

不同生境异色瓢虫对茶梢互利素和蚜虫利它素 EAG 和行为反应

韩宝瑜^{1,2,3}, 陈宗懋², 张钟宁³

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 中国农业科学院茶叶研究所, 杭州 310008; 3. 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要:触角电位(EAG)研究和选择性行为反应表明茶梢受茶蚜(*Toxoptera aurantii* Boyer)为害后能释放引诱异色瓢虫[*Leis axyridis*(Pallas)]的互利素,茶蚜、萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)体表和茶蚜蜜露中含有吸引异色瓢虫的利它素,其中的少数特异性组分引诱活性较强。源于茶园、桑园和菜园的互利素或利它素对各自生境中的异色瓢虫更具刺激性,显示了生境特异性。EAG 剂量反应表明茶园中的显明变种比显现变种稍敏感,这可能是由于前者触角上的化感器数量较多所致。

关键词:不同生境;茶梢互利素;蚜虫利它素;异色瓢虫不同变种;触角电位

Electroantennogram and behavioural responses of two varieties of *Leis axyridis* from three types of habitats to aphid-damaged tea shoot volatiles and aphid kairomones

HAN Bao-Yu^{1,2,3}, CHEN Zhong-Mao¹, ZHANG Zhong-Ning³ (1. Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. Tea Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China; 3. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(12): 2131~2135.

Abstract: Electroantennogram (EAG) and behavioural responses show that the tea shoots damaged by tea aphid, *Toxoptera aurantii*, emit synomones capable of seducing tea aphid's natural enemies, *Leis axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* Faldermaenn and *Leis axyridis* (Pallas) ab. *conspicua* Faldermaenn. Hexane or ether rinses of body surface of *T. aurantii* and mustard aphid, *Lipaphis erysimi* and honeydew of *T. aurantii* contain kairomones luring the two varieties of the ladybug, in which a few specific components are proved to be more attractive than the other ones. The synomones and the kairomones derived from tea, mulberry and vegetable gardens are especially stimulative to ladybugs from the respective habitats, demonstrating the habitat specificity of EAG and behavioural responses of the ladybugs. EAG dose-responses suggest that *L. axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* Faldermaenn is a little more sensitive to semiochemicals than *L. axyridis* (Pallas) ab. *conspicua* Faldermaenn, probably for there are chemical sensors on the antennae of the former than the later.

Key words: different habitats; synomone from tea shoots; kairomone derived from aphids; different varieties of *Leis axyridis*; electroantennogram

文章编号:1000-0933(2001)12-2131-05 中图分类号:Q958.12, Q968.1 文献标识码:A

基金项目:安徽省自然科学基金项目(项目编号 00041609)、安徽省教育厅自然科学基金项目(项目编号 No. 2000j1059)和国家自然科学基金项目(批准号 39870543)

收稿日期:2000-10-18

作者简介:韩宝瑜(1963~),男,汉族,安徽省寿县人,博士,教授。主要从事昆虫化学生态学、昆虫数学生态学和茶学研究。

EAG 试验得到北京人学吴才宏教授和马洪涛硕士的热情指导和帮助,谨致衷心的感谢。

蚜虫是一大类重要农林害虫,其天敌异色瓢虫 *Leis axyridis* (Pallas) 分布广泛,具有多个变种和变型。茶园中异色瓢虫种群对茶蚜 *Toxoptera auranti* Boyer 种群具有显著的跟随效应^[1],可能在蚜虫和异色瓢虫的个体之间还存在着化学通讯联系。蚜害植株释放的互利素和蚜虫利它素为寄生蜂搜索蚜虫的信息化合物,其中的特异性组分尤其具有引诱效应^[2,3]。而对蚜虫与捕食性天敌之间的化学通讯及行为反应研究较少。有报道表明麦长管蚜 *Sitobion avenae* F. 蜜露可增强七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L. 的捕蚜能力^[4]。茶蚜的蜜露可引诱七星瓢虫和异色瓢虫的 4 个变种,延长其搜索和滞留时间,并调节这 5 种瓢虫的搜索行为^[5]。异色瓢虫 4 个变种对茶蚜和蚜害茶梢的气味呈强烈的正趋向性和剂量反应^[6]。证实了茶蚜蜜露和茶蚜气味是瓢虫搜索利它素、蚜害茶梢释放挥发性互利素。但不同来源的互利素和利它素及其单个组分对异色瓢虫引诱活性的比较、生境不同或者变种不同对异色瓢虫行为生态学的影响尚未见报道。本文对此进行了研究,旨在进一步明确蚜虫与异色瓢虫之间的通讯机制。

