

油茶害虫植物源引诱剂筛选及其诱集的昆虫种群动态

刘俊, 周德明, 周国英*

(中南林业科技大学, 森林有害生物防控湖南省重点实验室, 经济林培育与保护教育部重点实验室, 长沙 410004)

摘要 通过 16 种植物提取物对油茶林昆虫进行诱捕, 筛选出 2 种对油茶害虫引诱效果较好的植物提取物, 并在油茶林进行引诱效果及诱集昆虫种群动态的研究。结果表明, 2016 年 4 月—8 月的引诱试验中, 共诱集到昆虫 7 455 头。其中油茶叶片水提粗提物诱集到昆虫数量最多, 达 4 368 头, 诱虫谱较广, 诱集到 23 种昆虫, 可以诱集为害油茶林的害虫主要有假眼小绿叶蝉、琼凹大叶蝉、大青叶蝉、白痣广翅蜡蝉、茶角胸叶甲等; 其次为油茶乙醇粗提物, 诱集到 2 078 头昆虫, 且对八点广翅蜡蝉、小蠹类害虫的诱捕效果最佳。植物提取物作为引诱剂, 可为油茶林害虫的发生期、发生量的监测预报提供直接的、客观的依据。

关键词 油茶; 害虫; 引诱剂; 种群动态

中图分类号: S 763.7 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.05.030

Screening of attractants of plant origin for pests of *Camellia oleifera* and the population dynamics of the trapped pests

Liu Jun, Zhou Deming, Zhou Guoying

(Hunan Provincial Key Laboratory for Control of Forest Diseases and Pests, Key Laboratory of Ministry of Education for Non-Timber Product Forest Silviculture and Protection, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract 16 kinds of plant extracts were used to trap the pests of *Camellia oleifera*, among them, Water extracts and ethanol extracts from *C. oleifera* had the good attractant effect. Furthermore, the attractant effect and the pest population dynamics of *C. oleifera* trapped by the water and ethanol extracts from plant were investigated in the field. The results showed that a total of 7 455 individuals of insects were captured from April to August in 2016. *C. oleifera* leaf extract could trap the largest number of insects, up to 4 368 individuals, and the attractant spectrum of *C. oleifera* leaf extract was wider, with 23 species. The main trapped insect pests included *Empoasca vitis* (Göthe), *Bothrogonia qiongana* Yang & Li, *Cicadella viridis* (Linnaeus), *Ricanula sublimata* Jacobi, *Basilepta melanopus* Lefevre. *C. oleifera* leaf ethanol extract ranked the second place, which trapped 2 078 individuals of insects. It had the best trapping effect on *Ricania speculum* (Walker) and Scolytidae insects. Thus, plant extracts could be recommended to be used as a lure for monitoring and forecasting of insect pests in *C. oleifera*.

Key words *Camellia oleifera*; pest; attractant; population dynamics

油茶 *Camellia oleifera* 是中国特有油料树种, 也是世界上四大木本食用油料树种之一^[1]。近年来油茶产业发展迅猛, 随着茶农对油茶的开发力度日益扩大, 油茶病虫害的发生也日趋严重。油茶病虫害不仅导致大量落花落叶落果, 甚至可致全株枯死, 严重影响油茶产量与质量^[2]。虫害的发生往往会增

加感染病菌的几率, 致使更多病害的发生。我们在调查研究中发现, 油茶害虫活动相对隐蔽, 调查和监测难度较大, 明显有症状显露时, 已失去有利防治时机。近年来, 生产中所使用的油茶虫害的防治方法主要包括营林措施^[2]、灯光诱杀^[3]、药剂防治^[4]、生物防治^[5-6]等, 这些措施不仅成本高, 而且操作不便^[3-4]。

收稿日期: 2016-11-22 修订日期: 2017-01-10

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201304403)

