

固相微萃取—气质联用分析香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发性成分

尹 炯^{1,2}, 赵 冬 香², 王 爱 萍²

(1. 海南大学 环境与植物保护学院, 海南 儋州 571737; 2. 中国热带农业科学院 环境与植物保护研究所,

农业部热带农林有害生物入侵监测与控制重点开放实验室, 海南 儋州 571737)

摘 要:采用固相微萃取—气质联用技术分析香蕉新鲜假茎与香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎(假茎象甲+新鲜假茎、球茎象甲+新鲜假茎、假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎)的挥发性成分,研究香蕉象甲为害对香蕉假茎挥发性成分的影响。结果表明:香蕉新鲜假茎与球茎象甲为害诱导的新鲜假茎、假茎象甲和球茎象甲共同为害诱导的新鲜假茎三者挥发物中相同成分为十三烷,与假茎象甲为害诱导的新鲜假茎挥发物没有相同成分。香蕉象甲不同种为害诱导的香蕉假茎的相同成分为癸酸乙酯。香蕉新鲜假茎与香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎的挥发物中均含有烃类和酯类,香蕉象甲不同种为害诱导的香蕉假茎挥发物中还含有不同的比例的醛类、酮类、醌类和酚类等。

关键词:香蕉假茎;香蕉象甲;虫害诱导的植物挥发物;固相微萃取;气相色谱—质谱联用仪

中图分类号:S 436.68 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)17-0021-05

植物对植食性昆虫的抗性包括植物的组成抗性和植物的诱导抗性两个方面,植物的诱导抗性是指植物在遭受植食性昆虫攻击后所表现出来的一种抗虫特性^[1]。植物在遭受植食性昆虫为害后,能够释放一些挥发性化合物以防御植食性昆虫,寄主植物释放的挥发性化合物作为最重要的信息化学物质之一,在植物与植物、植物与昆虫以及植物—植食性昆虫—天敌三级营养关系中发挥着重要的信号作用^[2-4]。鉴定这些挥发性化合物的成分并分析其组成,阐明其释放机理,为深入了解植物—植食性昆虫—天敌三重营养间的相互关系,利用天然活性物质防治害虫提供了理论依据。

香蕉是一种重要的热带、亚热带水果,果实与茎叶营养丰富,有关其挥发性成分的研究多集中在果实与叶片方面^[5-11]。香蕉象甲(主要包括香蕉假茎象 *Odoiporus longicollis* Oliver 甲和香蕉球茎象甲 *Cosmopolites sordi-*

dus Germar)是香蕉的重要害虫种类,主要以幼虫蛀食香蕉假茎和球茎,使蕉茎中虫道纵横交错,导致树势衰弱、茎秆腐烂,甚至整株枯死。香蕉假茎挥发物可吸引香蕉假茎象甲和香蕉球茎象甲雌雄虫,香蕉新鲜假茎或腐烂假茎挥发物对球茎象甲自身的信息素有协同增效作用,虽然这种效果在田间不明显,但香蕉假茎的数量与该信息素的吸引力呈正相关,可用作大量诱捕和监测香蕉球茎象甲种群^[12-17]。Ndiege 等^[18]采用吸附剂(Porapak S)法捕集易感品种(‘githumo’)香蕉新鲜假茎挥发物,经二氯甲烷洗脱通过气质联用仪(Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)进行了分析。Seeni Kesel(ABB)、Ambul Kesel(AAB)、Anamalu(AAA)和 Kolikuttu(AAB)等 4 个香蕉品种的新鲜假茎挥发物经水蒸气蒸馏法提取,进行了 GC-MS 分析以及气相色谱—触角电位检测(GC-EAD)活性^[19],但对遭受香蕉象甲为害的香蕉假茎的挥发性成分的研究尚未见报道。现用固相微萃取法(Solid phase microextraction, SPME)对香蕉新鲜假茎及香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发物进行采集,然后利用 GC-MS 对其进行了分离与鉴定。

1 材料与方法

1.1 试验材料

香蕉品种为海南大学儋州校区农学院教学科研基地种植 2 a 的巴西(‘Baxi’)香蕉,选取田间成长香蕉植株的新鲜假茎,带回实验室接种香蕉象甲。假茎象甲+新鲜假茎为把 20 头香蕉假茎象甲接到新鲜假茎于塑料袋