1 实验方法

1.1 供试虫源 同时采集茶园、桑园和白菜园异色瓢虫显现变种 *L. axyridis* (Pallas) ab. *conspicua* Faldermaenn、显明变种 *L. axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* Faldermaenn 的蛹,放在光照培养箱内,在 25℃、80% RH 以及 14L:10D 下培养,羽化后的第二天进行试验。茶蚜和萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) 分别采自茶园和白菜园。

1.2 3 种生境中异色瓢虫显明变种触角电位反应(EAG)试验

味源物 1 号——正常茶梢挥发物(作为“蚜害茶梢挥发物”的比照物):参照 Turlings 等(1998)^[7] 收集植物挥发物的方法,本试验中容纳植物材料的是体积为 20 L 的球形玻璃器皿。进气口空气流量 300 ml/min,出气口联接 Tenax TA 吸附柱,用真空泵从柱后抽气,空气流量 250 ml/min。装入完整茶梢 200 g,抽气 24 h,用 800 μ l 重蒸正己烷淋洗,再用高纯氮将淋洗液吹扫至 200 μ l 备用。2 号——蚜害茶梢挥发物:收集方法同 1 号。3 号——用直径 7 cm 滤纸承接 500 头茶蚜 24 h 分泌的蜜露,剪其中 1.5 cm $\times$ 0.7 cm 小块作为味源。4 号——40 ppm 茶氨酸。5 号——将 5000 头茶蚜用 5 ml 重蒸正己烷漂洗 1 min,漂洗液经氮气吹扫至 1 ml;6 号——5000 头茶蚜用 5 ml 重蒸乙醚漂洗,方法同 5 号。7 号——将 5000 头萝卜蚜用 5 ml 重蒸正己烷漂洗,方法同 5 号。8 号——重蒸正己烷。

EAG 研究方法 触角电极电位仪由气流分配仪、多通道刺激仪、示波器、微电极交直流放大器、后置放大器、真空泵、触角操作器、参考电极、记录电极、屏蔽罩和计算机数据采集系统等组成^[8]。在 15 mm $\times$ 7 mm 滤纸正、反面各滴加 10 μ l 味源物,再把滤纸嵌入一个具磨口的玻璃刺激管,刺激管放入塑料管,密闭,置于冰柜中待用。实验时刺激管的磨口端接气流系统,出口对准触角,距离 2 cm 左右。由真空泵送气,流量 100 ml/min。刺激时间 0.1 s。间隔 30 s,通入新鲜空气以除去触角周围的味源气味。每种味源物刺激 10 只瓢虫触角。

1.3 茶园异色瓢虫显明变种和显现变种 EAG 和行为反应试验

EAG 剂量反应 方法同上,味源物为蚜害茶梢挥发物(另文发表)的主要组分芳樟醇、青叶醇、苯甲醛,测试浓度为 10^{-8} 、 10^{-7} 、 10^{-6} 、 10^{-4} 和 10^{-2} V/V。

