重金属镉(Cd)、铅(Pb)和锌(Zn)单一及复合处理后, 泽兰实蝇雌成虫对其选择性显著降低。【结论与意义】泽兰实蝇雌成虫的寄主选择性随植物种类、寄主植物(紫茎泽兰)的生育期、健康状况及重金属胁迫而变化, 这有助于更好地利用泽兰实蝇控制紫茎泽兰。

关键词: 泽兰实蝇; 紫茎泽兰; 寄主选择

Host selection behavior of female adults of *Procecidochares utilis* (Diptera: Tephritidae)

Sha MA^{1,2}, Guo-xing WU¹, Qing TAN¹, Fu-rong GUI¹, Min YE¹, Xi GAO^{1*}

¹College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China;

²Zhaoyang Plant Protection and Quarantine Station, Zhaotong, Yunnan 657000, China

Abstract: 【Background】*Procecidochares utilis* Stone is an obligatory parasite of *Eupatorium adenophorum* Spreng, and it has become an important factor in the control of *E.adenophorum*. The host selection of *P.utilis* adults is very important to control the growth of *E.adenophorum*, but few related studies are reported at present. 【Method】The selection behavior of *P.utilis* female adults was tested using a Y-tube olfactometer on *E.adenophorum*, a selection of plants and *E.adenophorum* plants that were exposed to heavy metals. 【Result】The selection behavior of *P.utilis* female adults of different ages on *E.adenophorum* showed no significant difference. Mating or not had no significant effect on host selection for the female adults. The choice of female adults on *E.adenophorum* was significantly higher than that of *Artemisia carvifolia*, *Eichhornia crassipes* and *Salvia farinacea*. The female adults preferred *E.adenophorum* in bloom or with mechanical damage. The selectivity of female adults decreased significantly if *E.adenophorum* plants were first exposed to Cd, Pb and Zn or a combination of them. 【Conclusion and significance】The study showed selection behavior of *P.utilis* varied with plant species and development stage, health or level of contamination of the plants. This information can help establish a theoretical foundation for developing control mechanisms of *E.adenophorum* by using *P.utilis*.

Key words: *Procecidochares utilis*; *Eupatorium adenophorum*; host selection

泽兰实蝇 *Procecidochares utilis* Stone 是紫茎泽兰 *Eupatorium adenophorum* Spreng 的专性寄生天敌, 多个国家曾先后利用该虫控制紫茎泽兰的蔓延 (Dodds, 1961; Rahman & Agarwal, 1991)。我国于 1984 年首次从西藏聂拉木县将泽兰实蝇引进云南部分地区, 随后其被引入四川、贵州等西南地区并

形成自然种群 (陈升碧和关德盛, 1994; 唐川江和周俗, 2003; 魏艺等, 1989)。研究发现, 泽兰实蝇通过幼虫蛀入紫茎泽兰幼嫩茎枝端部, 蛀食并刺激被害部位形成膨大虫瘿, 能抑制紫茎泽兰的种子产量、萌发率、分枝数及株高, 并能抑制紫茎泽兰的光合作用及生物量的增加及分配 (张智英等, 1988;

收稿日期 (Received): 2014-11-13 接受日期 (Accepted): 2014-12-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31340012、30960221); 云南省森林灾害预警与控制重点实验室开放基金项目 (ZK10A305)

作者简介: 马沙, 女, 硕士。研究方向: 昆虫生态。E-mail: ynztmasha@126.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: chonchon@163.com

郑征等,1989)。泽兰实蝇是否选择寄生紫茎泽兰,即对寄主的选择力,是其发挥以上控制作用的关键因素。目前国内外的研究多集中于泽兰实蝇寄生后对紫茎泽兰生长发育及控制效果等方面(陈旭东和何大愚,1990;代聪等,1991;何大愚等,1987;李爱芳等,2006;刘文耀等,1991;杨光礼和孙元体,1993;郑征等,1989;Bess & Haramoto,1958),未见有关泽兰实蝇对寄主选择力方面的研究报道。