* 通信作者 E-mail: gyzhou2118@163.com

因此急需探寻新方法代替这些已成型,但仍需完善的防治油茶林害虫的方法。

寄主植物中大量的次生代谢产物对昆虫的定位和取食、产卵等行为有很大影响^[7-8],该领域的多位学者认为定位、识别、接受这三个联系紧密的环节共同构建了植食性昆虫对寄主的选择过程^[9-14]。本文从油茶害虫寄主植物出发,根据文献资料及调查研究,选择对油茶害虫具有较好引诱作用的物质,以及油茶害虫的本土寄主植物的提取物,开展了植物源引诱剂筛选及其诱捕油茶害虫的种类、种群动态的研究,以明确对油茶害虫具有较好引诱效果的物质,为油茶害虫生物防治奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

油茶叶片、山茶 *Camellia japonica* L. 叶片、香樟 *Cinnamomum camphora* (L.) Presl. 叶片、打碗花 *Calystegia hederacea* Wall. 叶片、金银花 *Lonicera japonica* Thunb. 叶片、茶枯,于 2016 年 3 月—4 月采集于湖南省株洲市攸县天华油茶林场及中南林业科技大学周边。二氯甲烷、50%乙醇、水杨酸甲酯、叶醇、 β -石竹烯、乙酸叶醇酯、芳樟醇、 α -法尼烯均为分析纯,混合物 M1 由 α -法尼烯、芳樟醇、叶醇、 β -石竹烯组成,混合物 M2 由芳樟醇、乙酸叶醇酯、水杨酸甲酯组成。白砂糖、白醋购于市场。

1.2 植物粗提物制备

用水蒸气蒸馏法提取上述 6 种植物叶片挥发物。将新鲜的植物叶片用剪刀剪碎,每次称取 50 g 叶片装入 500 mL 烧瓶中,加水至烧瓶的 2/3,进行水蒸气蒸馏,蒸馏时间为 1~2 h。所得油水混合物用二氯甲烷萃取,无水 Na_2SO_4 干燥,过滤,并将溶剂挥发,所得粗提物保存于 4℃ 冰箱中备用。另外,以 50%乙醇为溶剂,用水蒸气蒸馏法制备油茶叶片乙醇粗提物。

1.3 诱捕装置及诱芯制作

诱捕装置为自制简易环保型诱捕装置,由色板和裁剪的矿泉水瓶制成的诱捕瓶组成。

试验共选用 16 种挥发物作为诱芯。包括植物水提物 6 种,乙醇提取物 1 种,化合物单体及化合物混合物 8 种,糖醋液 1 种。植物提取物使用时用二氯甲烷配成饱和液装入诱捕瓶中。化合物单体及化合物混合物使用时取 500 μL 至容积为 50 mL 的离心管内,填入脱脂棉并浸透,使用时敞开管口,放入

诱捕瓶中。糖醋液需现配现用,使用前按白砂糖:白醋:50%乙醇:水=1:1:2:0.5 配制,每次取 200 mL 放入诱捕瓶中。

1.4 诱捕试验

诱捕试验于 2016 年 4 月—8 月进行,试验地位于湖南省株洲市攸县天华油茶林场。诱捕器在林中以平行的方式挂置,用绳子悬挂在两棵树之间,每个引诱源设 3 次重复,以清水为对照。各诱捕器间相距 50 m。从 4 月 2 日开始挂置诱捕装置,每 7 d 往诱剂瓶补充 1 次引诱剂,并对诱捕器诱捕害虫进行分类鉴定。4 月进行 4 次试验后筛选出对油茶害虫引诱效果较好或者诱集到种类较多的引诱剂,并用其进行连续 5 个月的引诱试验,同时记录每天天气情况。

