

DOI: 10.5846/stxb201312222999

钮羽群, 潘铖, 王梦馨, 周宁宁, 张新亭, 崔林, 陈学新, 韩宝瑜. 显著调控假眼小绿叶蝉行为的迷迭香挥发物鉴定. 生态学报, 2014, 34(19): 5477-5483.

Niu Y Q, Pan C, Wang M X, Zhou N N, Zhang X T, Cui L, Chen X X, Han B Y. Identification of volatile compounds from rosemary that significantly affect the tea green leafhopper behavior. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(19): 5477-5483.

显著调控假眼小绿叶蝉行为的迷迭香挥发物鉴定

钮羽群¹, 潘 铖¹, 王梦馨¹, 周宁宁¹, 张新亭¹, 崔 林¹, 陈学新², 韩宝瑜^{1,*}

(1. 中国计量学院浙江省生物计量及检验检疫技术重点实验室, 杭州 310018; 2. 浙江大学昆虫科学研究所, 杭州 310058)

摘要:茶园生态系中生长着众多草本和木本植物, 迷迭香就是其中常见的木本杂草。以其幼嫩部分为味源、茶园重要害虫假眼小绿叶蝉为试虫, 用 Y 形管嗅觉仪做行为测定, 以洁净空气为 CK, 发现随着味源剂量增加, 其引诱的假眼小绿叶蝉数增至一个数值再减少, 二者呈抛物线关系。从迷迭香挥发物中鉴定出 46 种化合物, 包含醇类 9 种、酮类 4 种、酯类 4 种、酸类 1 种、烯炔类 18 种、烷烃类 7 种、醚类 1 种、醛类 1 种和酚类 1 种。醇类含量最大, 占总量 52.20%; 单组分中桉树脑、左旋 α -蒎烯和马鞭草烯酮的含量最大, 分别占总量的 42.54%、10.37% 和 6.82%。使用迷迭香挥发物中含量较大的 25 种组分为味源, 每味源配制几种剂量, 以正己烷为 CK, 用 Y 形管嗅觉仪进行行为测定, 发现 10^{-2} g/mL 樟脑、 10^{-4} g/mL 石竹烯、 10^{-6} g/mL 和 10^{-8} g/mL α -水芹烯、 10^{-4} g/mL 和 10^{-10} g/mL α -松油醇、 10^{-10} g/mL 和 10^{-8} g/mL 桉树脑显著引诱假眼小绿叶蝉; 而 10^{-10} g/mL β -蒎烯显著排斥假眼小绿叶蝉。经分析认为: 茶园中除了茶树之外, 还有其它植物挥发物引诱假眼小绿叶蝉, 可为筛选茶园中诱虫植物提供参考。

关键词:迷迭香; 挥发物; 假眼小绿叶蝉; 引诱; 诱虫植物

Identification of volatile compounds from rosemary that significantly affect the tea green leafhopper behavior

NIU Yuqun¹, PAN Cheng¹, WANG Mengxin¹, ZHOU Ningning¹, ZHANG Xinting¹, CUI Lin¹, Chen Xuexin², Han Baoyu^{1,*}

1 Zhejiang Provincial Key Laboratory of Biometrology and Inspection & Quarantine, College of Life Sciences of China Jiliang University, Hangzhou 310018, China

2 Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

Abstract: There exist the various herbaceous and woody plants in tea plantation ecosystem, among which the rosemary is a common woody plant species. Potential effect of volatiles from tender rosemary shoots with fresh leaves on the tea green leafhopper behavior was assayed using Y-tube olfactometer against the clear air as CK. The result showed that the numbers of the tea green leafhoppers to choose the rosemary odor source firstly increased as the increase of odor dosage, and then reduced as further increase of the odor dosage in a parabolic curve-like relationship. 46 volatile compounds were identified from the rosemary shoots with fresh leaves, including 9 alcohols, 4 ketones, 4 esters, 1 acid, 18 alkenes, 7 alkanes, 1 ether, 1 aldehyde and 1 phenol. Alcohol was the major volatile group with 52.20% of the total amount. Eucalyptol, 1s- α -pinene and verbenone were three major components, accounting for 42.54%, 10.37% and 6.82% of the total content, respectively. From the identified rosemary volatile compounds, 25 synthetic candidates representing all the major and some minor components were tested in Y-tube tube olfactometer in several dosages on the tea green leafhoppers against hexane as CK. 10^{-2} g/mL camphor, 10^{-4} g/mL caryophyllene, 10^{-6} g/mL and 10^{-8} g/mL α -phellandrene, 10^{-4} g/mL and 10^{-10} g/mL