另据马沙(2013)的初步调查发现,兰坪金顶铅锌矿附近区域泽兰实蝇的寄生率与较远非矿区相比呈现出较大差异,矿区泽兰实蝇的寄生率仅为非矿区的47.5%。经研究,在重金属矿区,紫茎泽兰体内的重金属积累量相对较高(李冰和张朝晖,2008;汪文云和张朝晖,2008;王吉秀等,2013;Zu *et al.*,2005)。分析认为:除了随食物链的传递而到达泽兰实蝇体内的重金属直接对泽兰实蝇产生毒性影响外,重金属还通过胁迫紫茎泽兰间接影响泽兰实蝇对紫茎泽兰的选择水平,然而目前国内外还缺乏相关方面的研究。鉴于此,本文利用“Y”型嗅觉仪,就泽兰实蝇雌成虫对紫茎泽兰及其他植物以及对受重金属胁迫的紫茎泽兰的选择性进行了相关研究。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

泽兰实蝇采自云南昆明呈贡区带有虫瘿的紫茎泽兰枝条,摘除部分枝叶后将虫瘿放入养虫笼(60 cm×60 cm×60 cm)中,待其自然羽化后,收集羽化的泽兰实蝇并将雌雄成虫分开单独饲养作为供试虫源。

1.2 供试仪器

“Y”型嗅觉仪:“Y”型管基部长10 cm、内径3 cm、两臂长约15 cm、夹角75°,两臂分别依次连有流量计、装植物用的玻璃干燥瓶、活性炭和气泵。

1.3 试验方法

1.3.1 嗅觉仪法 使用“Y”型嗅觉仪进行测定时,室温控制在(24±2)°C,相对湿度(65±5)%。将供试泽兰实蝇雌成虫放在“Y”型玻璃管的入口处,气流流速为250 mL·min⁻¹,气流进入方式为吸入式。以试虫进入管口开始计时,每虫2 min,当试虫进入“Y”型嗅觉仪的一侧臂超过2/3、停留1 min时,即为选择。每只雌蝇仅测试1次,每次测试15头雌

成虫,共设3次重复,每测完5头雌成虫后立即调换处理与对照的位置,以避免几何位置对泽兰实蝇行为产生影响,每个处理测试完成后更换嗅觉仪。每更换1次处理,用95%乙醇清洗“Y型管”、味源瓶以及连接于其间的硅胶管,吹干后备用(李帅等,2014)。

1.3.2 不同日龄泽兰实蝇雌成虫对紫茎泽兰选择的影响 选取羽化后不同日龄的雌成虫,分别测定其对紫茎泽兰的选择行为,测定方法同1.3.1。

1.3.3 交配行为对泽兰实蝇雌成虫选择紫茎泽兰的影响 选择羽化当天已交配的雌成虫,逐日测定其对紫茎泽兰的选择行为,同时与羽化当天未交配的雌成虫进行对比,测定方法同1.3.1。

1.3.4 泽兰实蝇雌成虫对寄主植物与非寄主植物的选择性比较 黄蒿 *Artemisia carvifolia* Buch.-Ham. ex Roxb.、蓝花鼠尾草 *Salvia farinacea* Benth 和水葫芦 *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solme 均采自云南农业大学校内,无虫害和机械损伤。试验设置3种气味源组合:紫茎泽兰 vs 黄蒿、紫茎泽兰 vs 蓝花鼠尾草、紫茎泽兰 vs 水葫芦,观察3日龄未交配泽兰实蝇雌成虫对其的选择行为,测定方法同1.3.1。

1.3.5 泽兰实蝇雌成虫对不同健康状况和生育期的紫茎泽兰的选择性比较 植株处理:(1)健康植株:没有受到任何机械损伤和虫害的生长健壮的植株;(2)机械损伤植株:供试前24 h,用打孔器(直径3 mm)在供试植株每个叶片上打孔(每片叶1~2个孔)。试验设置2组气味源组合:机械损伤紫茎泽兰 vs 健康紫茎泽兰、花期紫茎泽兰 vs 生长期紫茎泽兰,观察3日龄未交配泽兰实蝇雌成虫对其的选择行为,测定方法同1.3.1。

1.3.6 铅(Pb)、锌(Zn)和镉(Cd)处理紫茎泽兰后对泽兰实蝇雌成虫选择行为的影响 试验前将紫茎泽兰种子播种于温室内,温度(25±2)°C,光照比14L:10D,相对湿度(75±5)%,每7 d浇水一次,待长至8 cm株高时移栽到塑料花盆中(直径8 cm)。

