

DOI: 10.5846/stxb201405291105

钮羽群, 王梦馨, 崔林, 叶火香, 潘铖, 韩宝瑜. 迷迭香挥发物不同组合对假眼小绿叶蝉行为的调控. 生态学报, 2015, 35(7): 2380-2387.

Niu Y Q, Wang M X, Cui L, Ye H X, Pan C, Han B Y. Control of the tea green leafhopper via volatile compounds of rosemary: the potential for further development of a Push-Pull strategy. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(7): 2380-2387.

迷迭香挥发物不同组合对假眼小绿叶蝉行为的调控

钮羽群¹, 王梦馨¹, 崔林¹, 叶火香², 潘铖¹, 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 浙江省松阳县农业局, 松阳 323400

摘要:为探讨茶园群落中非茶植物气味引诱或驱避重要茶树害虫假眼小绿叶蝉的效应, 遂将茶园常见杂草迷迭香挥发物中樟脑、 α -松油醇和石竹烯分别配成 10^{-2} g/mL 剂量, 再等量组成混合物, 在每个橡皮头上载 100 μ L 制成诱芯, 附于素馨黄粘板上, 于茶园中诱捕假眼小绿叶蝉, 发现这种三组分诱芯明显地驱避假眼小绿叶蝉。将行为反应中分别对假眼小绿叶蝉呈现显著引诱效应的 10^{-2} g/mL 樟脑、 10^{-4} g/mL 石竹烯、 10^{-6} g/mL α -水芹烯、 10^{-4} g/mL α -松油醇和 10^{-8} g/mL 桉树脑等量配成五组分混合物, 同法制成诱芯, 附于素馨黄粘板, 诱捕假眼小绿叶蝉。发现五组分诱芯: (1) 显著引诱假眼小绿叶蝉, 诱效稍强于现阶段茶园中使用的源于茶梢挥发物的诱芯; (2) 每日诱捕的假眼小绿叶蝉数与天数呈抛物线关系; (3) 加入液体石蜡作为缓释剂, 可将诱效的半衰期延长 2.5 — 4.0d; (4) 18:00—6:00 诱得的假眼小绿叶蝉数量占全天的 70% — 75%。分析认为: 非茶植物迷迭香的挥发物中含有显著引诱假眼小绿叶蝉信息物质, 这类信息物质制成的五组分诱芯的诱效较强, 可以作为一种防治假眼小绿叶蝉的手段, 早晨和黄昏是最佳诱捕时分。

关键词:迷迭香; 挥发物; 假眼小绿叶蝉; 引诱剂; 茶树; 吸引-排斥策略

Control of the tea green leafhopper via volatile compounds of rosemary: the potential for further development of a Push-Pull strategy

NIU Yuqun¹, WANG Mengxin¹, CUI Lin¹, YE Huoxiang², PAN Cheng¹, 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 Agricultural Bureau of Songyang County of Zhejiang Province, Songyang 323400, China

Abstract: In order to explore the effectiveness of using a Push-Pull strategy on control of the tea green leafhopper in tea plantation community, non-tea plant odors from rosemary, such as camphor, α -terpineol, and caryophyllene were tested at a dosage of 10 mg per mL. A blend containing the equivalent amount of above mentioned three compounds was loaded into a rubber septum. The jasmine yellow sticky board baited with the lure was tested in the tea plantation to trap tea green leafhoppers. The results showed that it actually repelled tea green leafhoppers, instead of being attracted. However, a blend of 5 components (camphor: caryophyllene: phellandrene: α -terpineol: eucalyptol at 10 mg: 0.1mg: 0.001mg: 0.1mg: 0.00001mg per mL) displayed strong attraction to tea green leafhopper in Y-tube olfactometer bioassay. Further field tests revealed that: (1) this five-component lure were remarkably attractive to tea green leafhoppers, and its trapping efficacy was slightly better than that of the lure with tea shoot volatiles that had been demonstrated previously; (2) A parabolic curve relationship was shown between the number of tea green leafhoppers trapped and trapping days; (3) further development of the lure in liquid paraffin as a slow release carrier was demonstrated to prolong the lure longevity from 2.5 to 4.0 days; (4)

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

收稿日期: 2013-05-31; 网络出版日期: 2014-05-08

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

over 70% of tea green leafhoppers were caught from 6 pm to 6 am. In conclusion, baits with 5 components of volatiles from rosemary were attractive to tea green leafhoppers that can be used for pulling them into the traps, whereas the repellency of the three component blend can be deployed for driving them away from the tea plantation as a push component.