第一作者简介:尹炯(1982-),男,硕士,研究方向为昆虫化学生态学。E-mail: yinjong@126.com。

通讯作者:赵冬香(1964-),女,研究员,现主要从事昆虫化学生态学与害虫综合防治研究工作。E-mail: dongxiangzh@163.com。

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2007BAD48B05-01);中国热带农业科学院环境与植物保护研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资助项目(2008hzzs1J008)。

收稿日期:2010-05-26

内取食 3 d 后的香蕉假茎,即为香蕉假茎象甲为害的香蕉假茎,球茎象甲+新鲜假茎为把 20 头香蕉球茎象甲接到新鲜假茎于塑料袋内取食 3 d 后的香蕉假茎,即为香蕉球茎象甲为害的香蕉假茎,假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎为把 10 头香蕉假茎象甲和 10 头香蕉球茎象甲同时接到新鲜假茎于塑料袋内取食 3 d 后的香蕉假茎,即为香蕉假茎象甲和香蕉球茎象甲共同为害的香蕉假茎。香蕉新鲜假茎上所接的香蕉象甲雌雄比为 1:1,香蕉假茎挥发物分析时与香蕉象甲分离。

1.2 主要仪器

TRACE GC-MS 联用仪(Finnigan 公司,美国),萃取头为 75 μ m CAR/PDMS 型(Supelco 公司,美国)。固相微萃取挥发物收集装置为去除平衡气阀并略加改进的万得福 DB-3828 防潮箱,大小为 380 mm \times 280 mm \times 270 mm。

1.3 香蕉假茎的挥发性成分分析

使用前先将固相微萃取头在气相色谱的进样口 220 $^{\circ}$ C 老化 30 min。截取长约 30 cm、直径 20 cm 的供试香蕉假茎,用蒸馏水浸湿的滤纸紧贴在香蕉假茎切口处,同时润湿防潮箱内壁,以避免香蕉假茎机械损伤伤口释放挥发物以及防潮箱自身挥发物对香蕉假茎挥发物的影响。将香蕉假茎放置在挥发物收集装置中,固相微萃取头从用锡纸密封的平衡气阀孔插入挥发物收集装置,顶空吸附 30 min 后,立即插入 GC-MS 进样口,于 220 $^{\circ}$ C 热解吸 5 min,进行检测分析。

1.4 GC-MS 分析条件

色谱条件:30 m \times 0.25 mm HP-1 石英毛细管柱,99.99%氦气作为载气,流速 1.0 mL/min。进样口温度 220 $^{\circ}$ C,程序升温:50 $^{\circ}$ C 保持 1 min,以 5 $^{\circ}$ C/min 升至 80 $^{\circ}$ C,保持 10 min,再以 10 $^{\circ}$ C/min 升至 200 $^{\circ}$ C,保持 5 min。质谱条件:电离方式 EI,电子能量 70 eV,光电倍增管电压 350 V。质量扫描范围 35~335 amu。

2 结果与分析

2.1 香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发性成分分析

采用 GC-MS 分析了香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发性成分,利用计算机检索并与 NIST98 谱库相匹配,结合有关文献,确定各挥发物的化学组成,以质谱离子峰面积百分数表示香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发性成分的相对含量(表 1)。

在香蕉新鲜假茎挥发性成分中,共检测出 10 种挥发性成分,占总峰面积的 88.64%。相对含量较多的成分有(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯(57.34%), α -月桂烯(6.62%),(+)-柠檬烯(5.54%),2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯(5.31%),十三烷(5.30%),左旋- α -蒎烯(3.63%),别罗勒烯(3.22%),邻苯二甲酸二辛酯(1.50%)等。其它 2 种成分相对含量均为 0.09%,低于 1.00%。