试验在云南农业大学温室内进行,试验用土壤采自云南农业大学校内试验地表层土壤。Pb胁迫处理水平为4000 mg·kg⁻¹,Pb以Pb(NO₃)₂的形式加入;Zn胁迫处理水平为4000 mg·kg⁻¹,Zn以ZnSO₄·7H₂O形式加入;Cd胁迫处理水平为1000 mg·kg⁻¹,Cd以CdCl₂·2.5H₂O形式加入;Pb+Cd复合处理水平

为 $2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Pb} + 500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cd}$; $\text{Zn} + \text{Cd}$ 复合处理水平为 $2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Zn} + 500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cd}$; $\text{Pb} + \text{Zn}$ 复合处理水平为 $2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Pb} + 2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Zn}$; $\text{Pb} + \text{Zn} + \text{Cd}$ 复合处理水平为 $2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Pb} + 2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Zn} + 500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ Cd}$ 。以上处理分别加入土壤后, 拌匀, 以不加入重金属的土壤作为空白对照, 稳定 2 周后移栽紫茎泽兰幼苗。

选取大小、高度一致 (8 cm) 的紫茎泽兰幼苗, 移栽到每个浓度处理中, 每个处理栽种 20 盆, 每盆 3 株, 每周浇 1 次水。

紫茎泽兰 Pb、Zn、Cd 含量测定: 生长 2 个月后, 选取大小、高度一致的紫茎泽兰, 参照汪文云和张朝晖 (2008)、Zu *et al.* (2005) 的方法, 先用自来水将紫茎泽兰植物体洗净, 再用去离子水漂洗干净后, 依次烘干、粉碎、研磨、硝化 ($\text{HClO}_4 : \text{HNO}_3 = 1 : 5, v/v$), 用 TAS-990 原子吸收分光光度计测定样品中的 Pb、Zn、Cd 含量。

泽兰实蝇趋向行为测定: 试验设置 7 组气味源组合: Pb 处理紫茎泽兰 vs 对照、Zn 处理紫茎泽兰

vs 对照、Cd 处理紫茎泽兰 vs 对照、Pb-Cd 处理紫茎泽兰 vs 对照、Zn-Cd 处理紫茎泽兰 vs 对照、Pb-Zn 处理紫茎泽兰 vs 对照、Pb-Zn-Cd 处理紫茎泽兰 vs 对照。测定 3 日龄未交配雌成虫对以上气味源的选择行为, 方法同 1.3.1。

1.4 数据处理

利用 DPS 软件 (唐启义和冯明光, 2002) 对不同发育日龄的各指标进行统计与方差分析, 并以 Duncan's 新复极差法比较各时间段内指标间的显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同日龄泽兰实蝇雌成虫对紫茎泽兰选择的影响

由图 1 可知, 不同日龄雌成虫均更显著趋向于紫茎泽兰的挥发物; 且 3 日龄雌成虫对紫茎泽兰的选择性最好, 但不同日龄雌成虫之间的选择性无显著差异 ($F = 2.095, P = 0.1563$)。

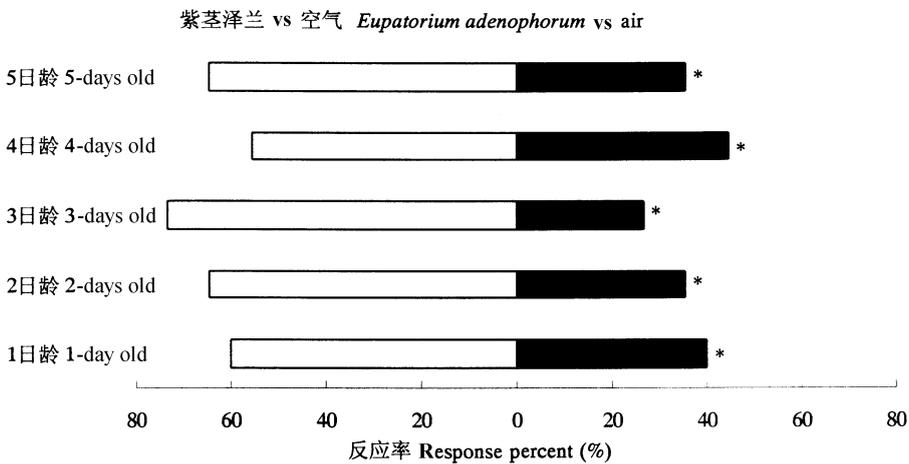


图 1 不同日龄未交配雌成虫对紫茎泽兰选择的差异

Fig.1 The selective difference of *P. utilis* female adults on *E. adenophorum* at different ages

* 表示同日龄成虫在选择性上差异显著 ($P < 0.05$)。

* represents significant difference between the selectivity data of the same instar of adults ($P < 0.05$).