Key Words: rosemary; volatiles; tea green leafhopper; attractant; tea plants; pull- push strategy

20 世纪 50 年代以前,我国茶树大多种植于山区,而且种植方式是丛植,很少施肥。一丛一丛的茶树与各种杂草、灌木和小乔木混合生长于山林中和山坡上。假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* (Göthe) 是多食性昆虫,取食数百种植物,在当时茶-草-灌木-小乔木的群落中主要取食杂草,有的杂草招引该叶蝉,该叶蝉对于茶树的危害很轻,一般不需要防治^[1]。20 世纪 50—60 年代,我国大面积垦荒种茶,种植方式是条植,逐步增大施肥量。单位面积上的茶树嫩梢密度显著增大,嫩梢持嫩性明显增强,茶园小气候温湿度变得稳定、茶梢营养丰富。假眼小绿叶蝉从杂草上转移到茶树上,并很快成为优势种。假眼小绿叶蝉成、若虫刺吸茶树嫩梢以致芽头弯曲、叶脉红变、叶片失水卷曲枯焦,还产卵于茶树嫩茎内而破坏输导组织。其世代重叠、个体数量大,长江中下游地区常年夏秋茶减产 10%—15%,重灾年份产量损失 50%以上^[2]。几十年来对于该叶蝉的防治还是依靠施药^[3],许多茶区通常每年施药防治 10 多次,已致其产生很强的抗药性^[4],亟需开拓治虫新途径。

20 世纪 80 年代后期以来,印度、斯里兰卡茶园中种植诱虫植物引诱害虫,诱虫植物气味招引害虫,以减轻茶树遭受虫害^[5-6]。日本静冈县广袤的牧之原茶区就在茶园中间作多种牧草以引诱害虫,而减轻害虫对于茶树的危害^[7]。已发现罗顿豆、猪屎豆、铺地木蓝、杂三叶、黄花槐、伞房决明和圆叶决明 7 种绿肥植物的挥发物明显地引诱假眼小绿叶蝉,以圆叶决明的挥发物引诱活性最强^[8]。因此,茶园群落中确有一些非茶植物的挥发物吸引假眼小绿叶蝉,但这些挥发性化合物如何有效地用于假眼小绿叶蝉的防治?

Socorro 等提出了引诱剂组配的新理念:不局限于一种寄主植物,从不同种类植物挥发物中筛选出具有引诱活性成分,能组成引诱活性更强的“super-blending”^[9-11]。他们成功地研制了诱杀棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hubner 的引诱剂系列产品。迷迭香 *Rosmarinus officinalis* L. 是我国茶园中常见杂草,有茶农将其种于茶园园边,认为这种杂草在一定程度上有减轻虫害的作用,但其控虫机理缺乏研究。江丽容等发现,供试的迷迭香幼嫩枝叶<7.5 g 时,其释放的挥发物引诱茶尺蠖 *Ectropis oblique* (Prout) 成虫,当枝叶质量>7.5 g 时,有排斥效应;当枝叶质量≥30 g 时,排斥效应达显著水平^[12]。Zhang 等认为迷迭香植株气味排斥茶尺蠖成虫^[13-14]。Hori 发现室内 1 μL 的迷迭香精油对桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer) 有驱避效应;在充满迷迭香精油气味的烟草田中,桃蚜的数量比对照的烟草田减少 70%^[15]。本课题组通过室内行为测定发现:供试迷迭香植株<5.0 g 时,其气味引诱假眼小绿叶蝉,供试迷迭香植株>5.0 g 时,诱来的假眼小绿叶蝉数量减少;并鉴定出其气味中 5 种化合物的 8 个剂量显著地引诱假眼小绿叶蝉,还有 10⁻¹⁰ g/mL β-蒎烯显著排斥假眼小绿叶蝉^[16]。本研究遂将这些化合物配成一系列组合,加入缓释剂,在茶园中引诱或排斥假眼小绿叶蝉,筛选出最具活性的组合,评价其用于防治假眼小绿叶蝉的可能性。

1 材料与方法

1.1 假眼小绿叶蝉待测诱捕剂和诱芯的配制

本组从迷迭香植株挥发物中鉴定出 46 种化合物,选择其中含量较大的组分配成一系列味源,经行为测定发现 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 桉树脑显著地引诱假眼小绿叶蝉。将这些味源按照多种组合方式、等体积组成待测的假眼小绿叶蝉诱捕剂(表 1)。10⁻² g/mL 顺式-茉莉酮作为一种对照。本组还发现 10⁻² g/mL 顺-3-己烯-1-醇、10⁻² g/mL 反-2-己烯醛或 10⁻² g/mL 芳樟醇也显著引诱假眼小绿叶蝉,将三者等体积组成 Blend 1 味源,该 Blend 1 味源在室内和田间都显著引诱假眼小绿叶蝉^[17],在本研究中作为田间诱捕假眼小绿叶蝉试验效果的