基金项目: 973 项目(2013CB127600); 国家自然科学基金课题(31071744); 浙江省教育厅课题(Y201329611)

收稿日期: 200-00-00; 网络出版日期: 2014-05-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: han-insect@263.net

α -terpineol, 10^{-10} g/mL and 10^{-8} g/mL eucalyptol displayed a significant attraction to the leafhopper, whereas 10^{-10} g / mL β -pinene showed a significant repellency. Thus, it is possible that other plant species in the tea plantation community might be also attractive the tea green leafhoppers, which can be considered as candidate plant species for screening the effective trap plants.

Key Words: rosemary; volatiles; tea green leafhopper; attraction; trap plant

自 20 世纪 50 年代以来,假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* Göthe 就成为中国大陆茶园优势种害虫,以成虫和若虫刺吸为害茶树嫩梢,雌虫还产卵于嫩茎中破坏输导组织,致芽、叶失水枯萎,茶梢生长停滞,茶叶产量减少;以这样的茶梢加工而成的商品茶品质劣变,产值下降。几十年来对于假眼小绿叶蝉主要采用化学防治,许多茶区每年施药 10 多次,已造成假眼小绿叶蝉对吡虫啉达中抗、对啉虫脒和联苯菊酯达高抗水平^[1]。而在 20 世纪 50 年代以前,我国茶园面积小,零散,基本上分布于山地、丘陵,茶树与杂草、小灌木和乔木混生在一起,不需要防治害虫,假眼小绿叶蝉只是杂草和灌丛上的一种多食性害虫,取食茶树和其它寄主植物。如能从山林中筛选出显著引诱该叶蝉的植物,并将其作为诱虫植物种植于茶园,将会分散假眼小绿叶蝉叶蝉对于茶树的注意力、减轻为害程度。

斯里兰卡在茶园中种植诱虫植物,先将害虫引诱过来取食以分散其注意力而减少对于茶树的为害,再将害虫毒杀,以下几种植物就被用来诱杀线虫,即 *Tagetes* sp., *Arachis pintoi*, *Eragrostis curvula*, *Tithonia diversifolia*, *Wedelia trilobata*, *Vetiveria zizanioides*^[2-3]。植物 *Gliricidia sepium* 的腐烂部分强烈引诱茶园白蚁成虫飞来产卵,再将孵化的若虫杀死^[4]。南印度茶园中放置热带雨林植物中的菊科观赏植物 *Montanoa bipinnatifida* 的树枝,强烈地诱捕重要茶树害虫茶枝小蠹虫 *Xyleborus fornicatus* 等^[5]。我国茶-林-草生态系统中自然生长的迷迭香 *Rosmarinus officinalis*。茶农们注意到少数有机茶园的园边条状种植迷迭香之后,假眼小绿叶蝉的危害程度有所减轻。那么迷迭香挥发物能够引诱或排斥假眼小绿叶蝉?为检测迷迭香挥发物是否能够调控假眼小绿叶蝉的行为,本研究分离鉴定了迷迭香挥发物,选择其中含量较大的成分作为味源进行行为测定以检测活性。

1 材料与方法

1.1 迷迭香植株挥发物对于假眼小绿叶蝉的引诱效应

1.1.1 味源

供试迷迭香植株自然生长于杭州市梅家坞山林中,与茶树混生。取其幼嫩部分作为味源材料,设 1、2、3、5、7、9 g 共 6 个剂量,每个剂量重复测试 5 次。以洁净空气为 CK。

1.1.2 供试昆虫

从中国计量学院茶园收集雌、雄假眼小绿叶蝉成虫,放在养虫笼内的盆栽茶树上饲养,让其自由交尾、产卵。卵孵化为若虫成长为 3 龄时作为试虫。试验前取 3 龄若虫于试管中禁食半小时。

1.1.3 Y 形管嗅觉仪及生物测定程序

Y 形管由无色透明玻璃制成,两臂与基部长度均为 10 cm,内径为 1.0 cm,两臂夹角为 90°。两臂分别连接味源瓶(或对照瓶)、加湿瓶、空气过滤瓶(装满已活化的活性炭)和流量计,各部件之间均用 Teflon 管连接^[6]。