1.5 昆虫鉴定

将诱捕到的昆虫标本装入收集瓶,标明采集时间、地点、诱捕器编号。带回实验室后,将标本倒入 20 目筛并在水龙头下轻轻冲洗 30~60 s,除去枝叶、苍蝇等,通过生物解剖镜将标本与已定名的标本对照初步确定所属范围,再利用检索表逐项检索,结合《油茶病虫害诊断与防治原色生态图谱》《茶树病虫害防治彩色图册》等相关专著及文献,确定诱集昆虫中为害油茶的种类及分类学地位。最后请有关专家复核确定。

1.6 数据分析

根据诱集昆虫情况进行个体、种类的统计。群落中某一物种的多度占有所有物种的多度之和的百分比用于统计物种相对多度^[14]。进行油茶林间主要昆虫种群数量变化分析时,每 7 d 进行数量统计,所捕获的虫量以 3 个诱捕器的诱捕量之和计算^[1]。数据分析及作图通过 Excel 软件完成。

2 结果与分析

2.1 油茶害虫植物源引诱剂的筛选

在 2016 年 4 月的引诱试验中,共诱集到 6 个科,9 种昆虫。与清水对照相比,植物源提取物对不同昆虫的诱捕效果都高于清水对照。油茶叶片水提粗提物诱集到昆虫数量和种类最多,共 7 种,337 头,包括假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* (Göthe)、琼凹大叶蝉 *Bothrogonia qionghana* Yang & Li、大青叶蝉 *Cicadella viridis* (Linnaeus)、茶角胸叶甲 *Basilepta melanopus* Lefevre、茶小卷叶蛾 *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm、茶蚕 *Andraca bipunctata* Walker、油桐尺

蝻 *Buzura suppressaria* Guenée; 其次是油茶叶片乙醇粗提物, 诱集到 5 种, 其诱集到的暗翅材小蠹

Xyleborus semiopacus Eichhoff、茶材小蠹 *Xyleborus fornicatus* Eichhoff 最多(表 1)。

表 1 16 种挥发物诱捕结果¹⁾

Table 1 Trap results of 16 kinds of volatiles

引诱剂 Attractant	引诱数量/头 Number of trapped pests										个体 总数/头 Individuals	物种 总数/头 Species	
	叶蝉科 Cicadellidae			叶甲科 Chrysomelidae	卷蛾科 Tortricidae	蚕蛾科 Bombycidae		尺蛾科 Geometridae		小蠹科 Scolytidae			
	假眼小绿叶蝉 <i>E. vitis</i>	琼凹大叶蝉 <i>B. qionghana</i>	大青叶蝉 <i>C. viridis</i>	茶角胸叶甲 <i>B. melanopus</i>	茶小卷叶蛾 <i>A. orana</i>	茶蚕 <i>A. bipunctata</i>	油桐尺蠖 <i>B. suppressaria</i>	暗翅材小蠹 <i>X. semiopacus</i>	茶材小蠹 <i>X. fornicatus</i>				
油茶叶片水提粗提物 <i>C. oleifera</i> leaf water extracts	226	59	15	13	3	11	10	0	0	337	7		
油茶叶片乙醇粗提物 <i>C. oleifera</i> leaf ethanol extracts	44	18	9	0	0	0	0	32	5	127	5		
山茶叶片水提粗提物 <i>C. japonica</i> leaf water extracts	76	21	3	0	0	0	0	0	0	100	3		
香樟叶片水提粗提物 <i>C. camphora</i> leaf water extracts	198	19	8	1	0	0	0	0	0	226	4		
打碗花叶片水提粗提物 <i>C. hederacea</i> leaf water extracts	153	11	0	0	0	0	0	0	0	164	2		
金银花水提粗提物 <i>L. japonica</i> leaf water extracts	46	7	0	0	0	0	0	0	0	53	2		
茶枯水提粗提物 Sasanqua cake water extracts	58	6	0	0	0	0	0	0	0	64	2		
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	59	16	4	0	0	0	0	0	0	79	3		
叶醇 <i>cis</i> -3-hexen-1-ol	164	2	0	0	0	0	0	0	0	166	2		
β 石竹烯 β -caryophyllene	168	10	2	0	0	0	0	0	0	180	3		
乙酸叶醇酯 <i>cis</i> -3-hexenyl acetate	181	42	6	0	0	0	0	0	0	229	3		
芳樟醇 Linalool	201	17	7	0	0	0	0	0	0	225	3		
α 法尼烯 α -farnesene	117	14	0	0	0	0	0	0	0	131	2		
M1	60	48	0	0	0	0	0	0	0	108	2		
M2	64	52	0	0	0	0	0	0	0	116	2		
醋液 Sweet and sour mixture	35	17	0	0	0	0	0	0	0	52	2		
清水对照 Water	44	11	0	0	0	0	0	0	0	55	2		