在假茎象甲+新鲜假茎中,共检测出 10 种挥发性成分,占总峰面积的 40.02%。相对含量较多的成分有顺式-双环[4.2.0]辛烷(10.98%),癸酸乙酯(8.97%),2-羟基-N-(2-吗啉代乙基)-4-苯基丁酰胺(5.37%),1,4-二甲基-3-(羟甲基)-3-甲氧基-6-(3-羟基丙基)-2,5-吡嗪二酮(4.14%), α -古芸烯(3.53%),2,6-二叔丁基苯醌(2.44%), α -榄香烯(2.11%),2,6-二叔丁基对甲基苯酚(1.78%)。而 5-乙基-3,12-二氧杂三环[4.4.2.0(1,6)]十二烷-4-酮(0.64%)和内-2,3-二甲氧羰基-苯并[E]二环[2.2.2]辛烷(0.64%)相对含量较低,均在 1.00% 以下。

在球茎象甲+新鲜假茎中,共检测出 11 种挥发性成分,占总峰面积的 45.58%。相对含量较多的成分有 2,3-二苯基-5-(3-甲氧苯基)吡咯(18.64%),癸酸乙酯(10.61%),十八烷基环己烷(5.13%),(+)-反-1-(1-甲基乙烯基)-2-(2-甲基-1-丙烯基)-环丙烷(4.61%),邻苯二甲酸二丁酯(2.02%),奥昔菊环(1.60%),3-甲基-斯德酮(1.03%),十三烷(1.02%)。低于 1.00% 的挥发性成分有 2,4-双(三甲基硅氧基)-苯甲醛(0.53%),1,2-苯二甲酸,1-[(6-羟基-1,5-二甲基-2,4-环庚二烯-1-基)甲基]酯(0.20%)和内-2,3-二甲氧羰基-苯并[E]二环[2.2.2]辛烷(0.09%)。

在假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎中,共检测出 10 种挥发性成分,占总峰面积的 77.05%。相对含量较高的成分有(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯(23.25%),(+)-柠檬烯(16.78%),十三烷(10.36%),左旋- α -蒎烯(9.62%),反式-石竹烯(7.38%),2-羟基-N-(2-吗啉代乙基)-4-苯基丁酰胺(3.33%),11-十八碳烯醛(1.84%), α -古巴烯(1.71%),癸酸乙酯(1.49%),癸醛(1.29%)。各成分相对含量均在 1.00% 以上。

香蕉新鲜假茎与球茎象甲+新鲜假茎、假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎三者挥发物中相同成分为十三烷,以在假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发物中的相对含量为最大,为 10.36%。此外,与假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发物的相同成分有左旋- α -蒎烯、(+)-柠檬烯、(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯 3 种,以新鲜假茎中(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯的相对含量为最大,也是各新鲜假茎挥发性成分中相对含量最高的,高达 57.34%。新鲜假茎与假茎象甲+新鲜假茎的挥发物没有相同成分。假茎象甲+新鲜假茎、球茎象甲+新鲜假茎、假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎三者挥发物中相同成分仅有癸酸乙酯一种,以在球茎象甲+新鲜假茎挥发物中的相对含量为最大,为 10.61%。另外,假茎象甲+新鲜假茎与球茎象甲+新鲜假茎挥发物中的相同成分还有内-2,3-二甲氧羰基-苯并[E]二环[2.2.2]辛烷,也是各新鲜假茎挥发性成分中相对含量最低的,仅为 0.06%;

表 1 香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发性成分和相对含量

Table 1 Volatile components and relative content of banana pseudostem induced by the banana weevils