测定时,调节两臂流量为 100 mL/min,每次测定前先抽气 10 min,使 Y 形管味源臂中充满挥发性信息物质。测试时用指形管将 1 头 3 龄假眼小绿叶蝉从 Y 形管基部引入,当假眼小绿叶蝉逆风进入 Y 形管一臂并爬行 5 cm 则计数。每种剂量重复测试 5 次,每次测试 20 头,每测试 10 头,则用 75% 乙醇擦洗 Y 形管内外壁,烘干,调换 Y 形管两臂与味源瓶和对照瓶的连接位置,以消除 Y 形管可能的不对称而造成的影响。每头假眼小绿叶蝉只用一次。

每个剂量测试完后,将 Y 形管、味源瓶、对照瓶、加湿瓶用重铬酸钾清洗,100℃ 烘箱烘干,活性炭置于 100℃ 烘箱内活化 4 h 解吸附,清除吸附的气体,备用。

生物测定在暗室内执行,在 Y 形管上方 1.5 m

有1 盏5 W 白炽灯提供照明,测试时间 8:00 至 16:00,这期间假眼小绿叶蝉比较活跃。室温 26℃,相对湿度 70%。

1.2 迷迭香植株挥发物的分离鉴定

1.2.1 迷迭香植株挥发物的提取

参照 Mu 等^[6]的方法,剪取 25 g 迷迭香嫩茎放入玻璃质地的圆柱体,该圆柱体由两部分组成,可以紧密磨合,也可打开,放入新鲜嫩茎之后拧紧。圆柱体两端有一个进气口和出气口,进气口依次连接空气过滤器(装满已活化的活性炭)和流量计,出气口依次连接 Super Q 吸附柱(100 mg)、吸水装置、气泵,各部分用 Teflon 管连接。抽气 12 h 后,取下 Super Q 吸附柱,用 600 μL 色谱纯正己烷淋洗,淋洗下的溶液接入棕色小瓶中,并加入 10 μL 10^{-4} g/mL 癸酸乙酯作为内标,摇匀后使用微量进样器吸取 1 μL 注入气质联用仪。

1.2.2 GC-MS 测定程序

本实验所采用的 GC-MS 仪器型号为气相色谱 Agilent GC(6890N)联 MS(5975B)检测器。色谱柱:30.0 m $\times$ 250 μm $\times$ 0.25 μm id HP-5MS 石英毛细管柱。不分流进样;恒定流量,流量为 1.0 mL/min。溶剂延迟 3 min。进样口温度 250℃,GC-MS 接口温度 280℃。程序升温:柱温 50—190℃,起始 50℃,保持 5 min,再以 3.5℃/min 速度升至 141℃,再以 2℃/min 升至 171℃,最后以 3.5℃/min 速度升至 190℃,在 190℃保持 5 min。EI 离子源,电离能 70eV,使用全扫描,扫描频率为 2 次/s。载气为 99.999% 的氮气。

定性方法:(1)根据同样的测试程序向 GC-MS 注入标准化合物,根据标准化合物在 GC-MS 上的保留时间确定样品中的组分;(2)根据样品组分的质谱图与 GC-MS 化学工作站中标准物图谱的匹配度;(3)根据相关文献^[7-8]。定量方法:依据样品组分的峰面积对于内标峰面积的比例进行相对定量。

1.3 室内 Y 形管嗅觉仪检测迷迭香挥发物主要成分对于叶蝉的引诱活性

从鉴定的迷迭香挥发物中选出含量较大的 25 种组分(表 2):①每种成分的含量占检出的 46 种化合物的总量>0.7%,即桉树脑、 α -蒎烯、马鞭草烯酮、3-萜烯、月桂烯、茨醇、石竹烯、异松油烯、樟脑、 β -蒎烯、芳樟醇、乙酸龙脑酯、4-萜烯、 α -松油醇、 α -水芹

烯、蒎烯、松油醇;②在相关文献中已报道的引诱或排斥某些昆虫的化合物,如香叶醇、丁香酚甲醚、香叶醛、乙酸橙花酯、香茅醇、罗勒烯、马鞭草烯醇、龙蒿脑。

以正己烷为溶剂,分别将 25 种成分配成 10^{-6} g/mL 、 10^{-4} g/mL 和 10^{-2} g/mL 3 种剂量。吸取 1mL 每种剂量的溶液作为味源,再吸取正己烷 1mL 作为 CK,于室内做行为测定。经测定发现具有显著引诱或排斥活性的组分,再将其配成 10^{-8} g/mL 和 10^{-10} g/mL 两种剂量继续测定。试虫和测定程序同“1.1.3”,以正己烷为 CK。

