

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.04.018

川硬皮肿腿蜂学习经历对花椒与虎天牛虫粪挥发物的行为反应测定

马琴¹, 邵林娟², 杨桦^{2*}

(1. 九龙县林业和草原局, 四川 九龙 616200, 2. 四川农业大学林学院 四川省林业生态工程省级重点实验室, 四川 成都 611130)

摘要:采用Y型嗅觉仪和触角电位仪,研究羽化初期川硬皮肿腿蜂对花椒挥发物、花椒虎天牛虫粪木屑混合物诱导的学习效应,比较有无学习经历的川硬皮肿腿蜂对不同浓度花椒挥发物的行为反应,以探索利用学习行为提高川硬皮肿腿蜂防治花椒虎天牛效果的途径。结果表明:羽化期经历 $10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 花椒枝条挥发物诱导的川硬皮肿腿蜂对味源的行为反应率最高,达到66.67%,与其余9种处理间存在显著差异($P<0.05$),其次是羽化期经历 $10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 虫粪木屑挥发物诱导的肿腿蜂,其对味源的行为反应率为64.44%,而经历 $0.01\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 花椒枝条与虫粪木屑挥发物诱导的肿腿蜂反应率最低,表明经花椒挥发物和花椒虎天牛虫粪学习处理的川硬皮肿腿蜂对防治花椒虎天牛有正面影响,且花椒枝条挥发物在同类因素中对川硬皮肿腿蜂防治花椒虎天牛有最突出影响的结论。

关键词:川硬皮肿腿蜂;花椒枝条挥发物;花椒虎天牛虫粪;生物防治

中图分类号:S763.306.4 文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2019)04-0090-07

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Determination of Behavioral Responses of *Scleroderma sichuanensis* with Learning Experience to the Volatiles of Host and Feces of *Clytus valiandus*

MA Qin¹ SHAO Lin-juan² YANG Hua^{2*}

(1. Forestry and Grassland Bureau of Jiulong County, Jiulong 616200, China;

2. Key Laboratory of Ecological Forestry Engineering of Sichuan Province, College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: By Y type olfactometer and electroantennogram, studies were made of the learning effect of *Scleroderma Sichunensis* in early emergence period to the induction of pepper volatiles and mixture of *Clytus valiandus* feces and sawdust. The behavioral responses to different concentrations of volatiles were compared between *S. sichunensis* with learning experience and those without learning experience, which could be a way to improve the prevention efficiency of *S. sichuanensis*. The results showed that the the highest behavioral response rate of *S. sichuanensis* was 66.67%, induced by $10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ of pepper branches volatiles in emergence period, which were significantly different from the other 9 treatments ($P<0.05$). The second highest rate was 64.44% for *S. sichuanensis* induced by $10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ insect feces and sawdust volatile flavor. And the rate was lowest when *S. sichuanensis* was induced by $0.01\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ L of

收稿日期:2019-03-27

作者简介:马琴(1972-),女,四川甘孜人,工程师,本科,主要从事林业和园林技术研究,e-mail:449691036@qq.com。

* 通讯作者:杨桦,e-mail:yanghua151017@163.com

pepper branches and insect feces sawdust volatile. The pepper volatiles and *Clytus valiandus* feces learning process for *S. sichuanensis* showed positive effect on prevention, and pepper shoots volatiles were the most prominent prevention effect.

Key words: *Scleroderma sichuanensis*, Pepper shoots volatiles, *Clytus valiandus* insect feces, Biological control

川硬皮肿腿蜂(*Scleroderma sichuanensis* Xiao)属膜翅目肿腿蜂科(Bethylidae)天牛肿腿蜂属(*Scleroderma*)。由四川农业大学森保实验室周祖基、曾垂慧教授发现于四川,中国林科院森保专家萧刚柔先生1995年鉴定为新种并命名^[1],是一种能防治杉棕天牛(*Callidium villosulum* F.)、粗鞘双条杉天牛(*Semanotus sionanster* Gressitt)、双条杉天牛(*S. bifasciatus* Motschulsky)、花椒虎天牛(*Clytus valiandus* F)等钻蛀性害虫的寄生性天敌昆虫^[2]。目前和管氏肿腿蜂(*Scleroderma guau* Xiao et Wu)一起广泛应用于松墨天牛(*Monochamu salternatus* Hope)、花椒虎天牛(*Clytus valiandus* Fairmaire)、青杨天牛(*Saperda populnea* L.)、双条杉天牛等林业害虫的生物防治。该蜂在自然界数量少,分布范围窄,需要在室内大量繁殖,才能对害虫进行有效的控制。