选择反应 参照 Du 等(1996)的设计^[9],所用 Y 形嗅觉仪的 Y 管用无色玻璃制成,基部和两臂长 10 cm,夹角 90°,内径 1.0 cm。两臂依次接味源瓶(或 CK 瓶)、加湿瓶和活性炭过滤器。每次测试前分别将盛有 1 ml 味源溶液、对照溶液的开口的安瓿瓶置于味源瓶和 CK 瓶中。从 Y 管基部抽气,调节两臂流速都是 100 ml/min。抽气 10 s,从端口引入瓢虫再抽。每种味源逐头测 20 头,每测 10 头就用 95% 乙醇擦洗管内、外臂,烘干后调换两臂与味源和 CK 的连接位置,再测另外 10 头,以消除可能存在的两臂不对称所造成的误差。计算瓢虫对味源和 CK 的趋向率,趋向率间的差异做 χ^2 法测验。所用味源物:上述 1、2 号味源,1、2 号味源都含有的主要组分顺-3-己烯-1-醇、芳樟醇、香叶醇、2-戊烯-1-醇、1-戊烯-3-醇、顺-3-己烯乙酯、反-2-己烯醛、水杨酸甲酯、苯甲醛和苯甲醇,这 10 种单组分挥发物均为色谱纯,购自 Sigma Co.,以重蒸正己烷为溶剂,测试浓度 10^{-4} V/V。重蒸正己烷为 CK。

2 结果

2.1 3 种生境中异色瓢虫显明变种对几种利它素和互利素 EAG 反应的比较

结果表明,蚜害茶梢挥发物可引起茶、桑和菜园中显明变种强烈的 EAG 反应。茶蚜体表正己烷或者乙醚漂洗物、萝卜蚜体表正己烷漂洗物也都能明显地引起 3 种生境中显明变种的 EAG 反应。蜜露挥发性弱,并且滤纸条上蜜露的量很小,所引起的 EAG 反应很弱。蜜露主要含有几种氨基酸和糖分,茶氨酸是茶蚜的主要组分^[3],所用浓度远大于茶蚜自然分泌蜜露中的浓度,比滤纸条上蜜露引起的 EAG 反应值稍大。天敌对正常植株挥发物的反应通常弱于虫害植株,所以正常茶梢挥发物的 EAG 反应值明显小于蚜害茶梢。正己烷引起的 EAG 反应微弱。各味源之间 EAG 反应差异显著(图 1)。

同一种味源引起 3 种生境显明变种 EAG 反应强度差异的 Duncan 氏新复极差测验表明,对源自茶蚜(或茶树)的 1~6 号味源,茶园种群的 EAG 反应值大于桑园或菜园种群,除了蜜露和茶氨酸,差异均达显著水平;桑园种群的 EAG 值略大于菜园种群。对源于菜园萝卜蚜体表的 7 号味源,菜园种群反应值最大,桑园种群居中,茶园种群最小,差异显著。

2.2 茶园异色瓢虫 2 亚种对 3 种蚜害茶梢挥发物的 EAG 剂量反应及差异

苯甲醛引起的 EAG 反应最强,青叶醇的最弱,芳樟醇稍强于青叶醇。当味源的剂量减小时,EAG 反应值升高。两变种的 EAG 反应强度略有差异,其中以显明变种稍强(图 2)。