2.2 交配行为对泽兰实蝇雌成虫选择紫茎泽兰的影响

如图 2 所示, 1~5 日龄的成虫, 无论交配与否, 其对紫茎泽兰的选择均超过对照, 且日龄大小和交配行为对其选择紫茎泽兰的反应率无显著影响。

2.3 泽兰实蝇雌成虫对寄主植物与非寄主植物的选择性比较

如图 3 所示, 泽兰实蝇雌成虫对紫茎泽兰的选择

率极显著高于水葫芦、黄蒿和蓝花鼠尾草 ($P < 0.01$)。

2.4 泽兰实蝇雌成虫对不同健康状况和生育期的紫茎泽兰的选择性比较

如图 4 所示, 泽兰实蝇雌成虫对机械损伤植株的选择率远高于健康植株, 二者差异极显著 ($F = 37.5, P = 0.0036$); 雌成虫对花期紫茎泽兰的选择率显著高于生长期 ($F = 13.5, P = 0.0213$)。

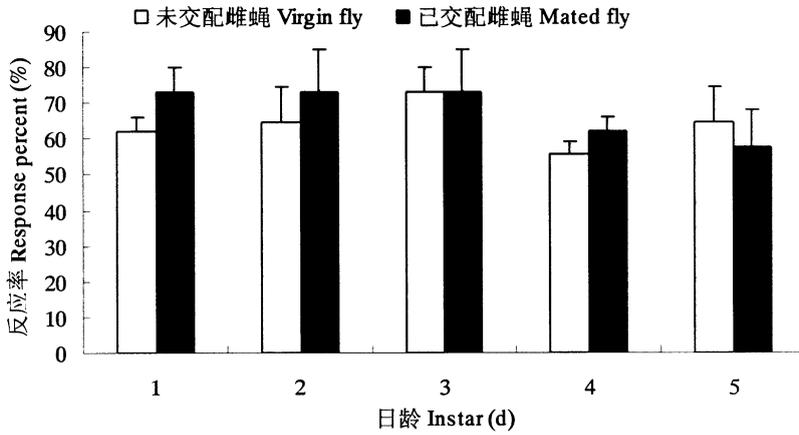


图 2 交配行为对泽兰实蝇雌成虫选择紫茎泽兰的影响

Fig.2 The effects of mating behavior of *P.utilis* females on *E.adenophorum*

数据为平均值±标准差,各日龄交配与否的成虫选择率差异不显著($P>0.05$)。

The values are means±SD. For the same instar of mated and virgin adults, no significant difference was found ($P>0.05$).

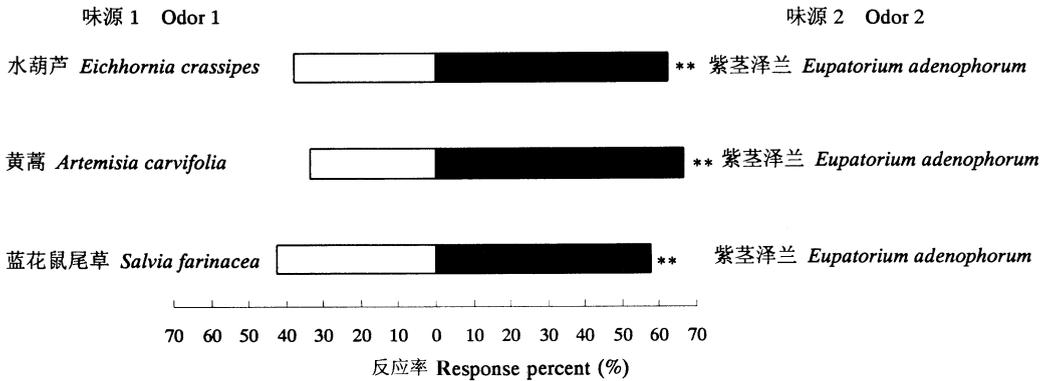


图 3 泽兰实蝇雌成虫对寄主植物与非寄主植物的选择差异

Fig.3 The selective difference of *P.utilis* female adults on host plant and non-host plant