一个比照,还用正己烷作为另一个比照标准,供 7 种待测诱捕剂(表 1)。

每次吸取一种待测诱捕剂 100 μL 载于一个橡皮头的凹槽内,待其全部渗入橡皮头,就制成一个诱捕剂诱芯;当待测诱捕剂全部渗入橡皮头时,再加入 10 μL 液体石蜡继续渗入橡皮头,就制成一个缓释诱捕剂诱芯。诱芯皆贮于-20℃备用。

表 1 各种待测诱芯的组成
Table 1 Composition of various lure candidates

待测诱芯名称 Name of lure candidates	每诱芯含有各种成分及其剂量 Various components and their dosage loaded on each of lure candidates	每诱芯含有缓释剂及剂量 Slow release loaded on each of lure candidates
三组分诱芯 Three-component lure	10 ⁻² g/mL 樟脑,10 ⁻² g/mL α-松油醇,10 ⁻² g/mL 石竹烯 1:1:1 比例的混合物 100 μL 100 μL of the blend of 10 ⁻² g/mL Camphor, 10 ⁻² g/mL α-Terpineol and 10 ⁻² g/mL Caryophyllene at ratio of 1:1:1	
顺式茉莉酮诱芯 Z-Jasmon lure	10 ⁻² g/mL 顺式-茉莉酮 100 μL 100 μL 10 ⁻² g/mL Z-Jasmon	
五组分诱芯 Five-component lure	10 ⁻² g/mL 樟脑,10 ⁻⁴ g/mL 石竹烯,10 ⁻⁶ g/mL α-水芹烯,10 ⁻⁴ g/mL α-松油醇和 10 ⁻⁸ g/mL 桉树脑 1:1:1:1:1 比例的混合物 100 μL 100 μL of the blend of 10 ⁻² g/mL Camphor, 10 ⁻⁴ g/mL Caryophyllene, 10 ⁻⁶ g/mL (R)-(-)-α-Phellandrene, 10 ⁻⁴ g/mL α-Terpineol and 10 ⁻⁸ g/mL Eucalyptol at ratio of 1:1:1:1:1	
五组分缓释诱芯 Five-component slow release lure	10 ⁻² g/mL 樟脑,10 ⁻⁴ g/mL 石竹烯,10 ⁻⁶ g/mL α-水芹烯,10 ⁻⁴ g/mL α-松油醇和 10 ⁻⁸ g/mL 桉树脑 1:1:1:1:1 比例的混合物 100 μL 100 μL of the blend of 10 ⁻² g/mL Camphor, 10 ⁻⁴ g/mL Caryophyllene, 10 ⁻⁶ g/mL (R)-(-)-α-Phellandrene, 10 ⁻⁴ g/mL α-Terpineol and 10 ⁻⁸ g/mL Eucalyptol at ratio of 1:1:1:1:1	10 μL 液体石蜡 10 μL liquid paraffin
Blend 1 诱芯 Blend 1 lure	10 ⁻² g/mL 顺-3-己烯-1-醇,10 ⁻² g/mL 反-2-己烯醛和 10 ⁻² g/mL 芳樟醇 1:1:1 比例的混合物 100 μL 100 μL of the blend of 10 ⁻² g/mL (Z)-3-hexen-1-ol, 10 ⁻² g/mL (E)-2-hexenal and 10 ⁻² g/mL Linalool at ratio of 1:1:1	
Blend 1 缓释诱芯 Blend 1 slow release lure	10 ⁻² g/mL 顺-3-己烯-1-醇,10 ⁻² g/mL 反-2-己烯醛和 10 ⁻² g/mL 芳樟醇 1:1:1 比例的混合物 100 μL 100 μL of the blend of 10 ⁻² g/mL (Z)-3-hexen-1-ol, 10 ⁻² g/mL (E)-2-hexenal and 10 ⁻² g/mL Linalool at ratio of 1:1:1	10 μL 液体石蜡 10 μL liquid paraffin
正己烷诱芯 n-hexane lure	100 μL 正己烷 100 μL n-Hexane	