2.3 茶园异色瓢虫 2 亚种对完整和蚜害茶梢挥发物及其单组分的选择反应和差异

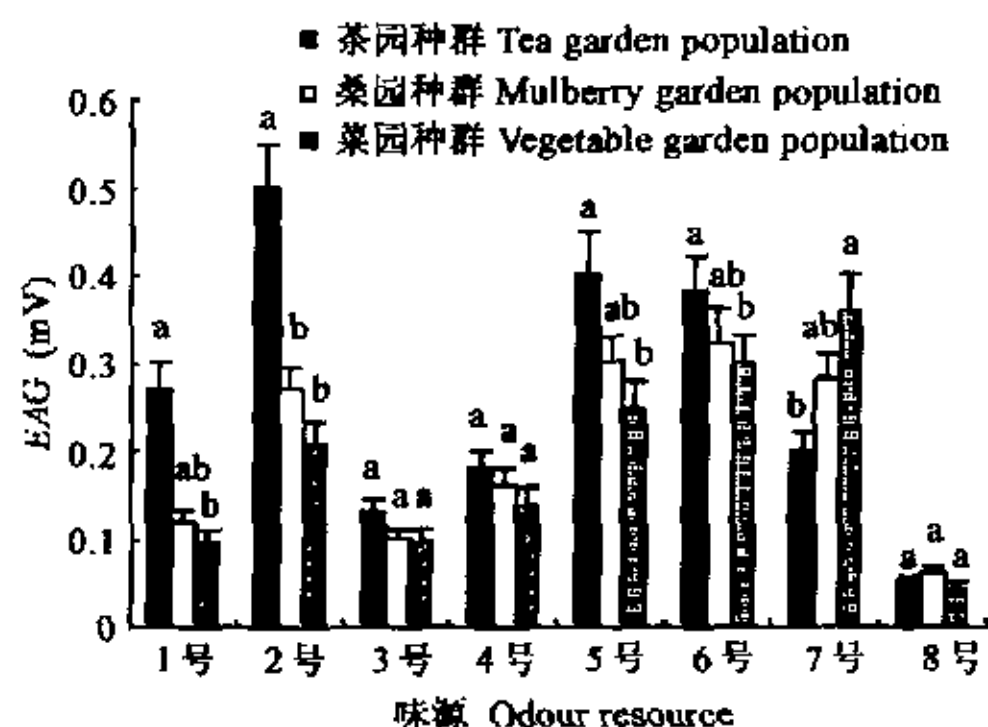


图 1 茶园、桑园和菜园异色瓢虫显明变种对几种蚜虫利它素和茶梢互利素的 EAG 反应

Fig. 1 EAG responses of *Leis axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* from tea, mulberry and vegetable gardens elicited by several kinds of aphid kairomones and tea plant synomones

1 号——完整茶梢挥发物 Intact tea shoot volatiles; 2 号——蚜害茶梢挥发物 Aphid-damaged tea shoot volatiles; 3 号——蜜露 Honeydew; 4 号—— 40×10^{-6} 茶氨酸 40×10^{-6} thea; 5 号——茶蚜体表正己烷漂洗物 Hexane rinse from *Toxoptera aurantii* body; 6 号——茶蚜体表乙醚漂洗物 Ether rinses from *Toxoptera aurantii* body surface; 7 号——萝卜蚜体表正己烷漂洗物 Hexane rinses from *Lipaphis erysimi* body surface; 8 号——正己烷 Hexane