** 表示成虫对不同气味源的选择差异极显著($P<0.01$)。

** represents significant difference between the selectivity data on different odor sources ($P<0.01$).

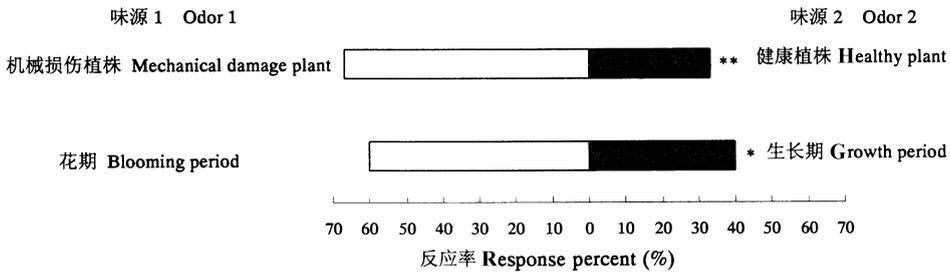


图 4 泽兰实蝇对花期及机械损伤紫茎泽兰的选择差异

Fig.4 The selective difference of *P.utilis* female adults on flowering plants and mechanically damaged plants

*、** 分别表示成虫对不同气味源的选择差异显著和极显著($P<0.05, P<0.01$)。

*、** represents significant difference between the selectivity data on different odor sources ($P<0.05, P<0.01$).

2.5 Pb、Zn 和 Cd 处理紫茎泽兰后对泽兰实蝇雌成虫选择的影响

当采用 Pb、Zn、Cd 及这几种重金属复合处理时,紫茎泽兰未表现出受害症状,长势良好。紫茎泽兰对重金属 Cd、Pb 和 Zn 具有很强的吸收与忍耐能力,其中以 Zn 在体内的累积率最高,Pb 次之,Cd

的累积率最低(表 1)。

如图 5 所示,重金属 Pb、Zn 和 Cd 单一处理紫茎泽兰后,泽兰实蝇对其趋向选择性显著低于未经重金属处理的植株;而经 Pb-Cd、Zn-Cd、Pb-Zn 和 Pb-Zn-Cd 复合处理紫茎泽兰后,雌蝇对其趋向选择与未经重金属处理的植株相比具极显著差异。

表 1 Pb、Zn 和 Cd 在紫茎泽兰中的生物累积

Table 1 The bioaccumulation of Pb, Zn and Cd in *E.adenophorum*

处理 Treatment	重金属含量 Content of heavy metal in <i>E.adenophorum</i> (mg · kg ⁻¹)		
	Pb	Zn	Cd
Pb 处理 Pb treatment	221.32±6.68	-	-
Zn 处理 Zn treatment	-	520.17±9.12	-
Cd 处理 Cd treatment	-	-	98.32±4.56
Pb-Zn 处理 Pb-Zn treatment	145.73±5.46	321.62±9.23	-
Pb-Cd 处理 Pb-Cd treatment	165.29±6.34	-	65.13±6.68
Zn-Cd 处理 Zn-Cd treatment	-	309.68±7.56	58.92±5.78
Pb-Zn-Cd 处理 Pb-Zn-Cd treatment	136.21±3.72	297.47±6.67	50.38±6.68
CK	-	-	-

表中数据为平均值±标准误。

The data in the table are means±SE.