2 结果和分析

2.1 迷迭香植株挥发物引诱假眼小绿叶蝉若虫

假眼小绿叶蝉进入 Y 形管基部后会逆风爬行,部分个体直线爬行,有些个体则会沿着管壁螺旋式前进,还有些个体会无规则的在管壁内来回爬行,少部分个体会返回基部,根据“1.1.3”中的测定程序记录有效的试验数据。

每个剂量的迷迭香植株散发的挥发物皆呈现引诱假眼小绿叶蝉的效应,且随着迷迭香剂量的增加,诱来的假眼小绿叶蝉数量也增加;而当剂量超过某个数值时,诱来的叶蝉数量呈现减小趋势。当迷迭香剂量(x)为 1、2、3、5、7、9 g 时,选择味源的假眼小绿叶蝉平均数(y)相应地为 10.5、11.25、12.25、12.75、12.50、12.00 头,二者呈抛物线关系 $y = -0.0943x^2 + 1.1141x + 9.5169$, $R^2 = 0.9666$ ($P < 0.05$)。

2.2 迷迭香植株挥发物的组成和含量

从迷迭香挥发物中共检测出 46 种挥发性化合物(图 1、表 1),包含醇类 9 种、酮类 4 种、酯类 4 种、酸类 1 种、烯烃类 18 种、烷烃类 7 种、醚类 1 种、醛类 1 种和酚类 1 种。这 9 类化合物中,醇类的含量最大,占总含量的 52.20%,其次分别是烯烃(34.51%)、酮(10.06%)、酯(1.84%)、烷烃(0.57%)、醚(0.48%)、醛(0.22%)和酚(0.07%),含量最少的是酸(0.04%)。在这 46 种挥发物组分中桉树脑的含量最大,占总含量的 42.54%,其次是左旋 α -蒎烯(10.37%),再次是马鞭草烯酮(6.82%)。

2.3 迷迭香挥发物中显著引诱或排斥假眼小绿叶蝉的成分

χ^2 测验结果表明: 10^{-2} g/mL 樟脑、 10^{-4} g/mL 石竹烯、 10^{-6} g/mL 和 10^{-8} g/mL α -水芹烯, 以及 10^{-4} g/

mL 和 10^{-10} g/mL α -松油醇、 10^{-10} g/mL 和 10^{-8} g/mL 桉树脑共 8 个剂量对假眼小绿叶蝉具有显著引诱效应; 然而, 10^{-10} g/mL β -蒎烯显著排斥假眼小绿叶蝉 (表 2)。