1.2 待测诱芯对假眼小绿蝉引诱作用的田间试验

1.2.1 三组分诱芯与 Blend 1 诱芯的诱效差异检测

由浙江大学彩印厂印制素馨黄色板,每个色板长 40 cm、宽 20 cm。色空间选用绝对测量方式(L×a×b×色差系统),测得素馨黄色板亮度 L、色度坐标 a 和色度坐标 b 分别是 80.25、3.82 和 84.12^[18]。田间诱捕试验时,先在色板上均匀涂布无色无味的昆虫胶,再分别将三组分诱芯、Blend 1 诱芯、顺式茉莉酮诱芯和正己烷诱芯用细铁丝挂于素馨黄粘板的中央,每板挂 1 个诱芯。2013 年 6 月 18 日选安徽省敬亭山茶场一大片无公害茶园,面积为 5000 m²,13:00 将挂着诱芯的粘板系于小木棍上,木棍插于茶行中,使粘板的底边邻接茶梢。每种诱芯重复 30 次,悬挂 4 种诱芯的色板完全随机放置,相互间距 7—8m。每隔 24h 调查 1 次板上诱捕的假眼小绿叶蝉数量,连续调查 3 次。每次调查之后调整色板的方位以便均匀地诱捕来自各个方向的叶蝉。

1.2.2 五组分诱芯与 Blend 1 诱芯诱效的比较试验

选安徽省敬亭山茶场一片面积为 5000 m²的有机茶园,同法使用五组分诱芯、五组分缓释诱芯、Blend 1 诱

芯和 Blend 1 缓释诱芯,每种诱芯重复 30 次。2013 年 7 月 21 日至 8 月 9 日,连续 20d 调查素馨黄粘板上诱捕的假眼小绿叶蝉数量。每 5d 更换 1 次素馨黄色板,共更换 3 次。

1.2.3 五组分诱芯与 Blend 1 诱芯引诱叶蝉的时间节律比较

选安徽省敬亭山茶场面积为 5000 m²的另一片有机茶园,采用“1.2.1”方法,使用五组分诱芯、五组分缓释诱芯、Blend 1 诱芯和 Blend 1 缓释诱芯。每种诱芯皆重复 30 次。

2013 年 7 月 22—26 日连续调查 5d。调查时将一天分为 7 个时间段,即 18:00—6:00、6:00—8:00、8:00—10:00、10:00—12:00、12:00—14:00、14:00—16:00 和 16:00—18:00。在每个时间段的最后 30min 调查色板上的叶蝉数。

1.3 数据统计方法

对“1.2.1”的三组分诱芯、顺式茉莉酮诱芯、正己烷诱芯和 Blend 1 诱芯每天捕获假眼小绿叶蝉数量之间的差异作方差分析,再用 Duncan's 新复极差测验比较差异。

分别分析“1.2.2”的五组分诱芯、五组分缓释诱芯、Blend 1 诱芯和 Blend 1 缓释诱芯每日诱捕的假眼小绿叶蝉数量(y)与天数(x)之间的相关性,构建回归模型,计算半衰期,比较 4 种诱芯的诱效差异。再将“1.2.3”中这 4 种诱芯每天每个时间段内诱捕的假眼小绿叶蝉数量的差异先作方差分析,再用 Duncan's 新复极差测验比较差异。

2 结果和分析

2.1 三组分诱芯忌避假眼小绿叶蝉

正己烷不引诱假眼小绿叶蝉,表 2 中的正己烷诱芯之所以引诱了诸多假眼小绿叶蝉,是因为素馨黄色板具有诱效。Blend 1 诱芯具有显著诱效,顺式茉莉酮诱芯表现出忌避效应,三组分诱芯具有显著忌避效应(表 2)。

表 2 田间试验期间三组分诱芯和 Blend 1 诱芯等每日诱捕假眼小绿叶蝉的数量及差异

Table 2 Difference in number of tea green leafhoppers daily trapped by three-component lure and Blend 1 lure and other lures

诱芯 Lure	平均每诱芯捕获叶蝉数(平均数±标准差) Average of trapped leafhoppers per lure ($\bar{x} \pm SD$)		
	6 月 19 日 June 19	6 月 20 日 June 20	6 月 21 日 June 21
Blend 1 诱芯 Blend 1 lure	310.2±41.2 a	262.3±30.3 a	218.9±25.5 a
正己烷诱芯 n-Hexane lure	284.2±34.5 a	226.6±32.1 ab	173.8±21.7 a
10 ⁻² g/mL 顺式-茉莉酮诱芯 10 ⁻² g/mL Z-Jasmon lure	278.1±34.6 a	213.4±32.7 ab	168.2±23.4 a
三组分诱芯 Three-component lure	190.3±21.5 b	139.5±23.0 b	141.5±20.6 a