花椒虎天牛在四川花椒各产地皆有分布,主要危害5年生以上花椒树(*Zanthoxylum bungeanum* Maxim),10年生以上椒树危害率最高^[6]。该虫主要取食树干基部韧皮部或多年生主侧枝,未见危害1~2年生嫩枝。被害株基干部常被多头幼虫共同危害,当其围绕树干韧皮部蛀食一圈后,造成整株树的枯死。越西县花椒420万株,遭受花椒虎天牛危害的危害率达56.35%,其中,每年被害致死的死亡率为13.92%^[7]。仅在四川汉源县每年因该虫危害导致近8%的花椒树死亡,且多是成年挂果树,年经济损失300余万元^[8]。目前对于花椒虎天牛的防治主要以人工捕杀成虫幼虫、诱捕器捕杀、化学防治等物理与化学方法^[9,10]。但是这些方法比较费时费力,污染环境,最终也无法有效控制花椒虎天牛的危害。花椒虎天牛幼虫期长,若采用寄生蜂防治,有利于天敌增殖,可提高生防效果。因此,生物防治特别是运用寄生蜂防治越来越引起人们的重视,其不仅克服了物理与化学防治方法的缺点,而且其目的在于控制害虫种群数量,而不是对害虫的彻底消灭,在维持生态平衡上具有重要意义。

本文采用Y型嗅觉仪和触角电位仪研究羽化

初期川硬皮肿腿蜂对花椒挥发物、花椒虎天牛虫粪木屑混合物诱导的学习效应,比较有无学习经历的川硬皮肿腿蜂对不同花椒浓度挥发物的行为反应,以探索利用学习行为提高川硬皮肿腿蜂防治花椒虎天牛效果的途径。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和材料

供试肿腿蜂为四川农业大学森林保护省级重点实验室用黄粉虫(*Tenebrio molitor* L.)蛹繁殖的川硬皮肿腿蜂雌成蜂,于肿腿蜂即将羽化时,挑选蜂量中等、蜂茧干净无污染的繁蜂管置于 $25 \pm 1^\circ\text{C}$,相对湿度60%~70%的人工气候箱中培养供试。

采集5年生以上的花椒树的健康枝条和被花椒虎天牛为害枝条的天牛虫粪木屑混合物,材料采用保鲜袋密封,置于 4°C 冰箱中保存备用。

1.2 味源收集

用采样袋(Oven Bags,美国Reynolds公司)分别套住不同处理的健康花椒枝条(36 g)和天牛虫粪木屑混合物(36 g),在采样袋两对角插入Tanex-TA填充的玻璃管(吸附剂50 mg,60~80目;玻璃管外径6 mm、长85 mm,美国Supleco公司)和活性炭空气过滤管,并用Teflon管分别连接大气采样器(QC-1型大气采样仪,北京劳动保护科学研究所)的进、出气口,以 $0.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 的空气流速,动态吸附采集6 h。然后,用5 mL重蒸乙醚(化学纯,成都市科龙化工试剂厂)洗脱, N_2 吹送浓缩至2 mL,用于行为反应测定。

1.3 川硬皮肿腿蜂对挥发性信息化化合物的学习处理

将正己烷收集的健康枝条与虫粪木屑混合物挥发成分设置5个浓度梯度: $0.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $100 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$;共计10个处理。在 25°C 下,川硬皮肿腿蜂蛹期为20 d,在幼虫结茧15 d后,挑选出一定数量结茧较佳的指

形管,每个处理取 10 μL 混合溶液滴于 2 cm \times 0.5 cm 的滤纸条上,待溶液挥发后,将滤纸片置于指形管中用棉花封存,成虫羽化后当天取出。

1.4 触角电位生理反应测定

触角电位测定采用荷兰 Syntech 公司生产的触角电位仪。测定前用解剖刀将川硬皮肿腿蜂触角自柄节从头部挑出;用 Spectra 360 导电胶将其固定在 PR (Gain10 \times) 电极上,气味管与触角相距 1 cm。测定方法按照杜永均等^[11]的方法进行。用微量取样器抽取 10 μl 溶液,均匀地滴在 2 cm \times 0.5 cm 的滤纸条上,放入 10 cm 长的样品管中,样品管末端连接气体刺激控制装置。待基线稳定后给予刺激,每次刺激时间为 0.5 s,刺激间隔为 30 s,以保证触角感受能够完全恢复。实验每处理测试触角 6 根,每样品平均刺激 5 次。以重蒸正己烷为对照,将每一样品观测值的平均数除以前后 2 次对照测定值的平均值即得 EAG 反应相对值。