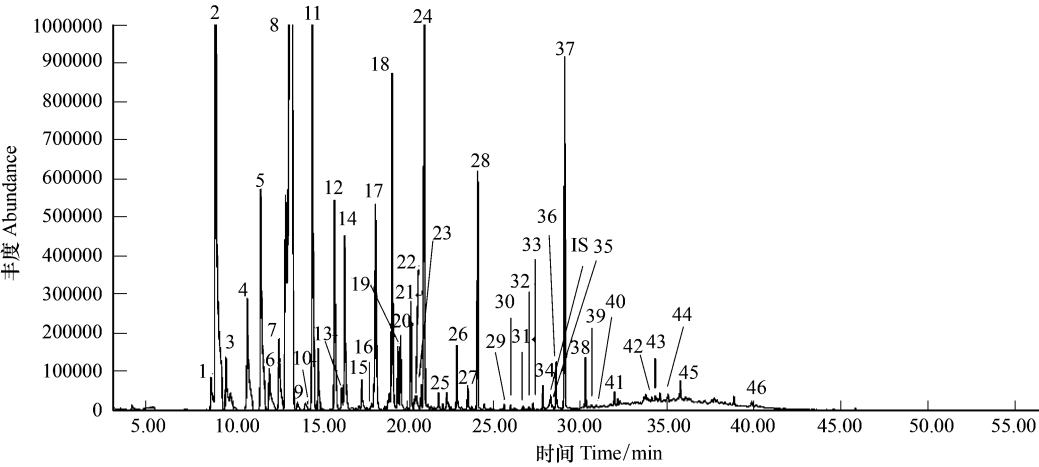


图 1 迷迭香挥发物总离子流色谱图
Fig.1 Total ion flow chromatography of volatiles from rosemary

表 1 迷迭香挥发物中各组分及其相对于内标的量

Table 1 Various components in volatiles from rosemary and their relative contents against internal standard				
峰号 Peak number	保留时间/min Retention time	挥发性成分 Volatile component	分子式 Molecular formula	相对于内标的量 Relative content against internal standard/%
1	8.740	侧柏烯	C ₁₀ H ₁₆	2.24
2	9.009	1S- α -蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	56.97
3	9.598	茨烯	C ₁₀ H ₁₆	4.06
4	10.823	β -蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	13.53
5	11.607	β -月桂烯	C ₁₀ H ₁₆	24.01
6	12.093	α -水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	5.17
7	12.654	4-萜烯	C ₁₀ H ₁₆	7.44
8	13.409	桉树脑	C ₁₀ H ₁₈ O	233.76
9	13.718	1R- α -蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	0.55
10	14.165	罗勒烯	C ₁₀ H ₁₆	0.71
11	14.582	3-萜烯	C ₁₀ H ₁₆	33.80
12	15.853	异松油烯-	C ₁₀ H ₁₆	16.79
13	16.264	顺式 β -松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	1.16
14	16.436	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	13.05
15	17.415	5-(1,1-二甲基)-1,3-环戊二烯	C ₉ H ₁₄	1.73
16	18.153	马鞭草烯醇	C ₁₀ H ₁₆ O	0.44
17	18.216	樟脑	C ₁₀ H ₁₆ O	13.57
18	19.177	茨醇	C ₁₀ H ₁₈ O	23.09
19	19.492	松茨酮	C ₁₀ H ₁₆ O	3.66
20	19.652	松油醇	C ₁₀ H ₁₆ O	4.02
21	20.241	α -松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	7.27
22	20.567	龙蒿脑	C ₁₀ H ₁₂ O	0.38
23	20.831	乙酸异冰片酯	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	1.15
24	21.042	马鞭草烯酮	C ₁₀ H ₁₄ O	37.47
25	21.838	香茅醇	C ₁₀ H ₂₀ O	0.86

峰号 Peak number	保留时间/min Retention time	挥发性成分 Volatile component	分子式 Molecular formula	相对于内标的量 Relative content against internal standard/%
26	22.885	香叶醇	C ₁₀ H ₁₈ O	3.21
27	23.509	香叶醛	C ₁₀ H ₁₆ O	1.23
28	24.092	乙酸龙脑酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	7.50
29	25.608	乙酸桃金娘烯酯	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	0.29
30	25.975	2-菠烯	C ₁₀ H ₁₆	0.22
31	26.701	香叶烯	C ₁₀ H ₁₈	0.19
32	27.039	葑烯	C ₁₀ H ₁₆	0.18
33	27.268	香芹萜	C ₁₀ H ₁₆	0.36
34	27.834	乙酸橙花酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	1.17
IS	28.275	癸酸乙酯	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1
35	28.395	十四烷	C ₁₄ H ₃₀	0.13
36	28.595	丁香酚甲醚	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	2.62
37	29.093	石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	19.13
38	30.283	α-石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	2.57
39	30.661	三十五烷	C ₃₅ H ₇₂	0.29
40	30.901	2-十四基,甲氧基乙酸	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.24
41	31.954	十五烷	C ₁₅ H ₃₂	0.84
42	34.100	4-甲基十二烷	C ₁₃ H ₂₈	0.23
43	34.300	二十四烷	C ₂₄ H ₅₀	0.21
44	35.027	4-(5,5-二甲基-1-氧杂螺[2.5] 辛-4-基),3-丁烯\2-酮	C ₁₃ H ₂₀ O ₂	0.55
45	35.736	十六烷	C ₁₆ H ₃₄	1.09
46	39.845	十七烷	C ₁₇ H ₃₆	0.35

表 2 Y 管嗅觉仪检测的迷迭香挥发物中 25 种主要成分吸引或排斥假眼小绿叶蝉的活性

Table 2 Attracting or repelling activity of 25 main components in volatiles from rosemary to green leaf hoppers based on Y-tube olfactometer