同一列中标有不同小写字母的数值之间的差异达显著水平($P<0.05$);重复 30 次

2.2 五组分诱芯比 Blend 1 诱芯的诱效稍强

7 月 21 日至 8 月 9 日共调查 15 次,以 7 月 21 日为第 1 天,8 月 9 日为第 20 天(图 1、图 2、图 3 和图 4)。由图可见,平均每日每块色板上诱捕叶蝉数量如下:五组分诱芯是 42.5 头、五组分缓释诱芯是 38.6 头、Blend 1 诱芯是 37.2 头、Blend 1 缓释诱芯是 46.0 头。五组分诱芯的效果超过了 Blend 1 诱芯的效果,但方差分析显示 4 种诱芯诱捕假眼小绿叶蝉数量的差异不显著。

2.3 缓释剂可延长五组分诱芯和 Blend 1 诱芯的半衰期

据图 1、图 2 中的假眼小绿叶蝉数量(y)与天数(x)之间的数学模型,分别算得五组分诱芯的半衰期是 10.19d、五组分缓释诱芯的半衰期是 12.90d,延迟 2.71d;同法由图 3 和图 4 中的数学模型,分别算得 Blend 1 诱芯的半衰期是 10.31d、Blend 1 缓释诱芯的半衰期是 13.91d,延迟 3.6d。

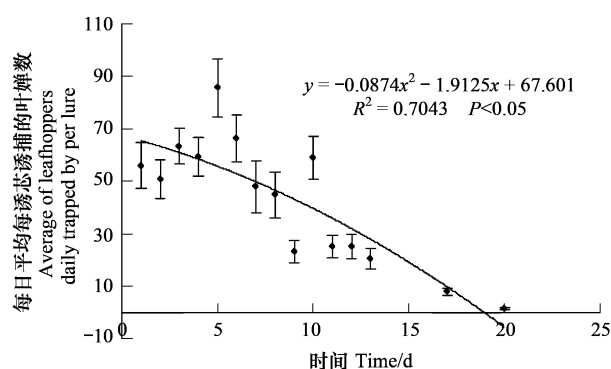


图1 五组分诱芯每日平均诱捕的假眼小绿叶蝉数

Fig.1 Average of tea green leafhoppers daily trapped by five-component lure

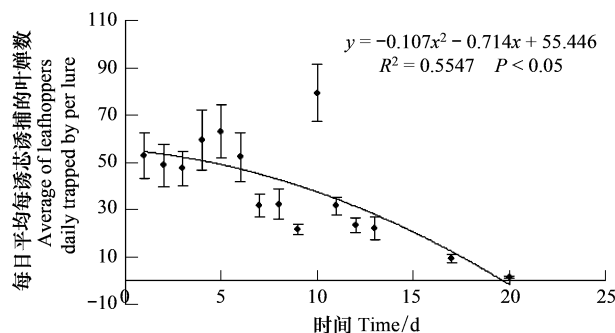


图2 五组分缓释诱芯每日平均诱捕的假眼小绿叶蝉数

Fig.2 Average of tea green leafhoppers daily trapped by five-component slow release lure

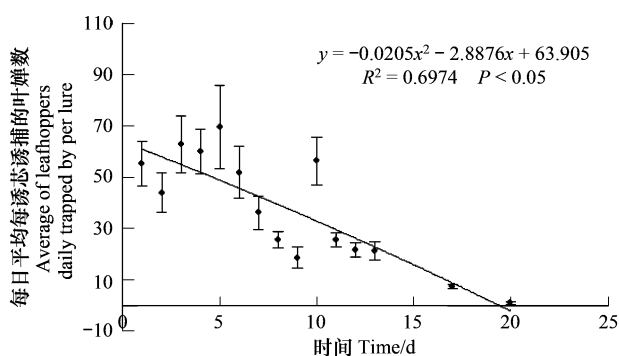


图3 Blend 1 诱芯每日平均诱捕的假眼小绿叶蝉数

Fig.3 Average of tea green leafhoppers daily trapped by Blend 1 lure

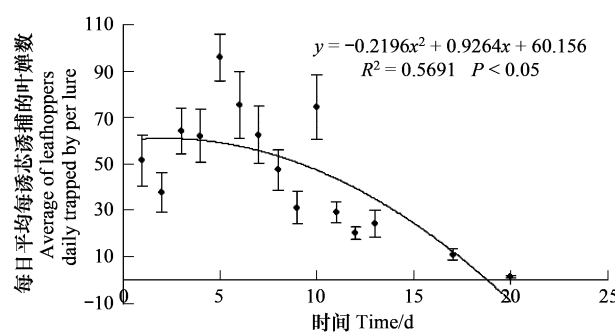


图4 Blend 1 缓释诱芯每日平均诱捕的假眼小绿叶蝉数

Fig.4 Average of tea green leafhoppers daily trapped by Blend 1 slow release lure