1.5 行为反应检测

采用“Y”型嗅觉仪测定川硬皮肿腿蜂行为反应。“Y”型玻璃管长臂 10 cm,短臂长 5 cm,内径均为 1 cm,两臂夹角 75°,交叉处由标准磨口制成,两侧臂分别用 Teflon 管与 10 cm 长的样品管相连。一样品管放置气味源,另一样品管设为空白。样品管用 Teflon 管依次连接蒸馏水加湿瓶(300 mL),填充活性炭的空气净化瓶(500ml),然后连接到大气采样器排气口。控制空气流 0.1 L \cdot min⁻¹ ~ 0.2 L \cdot min⁻¹,测量时间为 8:00 ~ 12:00,温度为 25 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 。

生测时,吸取 10 μL 溶液滴在滤纸条(2 cm \times 0.5 cm)上,待溶剂挥发后,将滤纸条分别置于一容量瓶中,作为信号源,另一容量瓶设为空白。将肿腿蜂由 Y 型管长臂管口引入(每次 1 头),爬过长臂管口 2 cm 后开始计时,寄生蜂在 Y 型管分叉处做出选择,取向不同的侧臂。每头蜂观察 5 min,爬过侧臂 3 cm,且停留时间 1 min 以上记为对该气味有选择,否则记为无选择。记录每个有效选择的时长以待比较。每处理随机测定肿腿蜂 30 头,每测 5 头调换 Y 型管两臂位置,以消除管臂位置对寄生蜂行为可能产生的影响,每个处理测量完成后更换嗅觉仪,用酒精彻底清洗 Y 型管和连接的 Teflon 管及容量瓶,自然晾干,Y 型管和容量瓶在 100 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干 24 h,以消除不同处理间气味残留的影响。

1.6 数据统计与分析

所有试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行统计分

析,用 Excel 2007 和 Word 2007 作图。生测数据采用 χ^2 检验比较差异显著性^[12],采用 Duncan's 多重分析法比较各处理间的差异。

2 分析与结果

2.1 不同学习经历的川硬皮肿腿蜂对各味源的行为反应

2.1.1 花椒枝条处理的川蜂对花椒枝条挥发物行为反应

羽化期经历花椒枝条挥发物的川硬皮肿腿蜂行为生测结果如图 1 所示,羽化期经历味源 A 的川硬皮肿腿蜂对味源 A 有一定的趋向性。其中,羽化期经历 10 g \cdot mL⁻¹ 的花椒枝条挥发物,花椒枝条对川硬皮肿腿蜂的引诱率显著高于驱避率($p < 0.05$)。

无学习经历川蜂对花椒枝条挥发物的行为反应见图 2。卡方检验表明,味源 A1 ~ A5 对无学习经历蜂没有明显引诱作用。当味源浓度增加。对无学习经历蜂驱避作用明显增强。

2.1.2 花椒虎天牛虫粪木屑处理的川蜂对花椒枝条挥发物行为反应

羽化期经历花椒虎天牛虫粪木屑的川硬皮肿腿蜂行为生测结果如图 3 所示,羽化期经历味源 B 的川硬皮肿腿蜂对味源 B 有一定的趋向性。其中,羽化期经历 10 g \cdot mL⁻¹ 的花椒虎天牛虫粪木屑,花椒虎天牛虫粪木屑对川硬皮肿腿蜂的引诱率显著高于驱避率($p < 0.05$)。

无学习经历川硬皮肿腿蜂对虫粪木屑混合挥发物的行为反应见图 4。卡方检验表明,味源 B1 ~ B5 对无学习经历蜂没有明显引诱作用。当味源浓度增加。对无学习经历蜂驱避作用明显增强。

2.2 川硬皮肿腿蜂对不同浓度味源的行为反应多重比较

从羽化期经历不同味源的川硬皮肿腿蜂对不同浓度味源的行为反应多重比较可以看出(见表 1),羽化期经历 10 g \cdot mL⁻¹ 花椒枝条挥发物的川硬皮肿腿蜂对味源的行为反应率最高,达到 66.67%,与其余 9 种处理间存在显著差异($P < 0.05$),其次是羽化期经历 10 g \cdot mL⁻¹ 虫粪木屑挥发物的肿腿蜂对味源的行为反应率 64.44%。而经历 0.01 g \cdot mL⁻¹ 花椒枝条与虫粪木屑挥发物的肿腿蜂反应率最低。