组分 Component	味源 Dosage	选择味源的 叶蝉数 Number of leafhoppers to choose odors	选择 CK 的 叶蝉数 Number of leafhoppers to choose CK	显著性 Significant (*)	组分 Component	味源 Dosage	选择味源的 叶蝉数 Number of leafhoppers to choose odors	选择 CK 的 叶蝉数 Number of leafhoppers to choose CK	显著性 Significant (*)
1R-α-蒎烯	10 ⁻⁶ g/mL	10	10		3-蒎烯 3-Carene	10 ⁻⁶ g/ mL	11	9	
1R-α-Pinene	10 ⁻⁴ g/ mL	9	11			10 ⁻⁴ g/ mL	10	10	
	10 ⁻² g/ mL	9	11			10 ⁻² g/ mL	9	11	
莰烯 Camphene	10 ⁻⁶ g/ mL	12	8		乙酸橙花酯	10 ⁻⁶ g/ mL	10	10	
	10 ⁻⁴ g/ mL	9	11		2,6-Octadien-1-ol,	10 ⁻⁴ g/ mL	12	8	
	10 ⁻² g/ mL	10	10		3,7-dimethyl-acetate	10 ⁻² g/ mL	8	12	
4-蒎烯	10 ⁻⁶ g/ mL	13	7		丁香酚甲醚	10 ⁻⁶ g/ mL	13	7	
4-Carene	10 ⁻⁴ g/ mL	11	9		Benzene, 1,2-	10 ⁻⁴ g/ mL	12	8	
	10 ⁻² g/ mL	12	8		dimethoxy-4-(2-propenyl)-	10 ⁻² g/ mL	13	7	
马鞭草烯酮	10 ⁻⁶ g/ mL	10	10		茨醇 Borneol	10 ⁻⁶ g/ mL	14	6	
Verbenone	10 ⁻⁴ g/ mL	10	10			10 ⁻⁴ g/ mL	13	7	
	10 ⁻² g/ mL	11	9			10 ⁻² g/ mL	11	9	
松油醇	10 ⁻⁶ g/ mL	13	7		香茅醇	10 ⁻⁶ g/ mL	13	7	
4-Carvomenthenol	10 ⁻⁴ g/ mL	12	8		β-Citronellol	10 ⁻⁴ g mL	14	6	
	10 ⁻² g/ mL	11	9			10 ⁻² g/ mL	14	6	

续表

组分 Component	味源 Dosage	选择味源的叶蝉数 Number of leafhoppers to choose odors	选择 CK 的叶蝉数 Number of leafhoppers to choose CK	显著性 Significant (*)	组分 Component	味源 Dosage	选择味源的叶蝉数 Number of leafhoppers to choose odors	选择 CK 的叶蝉数 Number of leafhoppers to choose CK	显著性 Significant (*)
香叶醇 Geraniol	10 ⁻⁶ g/ mL	9	11	*	香叶醛	10 ⁻⁶ g/ mL	11	9	
	10 ⁻⁴ g/ mL	8	12		2,6-Octadienal,	10 ⁻⁴ g/ mL	10	10	
	10 ⁻² g/ mL	11	9		3,7-dimethyl	10 ⁻² g/ mL	12	8	
乙酸龙脑酯	10 ⁻⁶ g/mL	13	7		异松油烯	10 ⁻⁶ g/ mL	13	7	
Bornyl acetate	10 ⁻⁴ g/mL	7	13		Cyclohexene, 1-	10 ⁻⁴ g/ mL	11	9	
	10 ⁻² g/mL	10	10		(methyl-4-1-methylethylidene)	10 ⁻² g/ mL	10	10	
罗勒烯 Ocimene	10 ⁻⁶ g/ mL	11	9		龙蒿脑	10 ⁻⁶ g/ mL	14	6	
	10 ⁻⁴ g/ mL	9	11		4-Allylanisole	10 ⁻⁴ g/ mL	12	8	
	10 ⁻² g/ mL	14	6			10 ⁻² g/ mL	11	9	
β-蒎烯	10 ⁻¹⁰ g/ mL	5	15		桉树脑	10 ⁻¹⁰ g/ mL	15	5	
β-Pinene	10 ⁻⁸ g/ mL	10	10		Eucalyptol	10 ⁻⁸ g/ mL	15	5	
	10 ⁻⁶ g/ mL	13	7			10 ⁻⁶ g/ mL	12	8	
	10 ⁻⁴ g/ mL	8	12			10 ⁻⁴ g/ mL	12	8	
	10 ⁻² g/ mL	8	12			10 ⁻² g/ mL	14	6	
马鞭草烯醇	10 ⁻¹⁰ g/ mL	10	10		石竹烯	10 ⁻¹⁰ g/ mL	10	10	
Verbenol	10 ⁻⁸ g/ mL	10	10		Caryophyllene	10 ⁻⁸ g/ mL	12	8	
	10 ⁻⁶ g/ mL	7	13			10 ⁻⁶ g/ mL	10	10	
	10 ⁻⁴ g/ mL	8	12			10 ⁻⁴ g/ mL	15	5	
	10 ⁻² g/ mL	13	7			10 ⁻² g/ mL	11	9	
樟脑 Camphor	10 ⁻¹⁰ g/ mL	12	8		芳樟醇 Linalool	10 ⁻¹⁰ g/ mL	13	7	
	10 ⁻⁸ g/ mL	14	6			10 ⁻⁸ g/ mL	10	10	
	10 ⁻⁶ g/ mL	12	8			10 ⁻⁶ g/ mL	14	6	
	10 ⁻⁴ g/ mL	12	8			10 ⁻⁴ g/ mL	11	9	
	10 ⁻² g/ mL	15	5			10 ⁻² g/ mL	7	13	
α-松油醇	10 ⁻¹⁰ g/ mL	15	5	*	α-水芹烯	10 ⁻¹⁰ g/ mL	12	8	
α-Terpineol	10 ⁻⁸ g/ mL	13	7		α-Phellandrene	10 ⁻⁸ g/ mL	15	5	
	10 ⁻⁶ g/ mL	13	7			10 ⁻⁶ g/ mL	15	5	
	10 ⁻⁴ g/ mL	15	5			10 ⁻⁴ g/ mL	12	8	
	10 ⁻² g/ mL	12	8			10 ⁻² g/ mL	11	9	
β-月桂烯	10 ⁻¹⁰ g/ mL	9	11						
β-Myrcene	10 ⁻⁸ g/ mL	9	11						
	10 ⁻⁶ g/ mL	7	13						
	10 ⁻⁴ g/ mL	11	9						
	10 ⁻² g/ mL	11	9						