化合物 Compound	分子式 Formula	相对含量 Relative content/%			
		a	b	c	d
左旋- α -蒎烯 α -Pinene,(-)	C ₁₀ H ₁₆	3.63	—	—	9.62
α -月桂烯 α -Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	6.62	—	—	—
(+)-柠檬烯 (+)-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	5.54	—	—	16.78
(+)-反-1-(1-甲基乙烯基)-2-(2-甲基-1-丙烯基)-环丙烷	C ₁₀ H ₁₆	—	—	4.61	—
(+)-Trans-1-(1-methylethenyl)-2-(2-methyl-1-propenyl)-cyclopropane					
3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯 3,7-dimethyl-1,3,7-octatriene	C ₁₀ H ₁₆	0.09	—	—	—
(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯 1,3,6-Octatriene,3,7-dimethyl-,(E)	C ₁₀ H ₁₆	57.34	—	—	23.25
11-十八碳烯醛 11-Octadecenal	C ₁₈ H ₃₄ O	—	—	—	1.84
2,4-双(三甲基硅氧基)-苯甲醛 Benzaldehyde,2,4-bis[(trimethylsilyl)]oxy	C ₁₃ H ₂₂ O ₃ Si ₂	—	—	0.53	—
别罗勒烯 Neo-alloocimene	C ₁₀ H ₁₆	3.22	—	—	—
2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯 Alloocimene	C ₁₀ H ₁₆	5.31	—	—	—
奥甘菊环 Azulene	C ₁₀ H ₈	—	—	1.60	—
顺式-二环[4.2.0]辛烷 Cis-bicyclo[4.2.0]octane	C ₈ H ₁₄	—	10.98	—	—
癸醛 Decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	—	—	—	1.29
1,2-苯二甲酸,1-[(6-羟基-1,5-二甲基-2,4-环庚二烯-1-基)甲基]酯 1,2-Benzene-dicarboxylic acid,1-[(6-hydroxy-1,5-dimethyl-2,4-cycloheptadien-1-yl) methyl] ester	C ₁₈ H ₂₀ O ₅	—	—	0.20	—
2,2,8-三甲基癸烷 Decane,2,2,8-trimethyl	C ₁₃ H ₂₈	0.09	—	—	—
十三烷 Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	5.30	—	1.02	10.36
十八烷基环己烷 Cyclohexane,octadecyl-	C ₂₄ H ₄₈	—	—	5.13	—
2,3-二苯基-5-(3-甲氧苯基)吡咯 2,3-diphenyl-5-(3-methoxyphenyl)pyrrole	C ₂₃ H ₁₉ NO	—	—	18.64	—
α -古巴烯 α -Copaene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	—	1.71
癸酸乙酯 Decanoic acid ethyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	—	8.97	10.61	1.49
α -榄香烯 α -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	—	2.11	—	—
反式-石竹烯 Trans-caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	—	7.38
2,6-二叔丁基苯醌 2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione,2,6-bis(1,1-Dimethylethyl)-	C ₁₄ H ₂₀ O ₂	—	2.44	—	—
2,6-二叔丁基对甲基苯酚 Butylated hydroxytoluene	C ₁₅ H ₂₄ O	—	1.78	—	—
α -古芸烯 α -Gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	—	3.53	—	—
内-2,3-二甲氧羰基-苯并[E]二环[2.2.2]辛烷 Endo-2,3-di(methoxycarbonyl)-benzo[E]bicyclo[2.2.2]octane	C ₁₈ H ₂₂ O ₄	—	0.06	0.09	—
3-甲基-斯德酮 Sydnone,3-methyl	C ₃ H ₄ N ₂ O ₂	—	—	1.13	—
5-乙基-3,12-二氧三环[4.4.2.0(1,6)]十二烷-4-酮 5-Ethyl-3,12-dioxatricyclo[4.4.2.0(1,6)]dodecan-4-one	C ₁₂ H ₁₈ O ₃	—	0.64	—	—
邻苯二甲酸二辛酯 1,2-Benzenedicarboxylic acid,bis(2-ethylhexyl) ester	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	1.50	—	—	—
1,4-二甲基-3-(羟甲基)-3-甲氧基-6-(3-羟基丙基)-2,5-哌嗪二酮 1,4-Dimethyl-3-(hydroxymethyl)-3-methoxy-6-(3-hydroxypropyl)-2,5-piperazinedione	C ₁₁ H ₂₀ N ₂ O ₅	—	4.14	—	—
邻苯二甲酸二丁酯 1,2-Benzenedicarboxylic acid,dibutyl ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	—	—	2.02	—
2-羟基-N-(2-吗啉代乙基)-4-苯基丁酰胺 2-Hydroxy-N-(2-morpholinoethyl)-4-phenylbutanamide	C ₁₆ H ₂₅ ClN ₂ O ₃	—	5.37	—	3.33

注:a-新鲜假茎;b-假茎象甲+新鲜假茎;c-球茎象甲+新鲜假茎;d-假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎。
Note;a - fresh pseudostem,b - the banana pseudostem weevil+ fresh pseudostem,c - the banana corm weevil+ fresh pseudostem,d - the banana pseudostem weevil+the banana corm weevi+ fresh pseudostem.