1) 混合物 M1 由 α -法尼烯、芳樟醇、叶醇、 β -石竹烯组成, 混合物 M2 由芳樟醇、乙酸叶醇酯、水杨酸甲酯组成。

M1 was composed of α -farnesene, linalool, *cis*-3-hexen-1-ol, β -Caryophyllene; M2 was composed of linalool, *cis*-3-hexenyl acetate, methyl salicylate.

2.2 油茶叶片水提粗提物和乙醇粗提物诱集到的昆虫种类

根据 4 月引诱试验的结果, 选择油茶水提粗提物、油茶乙醇粗提物对油茶林昆虫进行监测。在连续 5 个月的引诱试验中, 诱集到的昆虫共有 26 种, 隶属于 3 目 16 科。其中叶蝉科 Cicadellidae 3 种; 角蝉科 Membracidae 待鉴定 1 种; 广翅蜡蝉科 Ricaniidae 4 种; 沫蝉科 Cercopidae 1 种; 盲蝽科 Miridae 1 种; 卷蛾科 Tortricidae 1 种; 蚕蛾科 Bombycidae 1 种; 刺蛾科 Limacodidae 1 种; 尺蛾科 Geometridae 1 种; 叶甲科 Chrysomelidae 1 种; 丽金龟科 Rutelidae 1 种; 鳃金龟科 Melolonthidae 2 种; 小蠹科 Scolytidae 2 种; 花蚤科 Mordellidae 待鉴定 1 种; 瓢虫科 Coccinellidae 3 种; 虎甲科 Cicindelidae 1 种。假眼小绿叶蝉、琼凹大叶蝉、大青叶蝉、眼纹疏广蜡蝉 *Euricania ocellus* (Walker)、八点广翅蜡蝉 *Ricania speculum* (Walker)、白痣广翅蜡蝉 *Ricanula sublimata* Jacobi、缘纹广翅蜡蝉 *Ricania marginalis* (Walker)、东方丽沫蝉 *Cosmoscarta heros* (Fabricius)、绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) 为

油茶刺吸类害虫; 茶小卷叶蛾、茶蚕、扁刺蛾 *Thosea sinensis* (Walker)、油桐尺蠖、茶角胸叶甲为食叶类害虫; 铜绿丽金龟、暗黑鳃金龟、玛绢金龟 *Maladera* sp. 为食叶、地下害虫; 茶材小蠹 *Xyleborus fornicatus* Eichhoff、暗翅材小蠹 *Xyleborus semiopacus* Eichhoff 为枝干类害虫; 六条瓢虫 *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius)、二星瓢虫 *Adalia bipunctata* (Linnaeus)、龟纹瓢虫 *Propylea japonica* (Thunberg)、深山小虎甲 *Cylindera kaleea* Bates 为天敌昆虫。

捕获量最多的是假眼小绿叶蝉(4 453 头), 占标本总数的 59.73%, 属于优势种类。琼凹大叶蝉、大青叶蝉、八点广翅蜡蝉、白痣广翅蜡蝉、缘纹广翅蜡蝉、茶角胸叶甲、暗翅材小蠹个体数量均占标本总数的 1% 以上, 总计占总数的 32.62%, 属于常见种类, 其余的 17 种昆虫的个体数量均少于标本总数的 1%, 总计占 7.63%, 为稀有种类。