还可以发现:五组分缓释诱芯的效果在第 10 天开始超越五组分诱芯;Blend 1 缓释诱芯在第 3 天开始超越 Blend 1 诱芯。

2.4 晨昏时间引诱的假眼小绿叶蝉最多

从 7 月 22 日至 26 日连续观测 5 日,每日每种诱芯皆以 18:00—6:00 时间段诱捕的假眼小绿叶蝉数最多,与其它时间段的差异达显著水平 ($P < 0.05$) (图 5)。在连续 5d 诱捕中,五组分诱芯、五组分缓释诱芯、Blend 1 诱芯和 Blend 1 缓释诱芯从 18:00—6:00 诱捕的叶蝉数,分别占各自诱捕叶蝉总数的 75%、71%、74% 和 75% (图 5)。

3 讨论

许多研究已揭示寄主植物挥发物引导害虫寻觅栖境、定位寄主、刺激害虫产卵和觅偶、以及驱避害虫等行为的机理。然而,如何利用这类挥发物的引诱效应而制约害虫?这就需要筛选、配制对害虫具有强烈引诱活性的诱捕剂或者具备排斥活性的驱避剂并在田间有效地施用。将诱捕剂、驱避剂付诸实施而部分地替代化学农药是研究者们和农民们所期待的。成功的例证还不多,尤其在茶园中^[19]。因为许多信息物质在室内可以强烈地引诱害虫,但在开放流通的大田环境中则不能有力地调控害虫行为;许多研究者们还发现,当把几种在室内显著引诱害虫的信息物质混合在一起时,在田间往往不能获得更强的诱效。所以,昆虫化学信息物质常常难以付诸实施。澳大利亚 Socorro 教授带领课题组深入探讨了这个问题,提出从不同种乃至不同科的多种寄主和非寄主植物挥发物中选择具有引诱活性的信息物质,组成一系列待选诱捕剂,经田间试验从中筛选诱