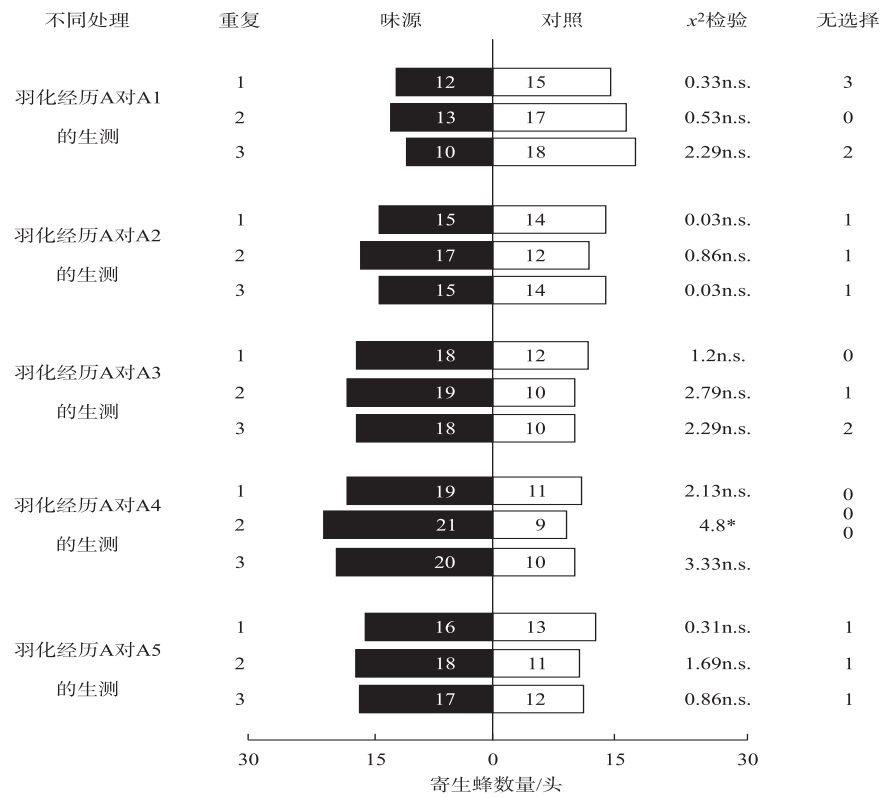


图 1 羽化期经历味源 A 的川硬皮肿腿蜂对各味源浓度的行为反应

Fig. 1 Behavioral response of emergence period through the odor source A of *scleroderma sichuanensis* to different sources
注: χ^2 检验中的“n. s”表示 $P > 0.05$, “*”表示 $P < 0.05$ 。下同。A 气味源为花椒枝条挥发物, A1 ~ A5 分别为不同浓度 $0.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $100 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

