

枣树不同发育期挥发物研究

韩 颖, 李新岗*, 杨立军, 范艳玲, 张学武

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:为了研究枣树(*Ziziphus jujuba*)不同发育期的挥发物,采用固相微萃取(SPME)和 GC-MS 技术,研究了木枣(*Z. jujuba* cv *muzao*)幼叶期、花期和幼果期的挥发物。结果表明,3 个时期挥发物成分有很大差异,分别为 23、39、43 种。3 个时期特有的挥发物为 3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯(DTOT)、 α -法呢烯和 Z-3-己烯-1-醇酯,DTOT 随着枣树发育逐渐减少,而 α -法呢烯和 Z-3-己烯-1-醇酯则逐渐增加。木枣挥发物浸提结果与 SPME 结果差异很大。桃小食心虫(*Carposina niponensis*)EAG 测试表明,雌蛾对苹果和枣果的 EAG 反应极显著的高于雄蛾,雌、雄蛾对苹果的反应也极显著的高于枣果;雌蛾对苹果浸提液的反应极显著的高于枣果和枣叶,雄蛾则对枣叶浸提液的反应最高,并且雄蛾对 3 种浸提液的反应值均高于雌蛾。说明枣果、叶片及其浸提液对桃小食心虫成虫寄主选择都有影响。

关键词:枣树;发育期;挥发物;桃小食心虫

中图分类号: S665.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2010)05-0170-06

Volatiles of Chinese Jujube During Different Developmental Phases

HAN Ying, LI Xin-gang*, YANG Li-jun, FAN Yan-ling, ZHANG Xue-wu

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Volatiles of Muzao(*Ziziphus jujuba* cv *muzao*) were collected by space-solid phase micro extraction (SPME) during young leaf phase, florcence and immature fruit phase, and identified by GC-MS. The results showed that the volatile constituents were significantly different in the three stages, from which twenty-five, thirty-nine and forty-three kinds of compounds were detected. Special volatile compounds in the three stages were 3,7-dimethyl -1,3,6-octatriene (DTOT), α -farnesene and Z-3-oexen-1-ol acetate. The content of DTOT gradually decreased with the growth of jujube, but the content of α -farnesene and Z-3-hexen-1-ol acetate gradually increased. Volatile compounds extracted by CH₂Cl₂ was significantly different with those collected by SPME. EAG bioassays with unmated *Carposina niponensi* demonstrated that female moths had a significantly higher response to apple and jujube fruit than male moths, and all the moths had a significantly higher response to apple fruit than to jujube; female moths responded significantly higher to apple fruits extraction than jujube fruits and leaves, but the males responded highest to jujube leaves extraction, and the males responses to each extractions were higher than the females. EAG bioassays indicated that the fresh fruit volatiles and the extractions both contain the compounds affecting host selection of *C. niponensi*.

Key words: Chinese jujube; development phase; volatiles; *Carposina niponensis*

收稿日期: 2009-12-07 修回日期: 2010-02-25

基金项目: 国家“十一五”科技支撑(2006BAD01A1701); 农业部公益性行业专项(200803006)。

作者简介: 韩颖, 女, 在读硕士, 研究方向: 野生植物保护与利用。

* 通讯作者: 李新岗, 男, 教授。E-mail: xingangle@nwsuaf.edu.cn

植物挥发物调节着植物与周围环境的相互关系,其种类主要为萜类挥发物、绿叶气味(6 个碳的醛、醇及其酯类)、含氮化合物(萜类和脲类)和其他挥发成分(除绿叶性气味以外的醛、醇、酮、酯及呋喃衍生物)等 4 类^[1]。植物挥发物不仅在植物间化学通讯中起重要作用,而且在植物-昆虫-天敌三级营养关系中起着重要的调节作用^[2]。近 10 多年来,植物挥发物的研究已取得很大进展,特别是挥发物顶空吸附和 GC-MS 分析技术,以及近年来广泛应用的固相微萃取(SPME)技术,为该领域的研究提供了重要的技术支撑^[3]。

枣树(*Ziziphus Jujuba*)是我国特有的经济树种,种类多,栽培面积大,病虫害危害比较严重,特别是桃小食心虫(*Carposina nipponensis*)的危害。在果树挥发物研究中,不同发育期的苹果、梨、桃树等的挥发物研究的都比较清楚,有些害虫的寄主趋向成分也已经明确,如 α -法呢烯是苹果蠹蛾(*Laspeyresia pomonella*)寄主引诱剂^[4],但是枣树挥发物至今研究报道尚少。本研究旨在研究枣树不同发育期挥发物的组成及其作用,为枣树害虫的寄主引诱剂研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