3 讨论

本研究先以迷迭香植株为味源,设计多个剂量,做行为测定,发现植株气味明显地引诱假眼小绿叶蝉。再选其中含量较大的 25 种组分,每组分配制成数个剂量,发现 8 种供试味源 10⁻²g/mL 樟脑、10⁻⁴g/

mL 石竹烯、10⁻⁶g/mL α-水芹烯、10⁻⁸g/mL α-水芹烯、10⁻⁴g/mL α-松油醇、10⁻¹⁰g/mL α-松油醇、10⁻¹⁰g/mL 桉树脑和 10⁻⁸g/mL 桉树脑显著地引诱假眼小绿叶蝉。在 β-蒎烯 5 个剂量的味源中,随着剂量的递减,10⁻²g/ mL 和 10⁻⁴g/ mL 有排斥活性,10⁻⁶g/mL 有明显引诱效应,10⁻⁸g/ mL 无引诱或排斥活性,

10^{-10} g/mL 有显著排斥效应;选择味源的假眼小绿叶蝉数量与供试味源剂量成抛物线关系,引诱性或排斥性则为供试剂量所左右。其它味源绝大多数呈现明显的引诱活性(表 2)。本组还用 Y 形管嗅觉仪检测迷迭香幼嫩枝叶对于茶尺蠖 *Ectropis obliqua* 成虫的引诱或排斥活性,当供试枝叶剂量 < 7.5 g 时,有引诱效应;当枝叶剂量 > 7.5 g 时,有排斥效应,当供试枝叶剂量 ≥ 30 g 时,排斥效应达显著水平^[9]。Zhang 等认为迷迭香气味排斥茶尺蠖成虫^[10-11]。就迷迭香挥发物影响某些昆虫的行为而言,在一定时空条件下迷迭香气味引诱性或排斥性是因昆虫种类、因供试剂量而异的;对于假眼小绿叶蝉而言,迷迭香气味中大多数组分具有明显以至于显著引诱活性、极少数具有排斥活性。迷迭香挥发物主要成分对假眼小绿叶蝉具有明显的引诱效应。

由于是初次探讨迷迭香气味中单成分对于假眼小绿叶蝉的引诱活性,本研究仅使用其中含量较大的 25 种组分作为味源。其中含量较少的成分可能也有引诱性,本组还在继续检测含量小的成分对于假眼小绿叶蝉的引诱活性。Y 形管嗅觉仪简便易操作,在许多行为测定中使用,本研究也选用了 Y 形管。假眼小绿叶蝉成虫善爬善跳,若虫虽然也比较机敏,但远没有成虫敏捷、快速。为了使供试昆虫更多地感受味源,再做出选择,本研究就选用了若虫进行试验。赵冬香等使用 T 形室测定假眼小绿叶蝉成虫对于植株气味或单个化合物的趋性,效果很好^[12],在以后的行为测定试验中可借鉴 T 形室测试方法^[12]。本组已将本研究确定的引诱假眼小绿叶蝉 8 种味源按不同的比例配成混合物,加入增效组分和保护成分,于茶园中进行引诱效果检测,期望筛选出高效的假眼小绿叶蝉引诱剂。