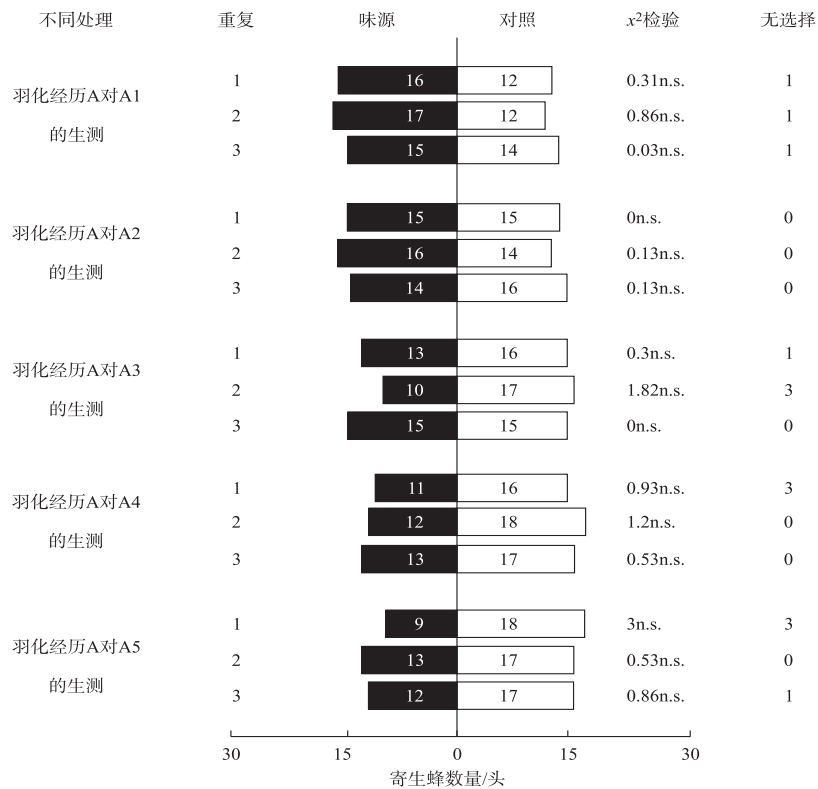


图 2 无学习经历蜂对味源 A1 ~ A5 的行为反应

Fig. 2 Behavioral responses of *Scleroderma sichuanensis* without learning experience to source A1 ~ A5

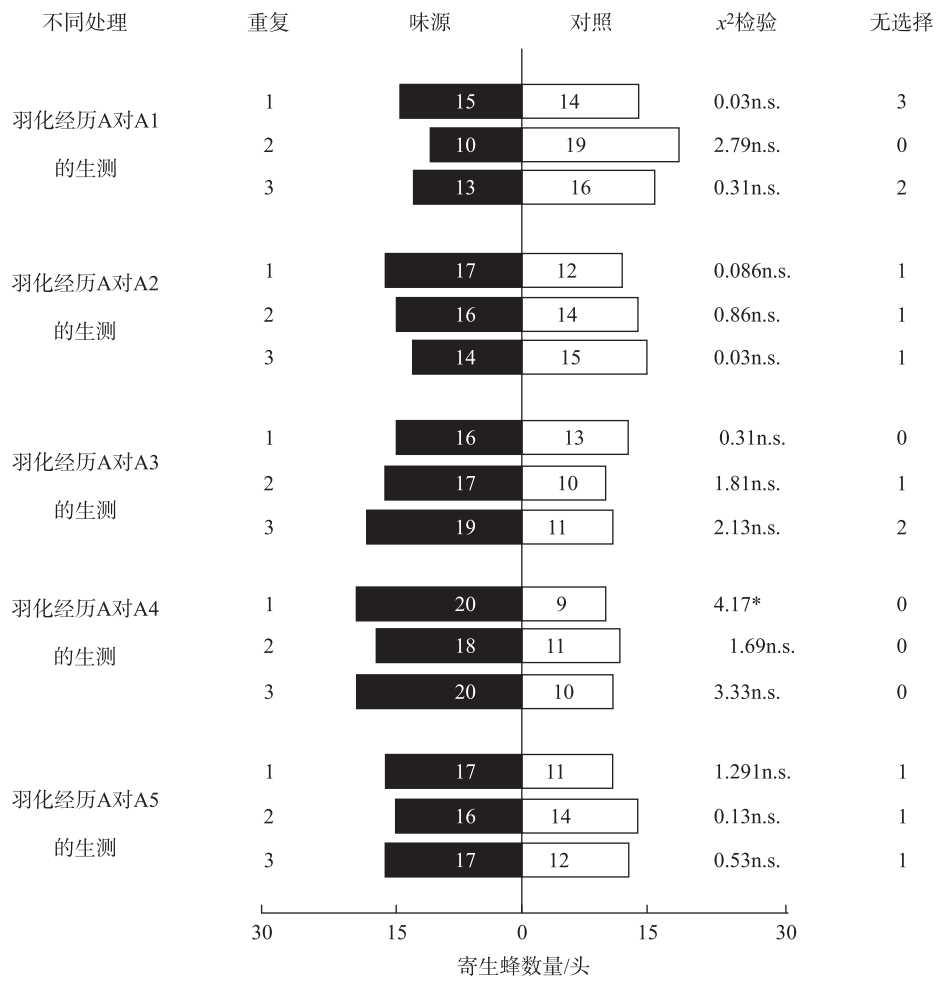


图3 羽化期经历味源 B 的川硬皮肿腿蜂对各味源的行为反应

Fig. 3 Behavioral response of emergence period through the odor source B of *scleroderma sichuanensis* to different sources
注: B 气味源为花椒虎天牛虫粪木屑混合提取物, B1 ~ B5 分别为不同浓度 0.01 g · mL⁻¹、0.1 g · mL⁻¹、1 g · mL⁻¹、10 g · mL⁻¹、100 g · mL⁻¹。