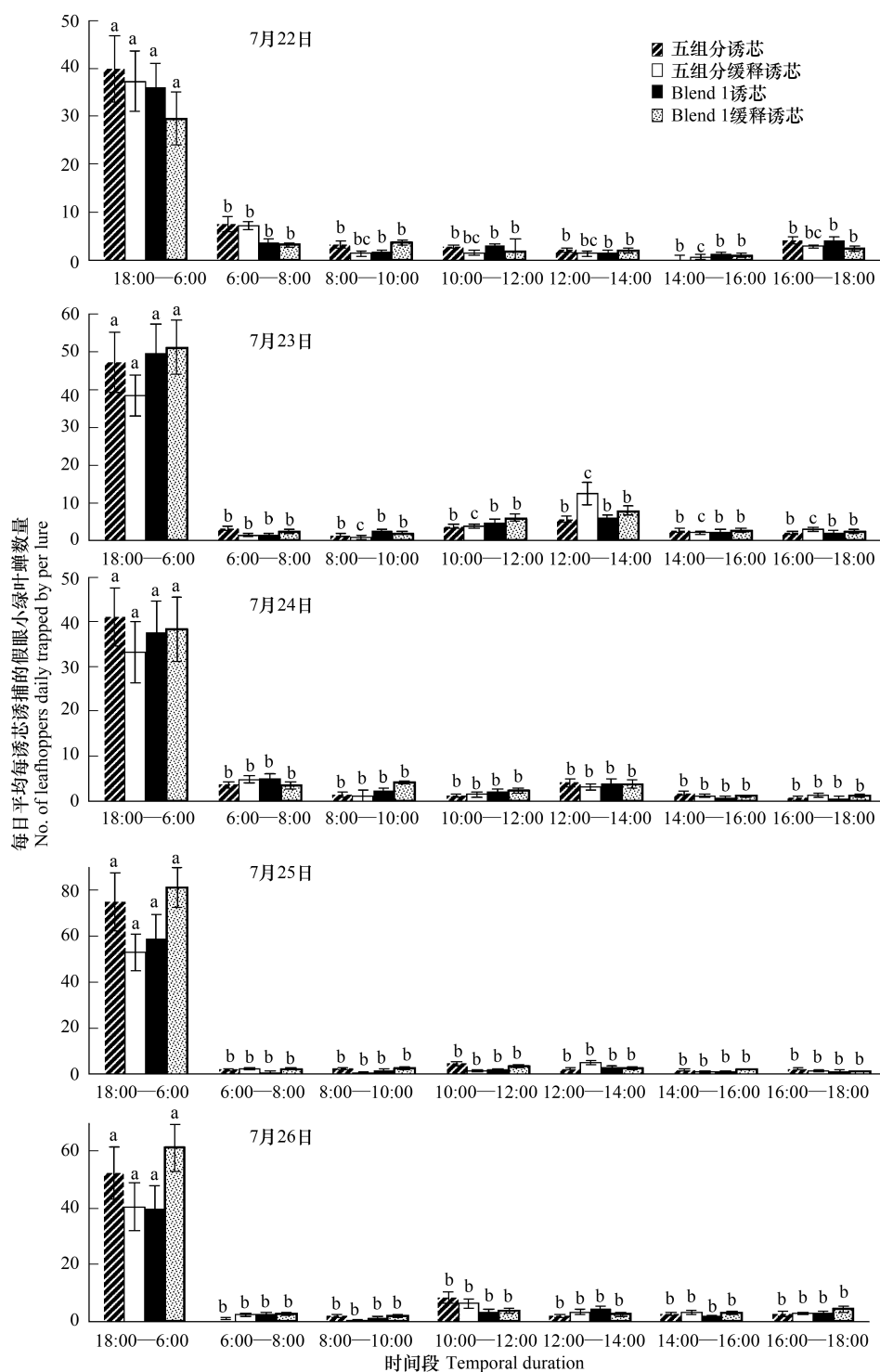


图5 每日7个时间段茶园中4种诱芯诱捕的假眼小绿叶蝉数量

Fig. 5 Number of leafhoppers within seven temporal duration of each experimental day trapped by four types of lures

携带不同字母的同日同种色彩柱形代表的数值之间的差异达显著水平 ($P < 0.05$); 重复 30 次

效超强的诱捕剂,他们因此成功地研制了棉铃虫等害虫的系列引诱剂,并商业化^[9-11]。

基于这种理念,以茶树挥发物 Blend 1 诱捕剂为参照^[17],探讨了非茶寄主植物信息物质引诱假眼小绿叶蝉的活性。之所以期望筛选出可资应用的假眼小绿叶蝉诱捕剂,是因为茶园中存在着假眼小绿叶蝉的其它寄主^[1],这些寄主植物引诱该叶蝉取食并分散其对于茶树的注意力,从而减轻茶树遭受叶蝉为害。皖南茶区至

今还流行这样的茶园管理方法,就是在春茶结束时立即施药防治假眼小绿叶蝉,以压低 5—7 月份出现的假眼小绿叶蝉的第 1 个虫口高峰,但在施药前先除去茶园杂草,因为施药时假眼小绿叶蝉可以转移于杂草上取食繁衍,而且杂草上本来就有部分假眼小绿叶蝉生存^[1]。如将 Blend 1 诱捕剂载于橡皮头上制成诱芯,再附于素馨黄粘板上组成诱捕器,对于假眼小绿叶蝉的诱捕防治效果(校正虫口下降率)可达 40%—60%^[17],效果优于某些植物源农药,近年附有 Blend 1 诱捕剂的素馨黄粘板已在全国主要茶区的有机茶园和无公害茶园推广。本研究证实了源自迷迭香挥发物的五组分诱芯的效果稍强于 Blend 1 诱芯。茶叶公司和茶农也可以考虑使用本研究的五组分诱芯。本组正在尝试将茶树和迷迭香的信息物质组合,进一步筛选诱效更高、稳定性更强的假眼小绿叶蝉诱捕剂。

近年来,“Push-Pull 理论”^[19]和植物保护剂^[20]理念愈来愈多地结合进生产实际中。五组分诱芯、Blend 1 诱芯所起的作用就是“Push-Pull 系统”中的“Pull”效应。2013 年夏、秋季天气超常的炎热干旱,在试验期间,茶园中部分茶树死去而缺株断垄。茶树上假眼小绿叶蝉密度很小,Blend 1 诱芯和五组分诱芯每天还能诱捕较多的假眼小绿叶蝉,表明二者皆具有很强的诱效。另一方面,五组分诱芯中含有樟脑、 α -松油醇和石竹烯,当把三者各以 10^{-2} g/mL 剂量等量混合时,就对假眼小绿叶蝉产生排斥效应,类似于“Push-Pull”系统中的“Push”效应^[19]。因此,可以酌情配制诱捕剂或驱避剂以保护茶树。