假茎象甲+新鲜假茎与假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发物中的相同成分还包括 2-羟基-N-(2-吗啉代乙基)-4-苯基丁酰胺。

2.2 香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发性成分种类

从图 1 可知,在香蕉新鲜假茎、假茎象甲+新鲜假茎、球茎象甲+新鲜假茎和假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发性成分中,均含有烃类和酯类,烃类在香蕉新鲜假茎挥发物中所占比例为最大,高达 87.14%,酯类在假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发物中所占比例为最小,仅占 1.49%。醛类仅分布在球茎象甲+新鲜假茎和假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发物中,在假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发物中所占比例较大,为 3.13%。酮类、醌类和酚类仅出现在假茎象甲+新鲜假

茎挥发物中,所占比例较小,分别为 4.78%、2.44%和 1.78%。其它成分在假茎象甲+新鲜假茎、球茎象甲+新鲜假茎和假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎挥发物中也占有一部分比例,但在新鲜假茎挥发物中没有出现。

3 结论与讨论

在香蕉新鲜假茎及香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发物中,香蕉新鲜假茎与香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎的挥发性成分多样,种类各异。香蕉象甲为害是影响香蕉假茎挥发性成分的重要因子,香蕉象甲不同种为害所造成的影响有较大差异。香蕉假茎与香蕉果实不存在相同的挥发性成分,仅球茎象甲+新鲜假茎与香蕉叶片有相同挥发性成分,且也只有邻苯二甲酸二丁酯一种,这可能是香蕉象甲仅为害香蕉假茎而不取食香蕉果实与叶片

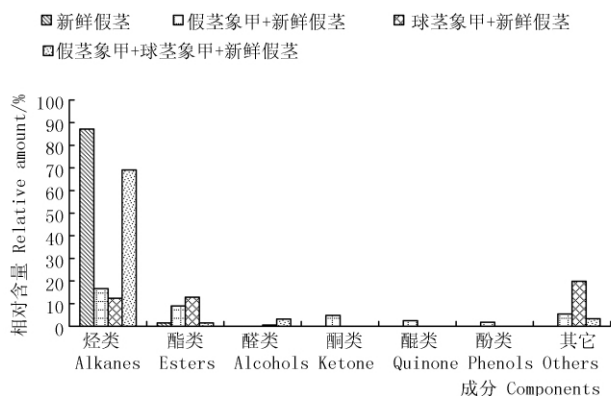


图1 香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发性成分种类分析

Fig. 1 Analysis of constituents of volatile components of banana pseudostem induced by the banana weevils

的原因^[5,10]。巴西(‘Baxi’)香蕉新鲜假茎挥发性成分与易感品种(‘Githumo’)香蕉新鲜假茎挥发性成分差异较大,相同成分仅有 α -蒎烯和柠檬烯等,而4个香蕉品种新鲜假茎挥发物中的正戊醇、正己醇、正己醛和顺-3-己烯醇等成分,在巴西香蕉新鲜假茎挥发物中并没有发现^[18-19]。另外,香蕉新鲜假茎与假茎象甲+新鲜假茎的挥发物中也没有发现相同成分,这与香蕉品种、发育阶段、时空分布、土壤、光照、水分以及挥发物收集方法、分析条件、仪器精密程度等有关,还是与假茎象甲的残留物有关,还有待进一步探讨。

在假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎的挥发物中,左旋- α -蒎烯、(+)-柠檬烯和十三烷的相对含量比在新鲜假茎中略有提高,但(E)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯的相对含量却明显下降,不过十三烷在球茎象甲+新鲜假茎的挥发物中其相对含量较新鲜假茎也略有下降,这种现象在一点拟灯蛾取食的对叶榕上也有发生^[20],其机理有待进一步探讨。