表1 不同经历的川硬皮肿腿蜂选择率与电位值多重比较

Tab. 1 The different experiences of *scleroderma Sichuanensis* selection rate and EAG value multiple comparison

诱导源	浓度	选择率	电位比值
羽化期 经历枝条	0.01 g · mL ⁻¹	38.89 ± 2.94e	0.72 ± 0.12b
	0.1 g · mL ⁻¹	42.22 ± 4.84e	0.86 ± 0.19b
	1 g · mL ⁻¹	52.22 ± 2.22d	0.89 ± 0.12b
	10 g · mL ⁻¹	52.22 ± 2.94d	0.95 ± 0.05b
	100 g · mL ⁻¹	55.56 ± 1.11cd	1.08 ± 0.14ab
羽化期 经历虫粪	0.01 g · mL ⁻¹	56.67 ± 1.92bcd	1.11 ± 0.13ab
	0.1 g · mL ⁻¹	57.78 ± 2.94bcd	1.18 ± 0.31ab
	1 g · mL ⁻¹	61.11 ± 1.11abc	1.19 ± 0.23ab
	10 g · mL ⁻¹	64.44 ± 2.22ab	1.27 ± 0.26ab
	100 g · mL ⁻¹	66.67 ± 1.93a	1.67 ± 0.35a

注:表中数据为平均值 ± 标准误,具不同大写字母的数据表示差异极显著(P < 0.01, Duncan's 比较),具不同小写字母的数据表示差异显著(P < 0.05, Duncan's 比较)

2.3 川硬皮肿腿蜂对不同浓度味源的 EAG 反应

从羽化期经历不同味源的川硬皮肿腿蜂对不同浓度味源的 EAG 反应多重比较可以看出(见表1),羽化期经历 10 g · mL⁻¹ 花椒枝条挥发物的川硬皮肿腿蜂对味源的 EAG 反应率最高,达到 1.6737 ± 0.3487,与其余 9 种处理间存在显著差异(P < 0.05)。而经历 1 g · mL⁻¹ 花椒枝条与虫粪木屑挥发物、0.01 g · mL⁻¹ 花椒枝条挥发物和 10 g · mL⁻¹ 花虫粪木屑挥发物的肿腿蜂反应率最低。

3 结论与讨论

寄生蜂羽化后,面对的常是复杂多变的环境,它们必须高效的利用各种信号,尽快找到合适寄主,以繁衍后代^[13]。寄主植物源物质是寄生蜂搜索过程中利用的一类主要信号,其中由寄主昆虫取