诱捕剂、驱避剂的组成成分、剂量、以及各成分之间比例是不同的,这些混合物中有的具有“Push”效应、有的具有“Pull”效能;组成成分、各成分的剂量及其相互比例促使着“Push”和“Pull”的转化。有报道了迷迭香挥发物驱避茶尺蠖^[13],迷迭香植株挥发物呈现的引诱或驱避效应,会因昆虫种类、迷迭香挥发物的组成及其相互比例、以及施用剂量等因素的不同而变化^[12]。源于迷迭香的五组分诱芯吸引假眼小绿叶蝉的主要因素还与目标害虫自身的生物学习性有关,比如假眼小绿叶蝉喜欢在黄昏和清晨活动,从 18:00 至翌日 6:00 捕获的假眼小绿叶蝉最多,本研究就利用了这种活动习性。19:30 左右天完全黑了,天完全黑了之后半小时即 19:30 至 20:00,还可诱捕少数假眼小绿叶蝉,说明五组分诱芯对于假眼小绿叶蝉确具有诱效。而 20:00 以后就不再诱到假眼小绿叶蝉了,因为它是日出性昆虫且趋光性较强,此时应静息下来了。

参考文献 (References):

- [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: 49-58.
- [2] 朱俊庆. 茶树害虫. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1999: 96-104.
- [3] 王庆森, 王定锋, 吴光远. 我国茶树假眼小绿叶蝉研究进展. 福建农业学报, 2013, 28 (6): 615-623.
- [4] 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.
- [5] Hazarika L K, Puzari K C, Wahab S. Biological control of tea pests // Upadhyay R K (eds.) Biocontrol Potential and its Exploitation in Sustainable Agriculture. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers. 2001: 159-180.
- [6] Gnanapragasam N C, Sivepalan P. Eco-friendly management of tea plantations towards sustainability. International Journal of Tea Science, 2004, 3 (3/4): 139-146.
- [7] 静冈县植物防疫协会. 写真で見る・农作物病虫害诊断力ガイドブック・増补版. 日本静冈县: 星光社印刷株式会社, 平成 13 年 4 月 1 日增补版发行.
- [8] 谷明, 林乃铨. 假眼小绿叶蝉对不同绿肥挥发性物质的行为反应. 福建农林大学学报(自然科学版), 2011, 40 (3): 242-245.
- [9] Socorro A P D, Gregg P C, Alter D, Moore C J. Development of a synthetic plant volatile-based attracticide for female noctuid moths. I. potential sources of volatiles attractive to *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Australian Journal of Entomology, 2010, 49 (1): 10-20.
- [10] Peter C G, Socorro A P D, Henderson G S. Development of a synthetic plant volatile-based attracticide for female noctuid moths. II. Bioassays of synthetic plant volatiles as attractants for the adults of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Australian Journal of Entomology, 2010, 49 (1): 21-30.
- [11] Socorro A P D, Gregg P C, Hawes A J. Development of a synthetic plant volatile-based attracticide for female noctuid moths. III. Insecticides for adult *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Australian Journal of Entomology, 2010, 49 (1): 31-39.
- [12] 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.

- [13] 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, *Ectopis obliqua*. Journal of Chemical Ecology, 2013, 39 (10): 1284-1296.
- [14] 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.
- [15] Hori M. Repellency of rosemary oil against *Myzus persicae* in a laboratory and in a screenhouse. Journal of Chemical Ecology, 1998, 24 (9): 1425-1432.
- [16] 钮羽群, 潘铤, 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之鉴定. 生态学报, 2014, 34 (19): 5477-5483.
- [17] 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.
- [18] 郑颖姣, 钮羽群, 崔桂玲, 周宁宁, 张新亭, 王梦馨, 崔林, 郑雨婷, 韩宝瑜. 秋末苏南茶园昆虫的群落组成及其趋色性. 生态学报, 2013, 33 (16): 5017-5025.
- [19] Cook S M, Khan Z R, Pickett J A. The use of push-pull strategies in integrated pest management. Annual Review of Entomology, 2007, 52: 375-400.
- [20] 候有明, 尤民生, 庞雄飞, 梁广文. 植物保护剂保卫德对小菜蛾种群控制效应评价. 华东昆虫学报, 2001, 10 (2): 81-85.