香蕉象甲不同种对香蕉假茎挥发物的诱导作用有较大的差异,这种差异可能会对香蕉象甲的寄主选择行为产生一定的影响。癸酸乙酯和内-2,3-二甲氧羰基-苯并[E]二环[2.2.2]辛烷的相对含量,在假茎象甲+新鲜假茎的挥发物中较在球茎象甲+新鲜假茎的挥发物中低,但癸酸乙酯的相对含量在假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎的挥发物中比前两者均低,内-2,3-二甲氧羰基-苯并[E]二环[2.2.2]辛烷在假茎象甲+球茎象甲+新鲜假茎的挥发物中没有出现。癸酸乙酯和内-2,3-二甲氧羰基-苯并[E]二环[2.2.2]辛烷的相对含量的高低是否与香蕉假茎上偶有香蕉球茎象甲出现,香蕉球茎上偶有香蕉假茎象甲出现有关,是否影响香蕉象甲对寄主香蕉的选择,还有待深入研究。

虫害诱导的植物挥发物是植物-植食性昆虫-天敌长

期协同进化的产物,作为植食性昆虫的捕食者和寄生物的引诱剂,具有调节植物-植食性昆虫-天敌三者关系的作用,还能够诱导邻近植物产生诱导性防御反应^[21-22]。香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发物受多种情况的影响,植物方面包括香蕉品种、基因型、发育阶段、受害部位、受害程度、受害持续时间等;昆虫方面包括香蕉象甲的种类、口器类型、为害程度及其发育阶段等;其它非生物因素还有环境压力如光照、水分、季节变化等^[23]。现仅对香蕉象甲为害3d的香蕉假茎挥发物进行了初步分析,以后应对香蕉象甲为害诱导的香蕉假茎挥发物的释放机制、生态学功能以及香蕉植株体内的信号传导等方面进行研究。这不仅有助于阐明香蕉象甲与香蕉的协同进化、深入了解香蕉象甲与香蕉间的相互关系,还可以为开展治理香蕉象甲的工作提供参考。

参考文献

- [1] 姜永根,程家安.植物的诱导抗性[J].昆虫学报,1997,40(3):320-331.
- [2] Dicke M. Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1999, 91(1): 131-142.
- [3] Paré P W, Tumlinson J H. Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores [J]. Plant Physiology, 1999, 121(2): 325-331.
- [4] Reddy G V P, Guerrero A. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals [J]. Trends in Plant Science, 2004, 9(5): 253-261.
- [5] 朱虹,陈玉芬,李雪萍,等.顶空固相微萃取气-质联用分析香蕉的香气成分[J].园艺学报,2007,34(2):485-488.
- [6] Pino J A, Ortega A, Marbot R, et al. Volatile components of banana fruit (*Musa sapientum* L.) “Indio” from Cuba [J]. Journal of Essential Oil Research, 2003, 15(2): 79-80.
- [7] Jordán M J, Goodner K L, Shaw P E. Volatile components in tropical fruit essences; yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degner) and banana (*Musa sapientum* L.) [J]. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 2000, 113: 284-286.
- [8] Jordán M J, Goodner K L, Shaw P E. Volatile components in banana (*Musa acuminata* Colla cv. *cavendish*) and yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degner) as determined by GC-MS and GC-Olfactometry [J]. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 2001, 114: 153-157.
- [9] 王素雅,王璋.澄清型香蕉汁的挥发性物质研究[J].食品与发酵工业,2004,30(6):22-27.
- [10] 陆永跃,梁碧玲.龙牙蕉和香芽蕉叶片挥发性化学成分比较[J].果树学报,2006,23(5):711-714.
- [11] 张淑颖,肖春,叶敏,等.香蕉果肉挥发物对桔小实蝇成虫的引诱作用[J].华中农业大学学报,2006,25(5):512-514.
- [12] Prasanna L A, Jyothi K N, Prasad A R, et al. Olfactory responses of banana pseudostem weevil, *Odoiporus longicollis* Olivier (Coleoptera: Curculionidae) to semiochemicals from conspecifics and host plant [J]. Current Science (IND), 2008, 94(7): 896-900.
- [13] Budenberg W J, Ndiege I O, Karago F W, et al. Behavioral and electrophysiological responses of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* to host plant volatiles [J]. Journal of Chemical Ecology, 1993, 19(2): 267-277.
- [14] Cerda H, Mori K, Nakayama T, et al. A synergistic aggregation phero-

mone component in the banana weevil *Cosmopolites sordidus* Germar 1824 (Coleoptera: Curculionidae) [J]. Acta Cientifica Venezolana, 1998, 49 (3): 201-203.