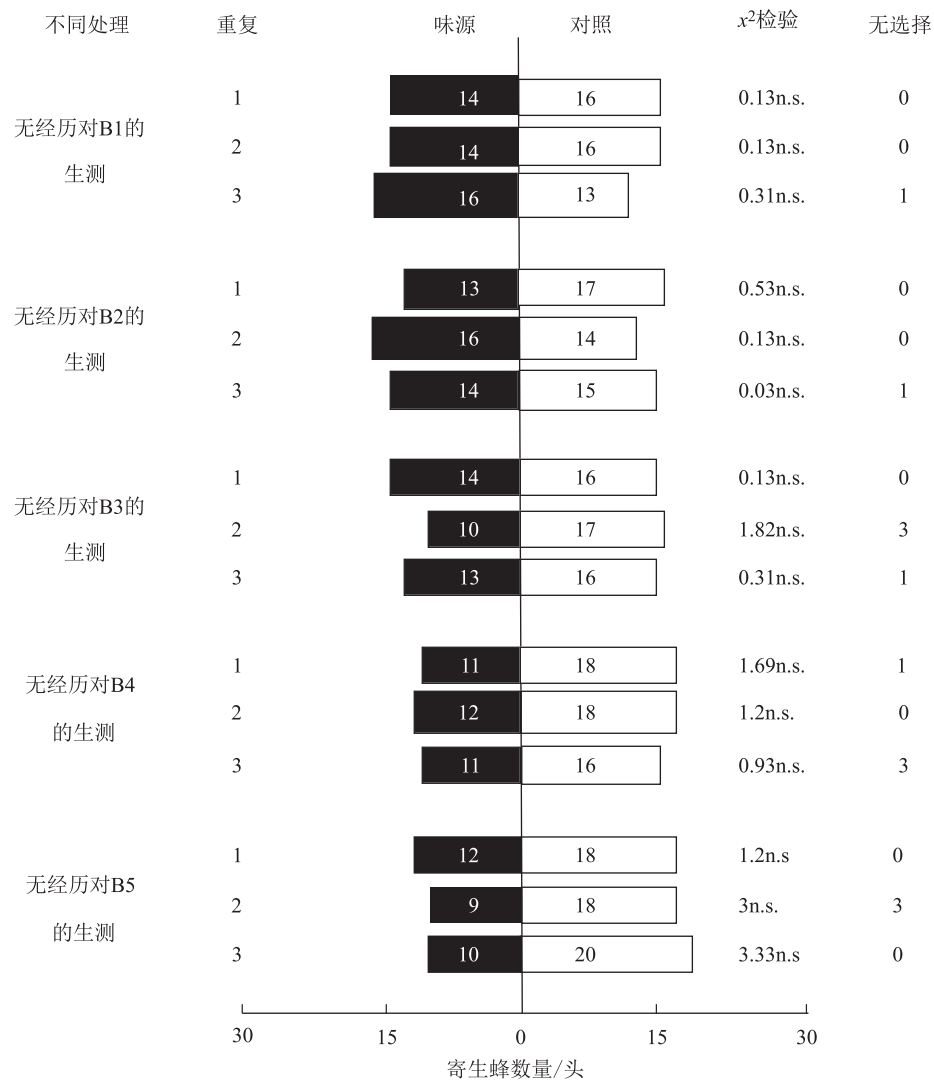


图4 无学习经历蜂对味源 B 的行为反应

Fig. 4 Behavioral responses of scleroderma Sichuanensis without learning experience to odor source B

食诱导的挥发物尤为重要^[14,15]。实践证明,在影响寄生蜂寻找寄主的诸因素中化学因素起主导作用,而这种化学因素又主要指利它素^[16]。

实验可知,无处理蜂对 A(花椒枝条挥发物)、B 味源(花椒虎天牛虫粪木屑混合提取物),特别是高浓度的 A、B 味源有明显趋避性。而在羽化期经过对 A、B 味源学习处理蜂,对 A、B 味源有了明显的趋向性,这说明, A、B 味源确实对提高川蜂对花椒虎天牛的搜索寄生有一定的影响。其中, A 味源对川蜂影响最显著的为 A4 气味源; B 味源对川蜂影响最显著的为 B4 气味源。相比较无处理蜂分别对 A、B 气味源行为反应,经 A 味源学习处理蜂对 A 味源的趋向性更为明显,选择率也更为显著。

通过利用花椒枝条挥发气味和花椒虎天牛虫粪

挥发物对川硬皮肿腿蜂的多次刺激,以及室内触角电位实验和 Y 型嗅觉仪的生测,证明通过用花椒枝条挥发物和花椒虎天牛虫粪对川硬皮肿腿蜂的驯化和刺激,确实提高了川硬皮肿腿蜂在花椒树上对花椒虎天牛的反应行为和辨别能力,这种结果是由于川硬皮肿腿蜂在羽化过程中,适应了花椒枝条挥发气味和花椒虎天牛虫粪气味,对于这两种气味有更高的辨别能力,经处理的川硬皮肿腿蜂对花椒虎天牛的搜索能力有显著提高。至于花椒枝条挥发物成分以及川硬皮肿腿蜂的嗅觉感受机制,有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] 杨桦,杨伟,杨春平,等.学习经历对川硬皮肿腿蜂寄生云斑天