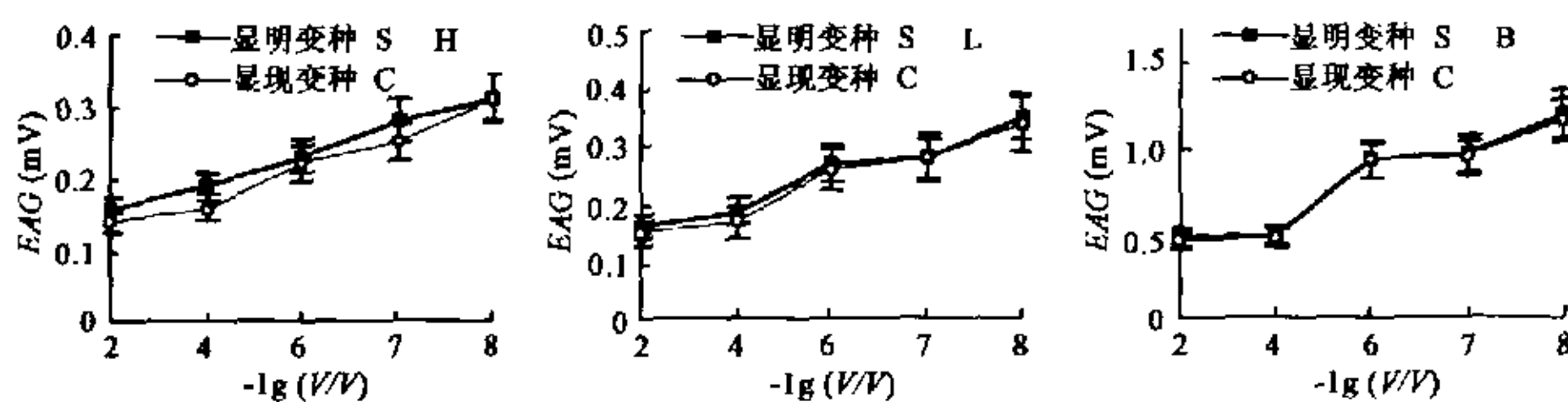


图 2 苯甲醛、芳樟醇和青叶醇引起茶园异色瓢虫 2 亚种 EAG 的剂量反应

Fig. 2 EAG dosage response of 2 varieties of *Leis axyridis* in tea garden elicited by benzaldehyde, linalool and Z-3-hexen-1-ol

S——显明变种 *L. axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* Faldermaenn; C——显现变种 *L. axyridis axyridis* (Pallas) ab. *conspicua* Faldermaenn; H——青叶醇 Z-3-hexen-1-ol; L——芳樟醇 Linalool; B——苯甲醇 Benzaldehyde

两亚种对 12 种挥发物的趋向率明显大于对 CK (正己烷)的趋向率,其中对蚜害茶梢挥发物、苯甲醛和反-2-己烯醛的趋向率与对 CK 趋向率之间的差异达显著或极显著水平。显明变种对青叶醇、芳樟醇、2-戊烯-1-醇、1-戊烯-3-醇和水杨酸甲酯的趋向率稍大于显明变种(图 3)。

3 讨论

与其它作物类似,天敌对完整茶树植株挥发物的反应较弱,而当茶树遭受蚜虫危害后即释放“求救信号”——互利素,以招来天敌除去蚜虫。蚜害茶梢挥发物可强烈地引起 3 种生境中显明变种的 EAG 反应,还可诱导茶园异色瓢虫 4 个变种的定向反应^[6],是天敌昆虫搜寻蚜虫的长距离信息物。蜜露对捕食性、寄生性天敌昆虫都具有引诱效应^[4,5,10,11],是一种接触性利它素。其中少数特异性组分的引诱效应更明显。比如,苯甲醛是茶梢次要的香气成分之一^[12],量微,但蚜害之后含量大增,本研究证实它对异色瓢虫两亚种都具有显著的活性。茶氨酸是茶蚜蜜露^[5]和茶梢的主要糖分^[12],EAG 试验证明其具有明显的活性。近年来的研究肯定了昆虫体表一些组分具有化学通讯作用。以正己烷漂洗椰树重要害虫 *Opisina arenosella* Walker 幼虫、预蛹和蛹的体表做为味源物,用 Y 管进行生测试验,发现这 3 种漂洗物分别对该害虫幼虫、预蛹和蛹的寄生蜂棱角肿腿蜂 *Goniozus nephantidis* (Muesebeck)、扁股小蜂 *Elasmus nephantidis* Rohwer 和金刚钻大腿小蜂 *Brachymeria nosatoi* Habu 具有较强烈的引诱效应,主要成分是有正十一烷、正十七烷、二十烷、十九烷、2,6,10,14-四甲基十五烷等烷烃和己烯-1-醇等^[13]。本文也证实了蚜虫体表具有吸引瓢虫的利它素,是一类近距离信息物,其化学组分另文报道。