由于产地、时间、品种和提取方法的不同,获得某种植物挥发物(香精油)的质和量会有差异。本文使用常规的动态吸附法,吸附的迷迭香精油主要成分与水蒸馏法提取的迷迭香精油主要成分基本一致^[7-8],也说明了本方法具有可信度。

References:

- [1] Zhang J X, Fu J W, Su Q Q, Li J Y, Zhan Z X. The regional diversity of resistance of tea green leafhopper, *Empoasca vitis* (Göthe), to insecticides in Fujian province. Journal of Tea Science, 2009, 29: 154-158.
- [2] Gnanapragasam N C. The influence of cultivating *Eragrostis curvula* in nematode infested soil, on the development on the subsequent build-up of populations in replanted tea. Tea Quarterly, 1981, 50: 160-162.
- [3] Gnanapragasam N C. Plant derivatives in managing nematodes attacking tea in Sri Lanka. International Journal of Nematology, 1997, 7(1): 111-112.
- [4] Sivapalan P, Seneratne K A D W, Karunaratne A A C K. Observations on the occurrence and behavior of Live wood termites (*Glyptotermes dilatatus*) in low-country tea fields. PANS, 23 (1): 5-8.
- [5] UPASI Tea Research Institute Website 2009. <http://www.upasitearesearch.org>.
- [6] Mu D, Cui L, Ge J, Wang M X, Liu L F, Yu X P, Zhang Q H, Han B Y. Behavioral responses for evaluating the attractiveness of specific tea shoot volatiles to the tea green leafhopper, *Empoasca vitis*. Insect Science, 2012, 19 (2): 229-238.
- [7] Ojeda-Sana A M, van Baren C M, Elechosa M A, Juárez M A, Moreno S. New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components. Food Control, 2013, 31: 189-195.
- [8] Ait-Ouazzou A, Lorün S, Bakkali M, Laglaoui A, Rota C, Herrera A, Pagón R, Conchello P. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* from Morocco. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2011, 91: 2643-2651.
- [9] Jiang L R, Liu S A, Han B Y, Ouyang L M. Effect of odours from seven species of host and non-host plants on the adult behaviour of the tea geometrid, *Ectropis oblique* (Prout). Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(18): 4993-5000.
- [10] Zhang Z Q, Sun X L, Luo Z X, Gao Y, Bian L, Chen Z M. Effect of odors from different aromatic plants and extracts on the behavior of tea geometrid, *Ectropis oblique* (Prout). Acta Phytolacica Sinica, 2012, 39 (6): 541-548.
- [11] Zhang Z Q, Sun X L, Xin Z J, Luo Z X, Gao Y, Bian L, Chen Z M. Identification and field evaluation of non-host volatiles disturbing host location by the tea geometrid, *Ectropis obliqua*. Journal of Chemical Ecology, 2013, 39: 1284-1296.
- [12] Zhao D X, Gao J L, Chen Z M, Chen J A, Xu H H. Orientation response of *Empoasca vitis* to tea shoots volatiles. Journal of South China Agricultural University (Natural Science Edition), 2002, 23 (4): 27-29.

参考文献:

- [1] 庄家祥,傅建炜,苏庆泉,李建宇,占志雄. 福建省茶小绿叶蝉抗药性的地区差异. 茶叶科学, 2009, 29(2): 154-158.
- [9] 江丽容,刘守安,韩宝瑜,欧阳立明. 7 种寄主和非寄主植物气味对茶尺蠖成虫行为的调控效应. 生态学报, 2010, 30(18): 4993-5000.
- [10] 张正群,孙晓玲,罗宗秀,高宇,边磊,陈宗懋. 芳香植物气味及提取液对茶尺蠖行为的影响. 植物保护学报, 2012, 39 (6): 541-548.
- [12] 赵冬香,高景林,陈宗懋,程家安,徐汉虹. 假眼小绿叶蝉对茶树挥发物的定向行为反应. 华南农业大学学报(自然科学版), 2002, 23 (4): 27-29.