从总的捕获量来看, 油茶叶片水提粗提物诱集到的昆虫种类和数量最多, 达 23 种, 合计 4 368 头, 其对假眼小绿叶蝉、琼凹大叶蝉、大青叶蝉、白痣广

翅蜡蝉、茶角胸叶甲等油茶害虫的诱捕效果明显高于油茶叶片乙醇粗提物;油茶叶片乙醇粗提物诱集

到 2 078 头昆虫,其对八点广翅蜡蝉、小蠹类害虫的诱捕效果优于油茶叶片水提粗提物(表 2)。

表 2 2016 年 4 月—8 月不同引诱剂诱集昆虫情况比较

Table 2 Comparison of trapping effect of different insect attractants from April to August in 2016

种名 Species	诱集数量/头 Number of trapped pests			诱集总数/头 Total number of trapped pests	相对多度/% Relative abundance
	油茶叶片 水提粗提物 <i>C. oleifera</i> leaf extracts	油茶叶片 乙醇粗提物 <i>C. oleifera</i> leaf ethanol extracts	清水对照 Water control		
半翅目 Hemiptera					
叶蝉科 Cicadellidae					
假眼小绿叶蝉 <i>Empoasca vitis</i> (Göthe)	2 724	925	804	4453	59.73
琼凹大叶蝉 <i>Bothrogonia qiongana</i> Yang & Li	646	233	70	949	12.73
大叶青蝉 <i>Cicadella viridis</i> (Linnaeus)	62	57	0	119	1.60
角蝉科 Membracidae					
角蝉(未鉴定到种)	6	0	0	6	0.08
广翅蜡蝉科 Ricaniidae					
眼纹疏广翅蜡蝉 <i>Euricania ocellus</i> (Walker)	34	0	14	48	0.64
八点广翅蜡蝉 <i>Ricania speculum</i> (Walker)	56	73	24	153	2.05
白痣广翅蜡蝉 <i>Ricanula sublimata</i> Jacobi	120	80	97	297	3.98
缘纹广翅蜡蝉 <i>Ricania marginalis</i> (Walker)	59	47	0	106	1.42
沫蝉科 Cercopidae					
东方丽沫蝉 <i>Cosmoscarta heros</i> (Fabricius)	30	0	0	30	0.40
盲蝽科 Miridae					
绿盲蝽 <i>Apolygus lucorum</i> (Meyer-Dür)	28	0	0	28	0.38
鳞翅目 Lepidoptera					
卷蛾科 Tortricidae					
茶小卷叶蛾 <i>Adoxophyes orana</i> Fischer von Röslerstamm	36	0	0	36	0.48
蚕蛾科 Bombycidae					
茶蚕 <i>Andraca bipunctata</i> Walker	62	0	0	62	0.83
刺蛾科 Limacodidae					
中国扁刺蛾 <i>Thosea sinensis</i> (Walker)	70	0	0	70	0.94
尺蛾科 Geometridae					
油桐尺蠖 <i>Buzura suppressaria</i> Guenée	65	0	0	65	0.87
鞘翅目 Coleoptera					
丽金龟科 Rutelidae					
铜绿丽金龟 <i>Anomala corpulenta</i> Motschulsky	51	0	0	51	0.68
鳃金龟科 Melolonthidae					
暗黑鳃金龟 <i>Holotrichia parallela</i> Motschulsky	31	0	0	31	0.42
玛绢金龟 <i>Maladera</i> sp.	54	0	0	54	0.72
叶甲科 Chrysomelidae					
茶角胸叶甲 <i>Basilepta melanopus</i> Lefevre	208	0	0	208	2.79
小蠹科 Scolytidae					
茶材小蠹 <i>Xyleborus fornicatus</i> Eichhoff	0	53	0	53	0.71
暗翅材小蠹 <i>Xyleborus semiopticus</i> Eichhoff	0	600	0	600	8.05
长蠹(未鉴定到种)	0	10	0	10	0.13
花蚤科 Mordellidae					
花蚤(未鉴定到种)	18	0	0	18	0.24
虎甲科 Cicindelidae					
深山小虎甲 <i>Cylindera kaleea</i> Bates	2	0	0	2	0.03
瓢虫科 Coccinellidae					
六条瓢虫 <i>Cheilomenes sexmaculata</i> (Fabricius)	2	0	0	2	0.03
二星瓢虫 <i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus)	1	0	0	1	0.01
龟纹瓢虫 <i>Propylea japonica</i> (Thunberg)	3	0	0	3	0.04
合计 Total	4 368	2 078	1 009	7 455	100