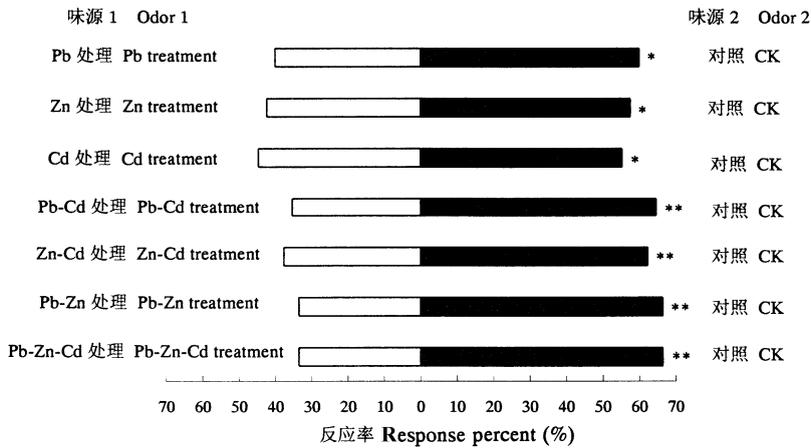


图 5 Pb、Zn 和 Cd 处理紫茎泽兰后泽兰实蝇对其选择的差异

Fig.5 The selective difference of *P. utilis* female adults on *E.adenophorum* that were exposed to Pb, Zn or Cd or a combination of these metals

*、** 分别表示成虫对不同气味的选择差异显著和极显著 ($P<0.05$, $P<0.01$)。

*、** represents significant difference between the selectivity data on different odor sources ($P<0.05$, $P<0.01$).

3 讨论

研究表明,羽化后不同日龄的雌成虫在选择紫茎泽兰上无显著差异,且交配与否也对其选择寄主无影响,这可能是因为泽兰实蝇雌成虫在初羽化时即达到性成熟,因此在成虫阶段对寄主的选择较一致。泽兰实蝇专性寄生,对其他植物不敏感,雌成虫对紫茎泽兰的选择率极显著高于其生境周围的杂草如水葫芦、黄蒿和蓝花鼠尾草,这更验证了泽兰实蝇食性的专一。

寄主植物挥发物是植物—昆虫间化学通讯的媒介,诱导昆虫产生多种行为,对植食性昆虫产卵、取食等活动中的寄主选择行为产生重要影响,是植食性昆虫进行寄主定位的利他素(杜家纬,2001;康乐和 Hopkins,2004)。植食性昆虫在寻找寄主阶段,主要通过嗅觉感受器对寄主植物特异性的气味进行识别而选择植物。例如,十字花科植物挥发物烯丙基异硫氰酸酯引诱许多取食十字花科植物的

昆虫(娄永根和程家安,1997),马铃薯气味能够引诱马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* Say (Visser & Ave,1978),苹果气味能够引诱苹果实蝇 *Rhagoletis pomonella* Walsh (Fein & Reissig,1982) 等。从植食性昆虫的寄主植物中寻找害虫取食及产卵的它感信息物,并运用其来诱杀害虫,已有许多成功范例(Baur *et al.*,1993; Lin *et al.*,1992; Su,1993)。本研究表明,泽兰实蝇对花期和有机机械损伤的植株更具有趋性,因此花期和机械损伤后的植株挥发物有待进一步研究,其中的某些有效成分能开发成提高泽兰实蝇寄生率的引诱物。

紫茎泽兰是一种适生性很强的杂草,在矿区分布极为广泛。在室内用重金属胁迫紫茎泽兰后发现,泽兰实蝇对受单一重金属胁迫的紫茎泽兰的选择水平显著下降,对 2 种或 2 种以上重金属复合处理的紫茎泽兰的选择极显著下降,经初步分析,应是寄主挥发物在组成或是比例上发生改变而引起