- 牛幼虫的影响[J]. 林业科学, 2011, 47(8): 95 ~ 100.
- [2] 杜开书, 周祖基, 杨伟. 川硬皮肿腿蜂防治柳树星天牛试验初报[J]. 安徽农业科学, 2006(13): 3104 ~ 3105.
- [3] 肖银波, 周建华, 肖育贵, 等. 川硬皮肿腿蜂防治云斑天牛试验初报[J]. 四川林业科技, 2003, 24(4): 37 ~ 41.
- [4] 杨德敏, 曾垂惠, 杨萍, 等. 三峡库区利用川硬皮肿腿蜂防治天牛类害虫[J]. 中国生物防治, 1999, 15(03): 140 ~ 141.
- [5] 李钦存, 田群芳. 花椒天牛的发生及防治[N]. 特种经济植物, 2010(5): 50 ~ 51.
- [6] 牛全忠. 如何防止危害花椒树的天牛[N]. 植物保护与推广, 2002, 22(11): 33.
- [7] 杨雷芳, 刘光华. 花椒虎天牛发生规律及防治研究[J]. 四川林业科技, 2009, 30(4): 92 ~ 95.
- [8] 王跃, 周祖基, 李晓东, 等. 花椒虎天牛的生物学特性及危害研究[J]. 四川林业科技, 1999, 20(3): 38 ~ 40.
- [9] 贾来法, 倪永杰, 高建伟. 枣树星天牛虫害防治技术[J]. 国土绿化, 2009(1): 47.
- [10] 刘素云. 云斑天牛在核桃树上的为害特性及人工防治技术[J]. 河北林业科技, 2003: 29 ~ 29.
- [11] 周祖基, 杨伟, 黄琼, 等. 利用川硬皮肿腿蜂防治花椒虎天牛的试验研究[J]. 迈入二十一世纪的中国生物防治, 2005(4): 667 ~ 673.
- [12] 杜永均, 严福顺. 植物挥发性次生物质在植食性昆虫、寄主植物和昆虫天敌关系中的作用机理[J]. 昆虫学报, 1994, 37(2): 233 ~ 250.
- [13] 刘树生, 江丽辉, 李月红. 寄生蜂成虫在寄主搜索过程中的学习行为[J]. 昆虫学报, 2003, 46(2): 228 ~ 236.
- [14] Turlings TCJ, Tumlinson J H, Lewis W J, 1990b. Exploitation of herbivore induced plant odors by host seeking parasitic wasps[J]. Science, 250: 1251 ~ 1253.
- [15] Vet LME, Dicke M, 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context[J]. Annu. Rev. Entomol., 37: 141 ~ 172.
- [16] 符文俊, 杜家伟. 昆虫利它素[J]. 昆虫知识, 1981, 18(3): 132 ~ 135.

(上接第 83 页)

- [2] 王将克. 稀有珍贵的大熊猫[J]. 化石, 1973, 2: 11 ~ 15.
- [3] Zhang Z J, Wei F W, Li M, et al. Microhabitat separation during winter among sympatric giant pandas, red pandas and pandas, and tufted deer; the effects of diet, body size, and energy metabolism[J]. Canadian Journal of Zoology, 2004, 82(9): 1451 ~ 1457.
- [4] 胡锦矗, 夏勒, 潘文石, 等. 卧龙的大熊猫[M]. 成都: 四川科技出版社, 1985.
- [5] 杨光, 胡锦矗, 魏辅文, 等. 马边大风顶自然保护区大熊猫种群数量及动态分析[J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 1994, 15(2): 114 ~ 118.
- [6] 魏辅文, 周昂, 胡锦矗, 等. 马边大风顶自然保护区大熊猫对生境的选择[J]. 兽类学报, 1996, 16(4): 241 ~ 244.
- [7] 胡锦矗, 王昌琼. 凉山山系大熊猫的食性研究[J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 1993, 14(4): 290 ~ 295.
- [8] 周材权, 胡锦矗, 袁重桂, 等. 马边大风顶自然保护区大熊猫的食性与采食行为[J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 1997, 18(4): 273 ~ 277.
- [9] 胡锦矗, 韦毅, 周昂. 马边大风顶自然保护区大熊猫觅食行为与营养对策[J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 1994, 15(1): 44 ~ 51.
- [10] 四川省林业厅. 四川省第四次大熊猫调查报告[M]. 四川科学技术出版社, 2015.
- [11] 董文渊, 黄宝龙, 谢泽轩, 等. 筇竹无性系种群生物量结构与动态研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 416 ~ 420.
- [12] 刘庆, 钟章成, 何海. 斑苦竹无性系种群在自然林和人工林中的生态对策[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版), 1996, 13(2): 16 ~ 20.
- [13] 石明, 陈宝昆, 杨宇明. 云南甜龙竹发笋生物学特性初报[J]. 西南林学院学报, 2007, 27(2): 16 ~ 20.
- [14] 胡锦矗, 胡晓. 寻踪国宝—走近大熊猫家族[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2008.
- [15] 魏辅文, 周材权, 胡锦矗, 等. 马边大风顶自然保护区大熊猫对竹类资源的选择利用[J]. 兽类学报, 1996, 16(3): 171 ~ 175.
- [16] 彭培好, 陈德文, 彭俊生, 等. 森林采伐对大熊猫栖息地环境的影响[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(9): 1685 ~ 1687.
- [17] 欧阳志云, 刘建国, 张和民. 卧龙大熊猫生境的群落结构研究[J]. 生态学报, 2000, 20(3): 458 ~ 462.