2.3 油茶林间主要昆虫种群数量变化分析

2.3.1 油茶叶片水提粗提物诱集的优势种及常见种的种群动态

油茶叶片水提粗提物诱集的优势种群动态:假眼小绿叶蝉成虫为油茶水提粗提物诱集的优势种类,

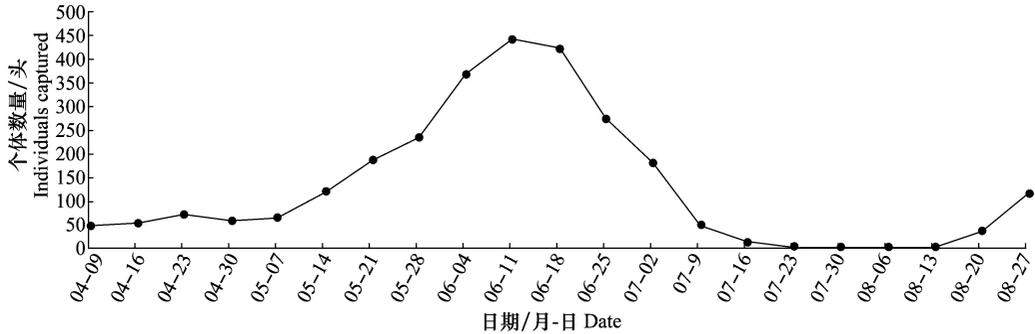


图1 2016年4月—8月油茶水提粗提物诱集昆虫优势种假眼小绿叶蝉种群动态

Fig.1 Population dynamics of the dominant insect *Empoasca vitis* trapped by crude extracts of *Camellia oleifera* from April to August in 2016

油茶叶片水提粗提物诱集到的常见种群动态:琼凹大叶蝉成虫在2016年4月—8月间出现了1次峰值,最高峰出现在6月25日左右,随后种群数量渐减,到7月中下旬后,种群数量一直处于低水平并保持较稳定状态。大青叶蝉成虫在2016年4月—8月的引诱试验中出现了5次峰值,最高峰出现在7月16日左右,随后种群数量渐减。白痣广翅

蜡蝉成虫始见于5月14日左右,在4月—8月期间诱获种群出现5次峰值,最高峰出现在6月9日左右。在诱捕期间,缘纹广翅蜡蝉成虫始见期为6月4日左右,该种群共出现3次峰值,最高峰在7月16日左右。茶角胸叶甲成虫始见于4月16日左右,随后种群数量渐增,于5月28日左右达到峰值,后渐减(图2)。