的,为此还待进一步对重金属处理前后的挥发物进行成分鉴定和定量分析。

参考文献

- 陈升碧,关德盛. 1994. 泽兰实蝇生物学特性观察及生物防治. 西南农业学报, 7(4): 98-102.
- 陈旭东,何大愚. 1990. 泽兰实蝇对紫茎泽兰的控制作用及其评价研究. 杂草学报, 4(3): 1-6.
- 代聪,魏艺,何大愚. 1991. 泽兰实蝇控制紫茎泽兰试验研究. 杂草学报, 5(1): 24-29.
- 杜家纬. 2001. 植物—昆虫间的化学通讯及其行为控制. 植物生理学报, 27(3): 193-200.
- 何大愚,刘伦辉,荆桂芬,魏艺. 1987. 泽兰实蝇的安全性试验. 中国生物防治, 3(1): 1-3.
- 康乐, Hopkins T L. 2004. 黑蝗初孵蝗蝻对植物气味和植物挥发性化合物的行为和嗅觉反应. 科学通报, 49(1): 81-85.
- 李爱芳,高贤明,党伟光,黄荣祥,邓祖平,唐和春. 2006. 泽兰实蝇寄生状况及其对紫茎泽兰生长与生殖的影响. 植物生态学报, 30(3): 496-503.
- 李冰,张朝晖. 2008. 烂泥沟金矿区紫茎泽兰对重金属的富集特性及生态修复分析. 黄金, 29(8): 47-50.
- 李帅,陈文龙,金道超,杨洪. 2014. 不同水稻挥发物对稻虱红螫蜂雌蜂的引诱作用. 植物保护学报, 41(2): 203-209.
- 刘文耀,刘伦辉,和爱军. 1991. 泽兰实蝇对紫茎泽兰生长发育及生物量分配影响的研究. 生态学报, 11(3): 291-293.
- 娄永根,程家安. 1997. 植物—植食性昆虫—天敌三营养层次的相互作用及其研究方法. 应用生态学报, 8(3): 325-331.
- 马沙. 2013. 镉、铅和锌在土壤—紫茎泽兰—泽兰实蝇系统中的累积及对泽兰实蝇的毒性研究. 昆明: 云南农业大学.
- 唐川江,周俗. 2003. 紫茎泽兰防治与利用研究概况. 四川草原, (6): 7-10.
- 唐启义,冯明光. 2002. 实用统计分析及其DPS数据统计分析系统. 北京: 科学出版社.
- 汪文云,张朝晖. 2008. 贵州水银洞紫茎泽兰重金属元素测定与分析. 植物研究, 28(6): 760-763.
- 王吉秀,高熹,马沙,吴国星. 2013. Cd、Pb和Zn在土壤—紫茎泽兰—泽兰实蝇系统中的生物富集效应研究. 中国生态农业学报, 21(7): 877-882.
- 魏艺,张智英,何大愚. 1989. 泽兰实蝇人工繁殖技术. 生物防治通报, 5(1): 41-42.
- 杨光礼,孙元体. 1993. 泽兰实蝇对紫茎泽兰抑制效果的初步观察. 杂草科学, (2): 15.
- 张智英,魏艺,何大愚. 1988. 泽兰实蝇生物学特性的初步研究. 生物防治通报, 4(1): 10-13.
- 郑征,唐继武,刘文耀,陈旭东. 1989. 泽兰实蝇对紫茎泽兰生长及光合作用影响的研究. 杂草学报, 3(2): 21-23.
- Bess H A and Haramoto F H. 1959. Biological control of Pama-kani *Eupatorium adenophorum* in Hawaii by a Tephritid gall fly, *Procecidochares utilis*. II. Population studies of the weed, the fly and the parasites of the fly. *Ecology*, 40: 244-249.
- Baur R, Feeny P and Stadler E. 1993. Oviposition stimulants for the black swallowtail butterfly: identification of electrophysiologically active compounds in carrot volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 19: 919-937.
- Dodd A P. 1961. Biological control of *Eupatorium adenophorum* in Queensland. *Australian Journal of Science*, 23: 356-365.
- Fein B L and Reissig G H I. 1982. Identification of apple volatile attraction to the apple maggot *Rhagoletis pomonella*. *Journal of Chemical Ecology*, 8: 1473-1487.
- Lin H, Phelan P L and Bartelt R. 1992. Synergism between synthetic food odors and the aggregation pheromone for attracting *Carpophilus lugubris* in the field. *Environmental Entomology*, 21: 156-159.
- Rahman O and Agarwal M L. 1991. Biological control of crofton weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng) by a fruit fly *Procecidochares utilis* Stone in eastern Himalayas. *Indian Journal of Weed Science*, 22: 98-101.
- Su J Q. 1993. Using carrot flower trap and kill cotton bollworm moths. *Plant Protection*, 19: 23-27.
- Visser J H and Ave D A. 1978. General green leaf volatiles in the olfactory orientation of the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Chemical Ecology*, 24: 738-749.
- Zu Y Q, Li Y, Chen J J, Chen H Y, Qin L and Schwartz C. 2005. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China. *Environment International*, 31: 755-762.

(责任编辑:郭莹)