茶园山常绿郁闭的茶树灌丛组成,生境稳定;菜园生境波动大;桑园由落叶的桑树灌丛组成,小气候的稳定性和昆虫区系的组成介于前二者之间。3 种生境中的猎物与捕食者长期共存,相互适应。每种生境中的捕食者“熟悉”其猎物的化学信息物,具有生境特异性。如果把茶园的显明变种饲养在菜园中,让其熟悉萝卜蚜气味,把菜园的显明变种饲养在茶园中感受茶蚜信息物,那么,经过一个时期的“学习”,原来的茶园显明变种对萝卜蚜利它素、原来的菜园显明变种对茶蚜利它素均可能趋于敏感。

茶园中显明变种比显明变种稍敏感,其原因可能是显明变种触角上化感器数量较多^[11],接收到的信息量较大,对气味的反应较强。

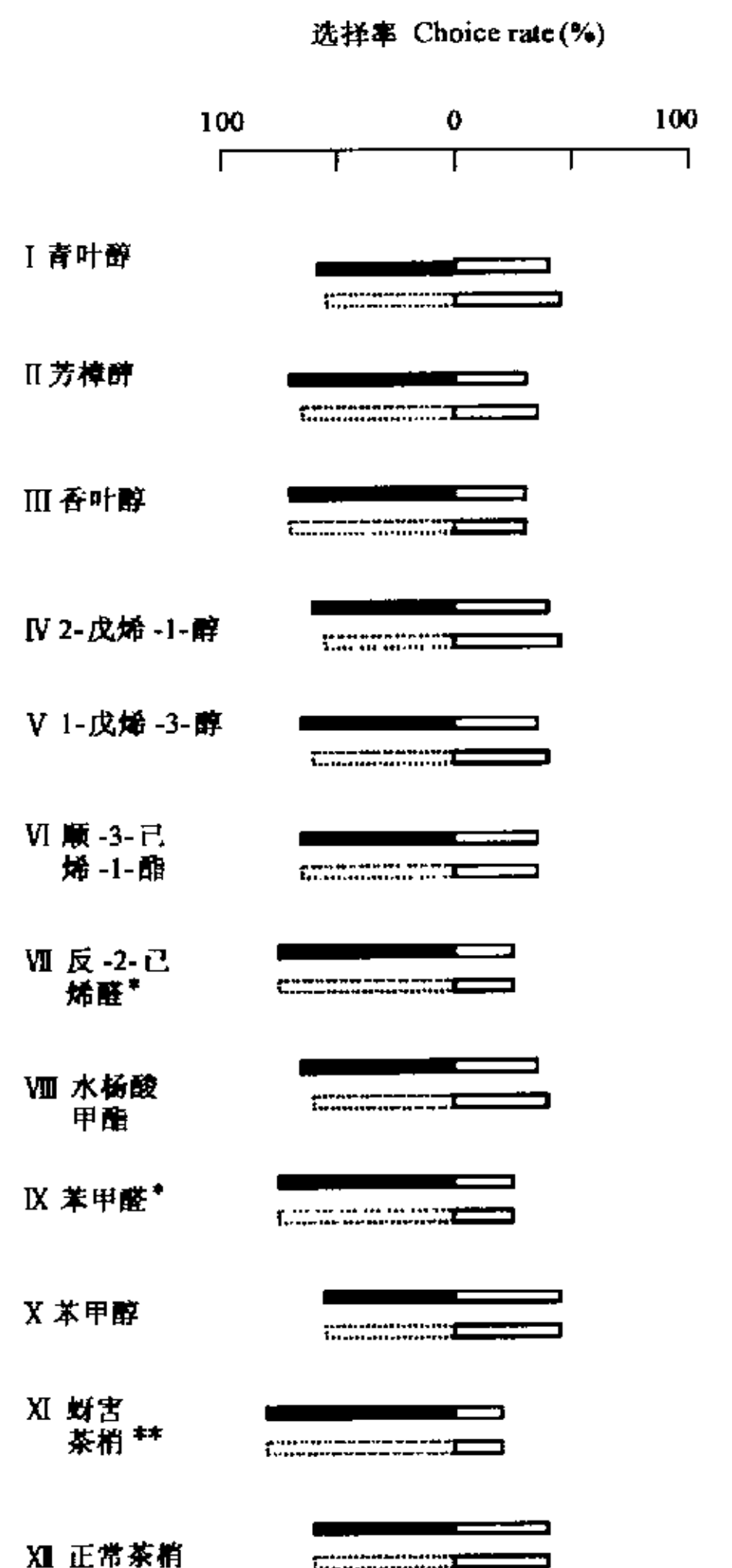


图 3 2 瓢虫变种对 12 种茶梢挥发物的趋向率及差异
Fig. 3 Difference in tendency percentages of 2 varieties of *L. axyridis* from tea garden to 12 kinds of volatiles
■ 显明变种对味源趋向率 Tendency percentage of *L. axyridis* (Pallas) var. *spectabilis* to odour resource;

□ 显明变种对正己烷趋向率 Tendency percentage of 2 varieties to hexane; * 显著 Significance; ** 极显著 Very significance

I — Z-3-hexen 1 ol; II — Linalool; III — Geraniol; IV — 2-penten 1-ol; V — 1-penten-3-ol; VI — Z-3-hexenyl acetate; VII — E-2-hexenal; VIII — Methyl salicylate; IX — Benzaldehyde; X — Benzyl alcohol; XI — Aphid damaged tea shoot volatiles; XII — Intact tea shoot volatiles

参考文献

- [1] 安徽农学院茶叶系. 茶树病虫害. 合肥:安徽科学技术出版社, 1980. 38~44.
- [2] Vison S B, Bin F, Vet L E M. Introduction; critical issues in host selection by insect parasitoids. *Biological Control*, 1998, **11**:77~78.
- [3] Du Y J, Poppy G M, Powell W, *et al.* Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid, *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology*, 1998, **24**(8):1355~1368.