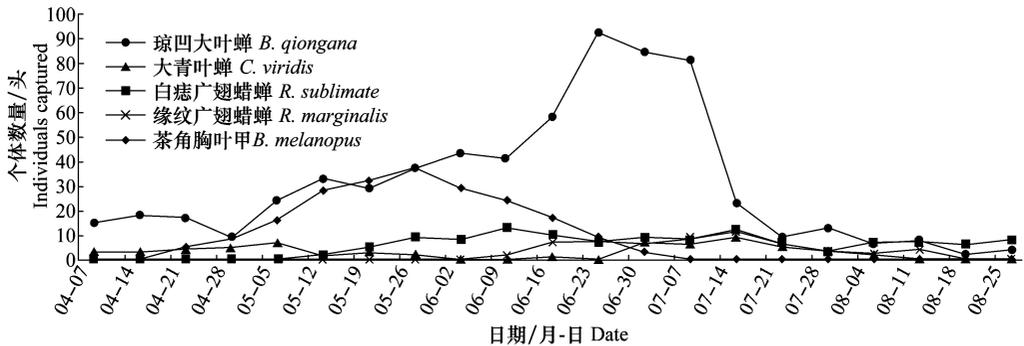


图2 2016年4月—8月油茶水提粗提物诱集昆虫常见种群动态

Fig.2 Population dynamics of the common insect species trapped by crude extracts of *Camellia oleifera* from April to August in 2016

2.3.2 油茶叶片乙醇粗提物诱集常见种群动态

八点广翅蜡蝉成虫始见于7月9日左右,期间出现了2次峰值,最高峰出现在7月30日左右。暗翅材小蠹成虫在2016年4月—8月期间种群数量出现3次峰值,最高峰出现在6月4日左右(图3)。

水提粗提物和乙醇粗提物引诱效果最好。在持续5个月的引诱试验中,2种植物源提取物对油茶害虫均有引诱作用,但诱捕效果存在差异。从总的捕获量来看,油茶叶片水提粗提物诱集到的昆虫种类和数量最多,达23种,合计4368头,其对假眼小绿叶蝉、琼凹大叶蝉、大青叶蝉、白痣广翅蜡蝉、茶角胸叶甲、铜绿丽金龟等油茶害虫的诱捕效果明显高于油茶乙醇粗提物;而油茶叶片乙醇粗提物对八点广翅蜡蝉、小蠹类害虫的诱捕效果最

3 结论与讨论

在株洲市攸县天华油茶林场通过使用16种植物源提取物对油茶林昆虫进行引诱,得出油茶叶片

佳。诱捕效果的差异可能是由两种不同溶剂提取到的油茶叶片挥发物的不同成分造成的,但具

体是哪些成分引起的诱捕差异,还需要进一步研究。

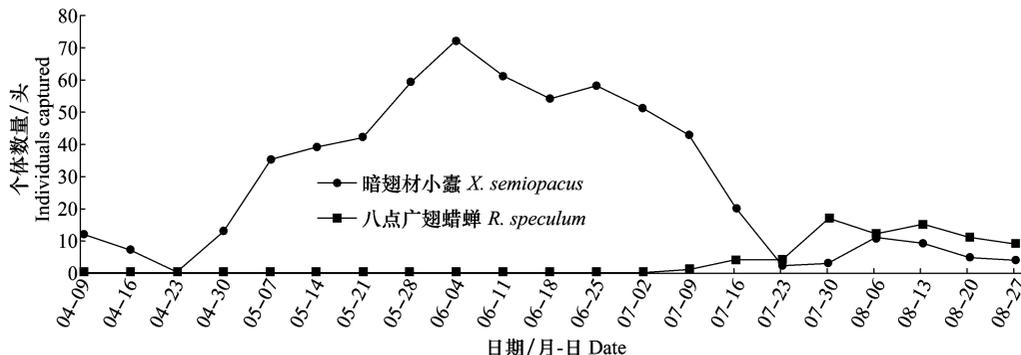


图 3 2016 年 4 月—8 月油茶乙醇粗提物诱集昆虫常见种群动态

Fig. 3 Population dynamics of the common insect species trapped by ethanol extracts of *Camellia oleifera* from April to August in 2016