[15] Tinzaara W, Dicke M, Van H A, et al. Different bioassays for investigating orientation responses of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, show additive effects of host plant volatiles and a synthetic male-produced aggregation pheromone [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2003, 106 (3): 169-175.

[16] Tinzaara W, Gold C S, Dicke M, et al. Host plant odours enhance the responses of adult banana weevil to the synthetic aggregation pheromone *Cosmopolites* [J]. International journal of pest management, 2007, 53 (2): 127-137.

[17] Reddy G V P, Cruz Z T, Naz F, et al. A pheromone-based trapping system for monitoring the population of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) [J]. Journal of Plant Protection Research, 2008, 48 (4): 515-527.

[18] Ndiege I O, Budenberg W J, Lwande W, et al. Volatile components of ba-

nana pseudostem of a cultivar susceptible to the banana weevil [J]. Phytochemistry, 1991, 30 (12): 3929-3930.

[19] Gunawardena N E, Dissanayake S. Host attractants for the banana stem borer, *Odoiporus longicollis* (Coleoptera: Curculionidae): Identification, electrophysiological activity and behavioural bioassay [J]. Journal of National Science Foundation of Sri Lanka, 2000, 28 (4): 231-242.

[20] 夏尚文, 陈进. 昆虫取食和人工损伤处理对五种榕树挥发物释放的影响 [J]. 云南植物研究, 2007, 29 (6): 694-700.

[21] 刘芳, 姜永根, 程家安. 虫害诱导的植物挥发物: 植物与植食性昆虫及其天敌相互作用的进化产物 [J]. 昆虫知识, 2003, 40 (6): 481-486.

[22] 彭金英, 黄勇平. 植食性昆虫诱导的挥发物及其在植物通讯中的作用 [J]. 植物生理学通讯, 2005, 41 (5): 679-683.

[23] Hartmann T. Diversity and variability of plant secondary metabolism: a mechanistic view [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1996, 80 (1): 177-188.

Analysis of Volatile Components of Banana Weevil-induced Banana Pseudostem by Solid Phase Microextraction Coupled with Gas Chromatography-mass Spectrometry

YIN Jiong^{1,2}, ZHAO Dong-xiang², WANG Ai-ping²

(1. College of Environment and Plant Protection, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737; 2. Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien Pests, Ministry of Agriculture, Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737)

Abstract: In order to investigate the effect of banana weevil-feeding on volatile components of banana pseudostem, solid phase microextraction (SPME) was applied to trap volatile components of fresh banana pseudostem and banana weevil-induced banana pseudostem including the banana pseudostem weevil + fresh banana pseudostem, the banana corm weevil + fresh banana pseudostem, the banana pseudostem weevil + the banana corm weevil + fresh banana pseudostem, and the trapped volatile components were analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that tridecane was the same volatile component of fresh banana pseudostem, the banana corm weevil-induced banana pseudostem, the banana pseudostem weevil and banana corm weevil-induced fresh banana pseudostem, though there was not the same volatile component of fresh banana pseudostem and the banana pseudostem weevil-induced fresh banana pseudostem. And decanoic acid ethyl ester was the same volatile component of banana weevil-induced banana pseudostem. There were hydrocarbons and esters in fresh banana pseudostem and banana weevil-induced banana pseudostem. And it was different in the relative contents of aldehydes, ketones, quinones and phenols in banana weevil-induced banana pseudostem.

Key words: banana pseudostem; banana weevil; herbivore-induced plant volatiles; solid phase microextraction (SPME); gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

农机机油使用应“三避免”

一要避免接触水。机油里渗入水以后,添加剂里的金属离子就会溶解到水里,使机油变色、起泡,失去润滑性。所以要及时排除发动机漏水故障,防止冷却水漏入油底壳。在存放时也应避免机油接触到水。

二要避免光照。机油中的添加剂在阳光的照射下,会

产生分解,使机油变色、变稀,甚至产生分层,因此机油要密封、避光保存。三要避免混合使用。不同品牌的机油,其添加剂的品种和数量往往是不同的,混合以后,影响机油品质,甚至引起化学反应,即使添加好机油往往也得不偿失。