- [4] Carter M C, Dixon A F G. Honeydew: an arrestant stimulus for coccinellids. *Ecological Entomology*, 1984, **9**:383~387.
- [5] 韩宝瑜, 陈宗懋. 七星瓢虫和异色瓢虫 4 变种成虫对茶蚜蜜露的搜索行为和蜜露的组分分析. *生态学报*, 2000, **20**(3): 199~206.
- [6] 韩宝瑜, 陈宗懋. 异色瓢虫 4 变种成虫对茶和茶蚜气味行为反应. *应用生态学报*, 2000, **11**(3): 413~416.
- [7] 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**: 122~129.
- [8] 吴才宏. 棉铃虫雄蛾触角的毛型感器对其性信息素组分及类似物的反应. *昆虫学报*, 1993, **36**(4):385~389.
- [9] Du Y J, Poppy G M, Powell W. Relative importance of semiochemicals from first and second trophic levels in host foraging behavior of *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology*, 1996, **22**(9):1591~1605.
- [10] Shaltiel L, Ayal Y. The use of kairomone for foraging decisions by an aphid parasitoid in small host aggregations. *Ecological Entomology*, 1998, **23**:319~329.
- [11] 韩宝瑜, 陈宗懋. 蚜茧蜂对不同味源的选择性. *茶叶科学*, 1999, **19**(1):29~31.
- [12] 王泽农. 茶叶生化原理. 北京:农业出版社, 1981. 41~54.
- [13] Bakthavatsalam N, Singh S P, Tandon P L, *et al.* Behavioural responses of key parasitoids of *Opisina arenosella* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) to the kairomones. *Journal of Biological Control*, 1999, **13**(1):7~14.
- [14] 韩宝瑜, 陈宗懋, 王 梅. 七星瓢虫和异色瓢虫 3 变种成虫触角感器扫描电镜观察. *华东昆虫学报*, 2000, **9**(1): 24~28.