目前用植物源引诱剂对林间害虫进行持续监测及诱杀已经有很多很好的实例^[14-18],植物源引诱剂能持续监测林间害虫的组成结构和种群动态,为油茶林害虫的发生期、发生量的监测预报提供直接的、客观的依据。自然界中的温度、湿度、降雨、光照等气候因素相互影响,并作用于昆虫,从而影响昆虫的生长、发育、繁殖、存活、分布、行为和种群数量动态等。生产中可以利用昆虫种群变化与温度的关系,采取有效措施对有害昆虫进行防治^[16]。本研究仅记录了引诱剂对油茶林昆虫进行 5 个月诱捕的昆虫种类及种群数量动态,油茶林昆虫种群动态及其与气候因子的关系、引诱剂与油茶林昆虫间的关系仍需持续研究。

油茶叶片水提粗提物对油茶害虫的诱虫谱最广,可以根据本次试验的筛选结果,将油茶水提粗提物加工成适当剂型,用于油茶林害虫监控。对油茶叶片水提粗提物及油茶叶片乙醇粗提物成分进行分析鉴定及对比,推测出对不同油茶害虫行为具有调控功能的活性成分,并将活性成分用于具体油茶害虫进行行为研究,可筛选出精简高效的专性害虫引诱剂配方。

参考文献

[1] 刘君昂,潘华平,伍南. 油茶主要病害空间分布格局规律的研究[J]. 中国森林病虫, 2010, 29(5): 7-10.

[2] 邓小军,周国英,刘君昂,等. N⁺注入选育高毒力球孢白僵菌菌株及对 3 种油茶害虫的毒力测定[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(3): 341-347.

[3] 张琴,舒金平,华正媛,等. 衢州地区灯下油茶害虫多样性及种群动态[J]. 生态学杂志, 2015, 34(8): 2201-2209.

[4] 周国英,宋光桃,李河. 油茶病虫害防治现状及应对措施[J].

中南林业科技大学学报, 2007, 27(6): 179-182.

[5] 左杰,周国英,杨菁,等. 艾蒿和苦楝提取物对油茶尺蠖的生物活性研究[J]. 广东农业科学, 2015(8): 51-55.

[6] 文亚雄,刘君昂,刘小平,等. 不同间作模式对油茶幼林病虫害发生的影响[J]. 经济林研究, 2016, 31(1): 129-134.

[7] Halitschke R, Stenberg J A, Kessler D, et al. Shared signals-‘alarm calls’ from plants increase apparency to herbivores and their enemies in nature [J]. Ecology Letters, 2008, 11(1): 24-34.

[8] 侯照远,陈雄,张瑛,等. 植物挥发性次生物质在害虫防治中的作用与应用前景[J]. 植保技术与推广, 1996, 16(5): 37-39.

[9] Hsiao T H. Feeding behavior [M]//Kerkut G A, Gilber L I. Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology, NY: Pergamon Press, 1985: 471-512.

[10] Finch S, Collier R H. Host-plant selection by insects-A theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2000, 96(2): 91-102.

[11] Powell G, Tosh C R, Hardie J. Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives [J]. Annual Review of Entomology, 2006, 51: 309-330.

[12] 陆宴辉,张永军,吴孔明. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 5113-5122.

[13] 曾鑫年. 植物体表化合物对植食性昆虫寄主接受行为的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(5): 915-919.

[14] 刘璇,胡春祥,曹传旺,等. 3 种植物源引诱剂对鞘翅目甲虫引诱效果比较[J]. 林业科学, 2016, 52(10): 153-160.

[15] 刘光生,刘源源,陈红凤,等. 植物源引诱剂对双条杉天牛发生期预测预报及防治试验[J]. 山西农业科学, 2012, 40(10): 1099-1101.

[16] 仇兰芬,郭蕾. 侧柏蛀干害虫引诱剂诱集的主要昆虫种群动态[J]. 中国农学通报, 2011, 27(13): 14-19.

[17] 李菁,骆有庆,石娟,等. 利用植物源引诱剂监测与控制舞毒蛾[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33(4): 85-90.

[18] 曹川健. 柠条绿虎天牛生物生态学特性及监测技术研究[D]. 北京:北京林业大学, 2010.