浸提材料为木枣,采自西北农林科技大学红枣试验基地(陕西清涧牛家湾),110°07'E、37°07'N,海拔 900 m;苹果品种为富士,采自陕西乾县南郊果园,地处 108°E、34°N,海拔 530 m。SPME 所用材料也为木枣,树龄 5 a,采自杨陵五泉毕公村红枣苗圃,地处 108°04'E、34°16'N,海拔 500 m。

桃小食心虫(*Carposina niponensis*)以虫害果方式采自陕西乾县南郊疏于管理的苹果园,采回后在室内饲养,饲养方法参照侯月利^[5]等。羽化的雌、雄成虫用于昆虫触角电位(EAG)测试。

1.2 试剂与仪器

二氯甲烷(色谱纯,美国 TEDIA 公司)。
固相微萃取(SPME)(Supleco 公司),萃取头选用 100 μm 聚二甲基硅氧烷(PDMS);Trace DSQ 气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)(Thermo-Finnigan 公司);IDAC-2 型触角点位测量系统(EAG)及其软件(荷兰 Syntech 公司),2 mL 样品瓶。

1.3 枣树挥发物分析

1.3.1 挥发物采集 选用 5 a 生木枣(*Ziziphus jujuba* cv *muzao*),采样时间为幼叶期(4 月 25 日)、

花期(6 月 14 日)和幼果期(7 月 15 日)3 个时期。随机选取木枣二次枝中部枣吊,采样前应对选好的枣吊清洗,晾干后采样。选取 2~3 个枣吊,放入干净的锥形瓶,剪刀朝下,用保鲜膜封口,平衡 20 min 后用固相微萃取采集枣树挥发物^[6],吸附后立即进行 GC-MS 分析。

1.3.2 挥发物浸提 在桃小食心虫成虫寄主选择期(即幼果期),选用带果实的枝条,用清水清洗,晾干后剪取果实和叶片。苹果直径约 5 cm,枣果纵径约 1.2 cm,分别切取果实和叶片各 10 g 放入样品瓶中,每个样品瓶加二氯甲烷 10 mL,浸提 24 h(室温 25℃)后过滤,过滤液置于-20℃保存,待分析^[7]。

1.3.3 GC-MS 分析 进样口温度 250℃,起始温度 40℃,停留 2.5 min,之后以 8℃·min⁻¹升到 250℃。色谱柱为 SE-54 毛细管柱(30 m×0.25 mm ID,膜厚 0.25 μm),载气为氦气,纯度>99.99%;流速 1 mL·min⁻¹,分流比 50:1。质谱条件:EI 离子源,电离能 70 eV。各成分通过与谱库(NIST2002 版)标准化合物的质谱图核对并分析后,进行定性,根据峰面积归一化法进行定量。

1.4 EAG 测试

取羽化的雌、雄成虫,将触角从基部切下,去除顶端一节,用 SpectraR360 导电胶将触角固定在电极上,依据张同心^[8]等的方法,在室温下(25~27℃)测试。试验用雌、雄蛾均为 2~3 日龄,每个材料测试雌、雄触角各 6 根触角,每根触角重复刺激 7 次,间隔 30~40 s^[9]。

测试分 2 组,①鲜果测试:切取富士苹果和木枣果各 0.02 g 作为样品,空白管作对照;②浸提液测试:分别取苹果浸提液、木枣果浸提液和木枣叶浸提液各 20 μL ,二氯甲烷作对照,方法参照侯慧波、Casado^[9-10]等。采用 DPS 数据处理系统(DPS6.55)对 EAG 测试的数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同发育时期枣树的挥发物

表 1 结果显示,木枣幼叶期、花期和幼果期挥发物分别为 23、39 种和 43 种,挥发物组成随其发育逐渐增加,其种类主要包括烃类、醇(酚)类、醛类、酸类、酯类、萜类和芳香类等。幼叶期挥发物以萜类为主,占到该时期挥发物总量的 84.26%,烃类、醇类、酯类及芳香类的成分都相对较少,每类挥发量所占比例均不到 10%,并且未检测到酮类及醛类。花期挥发物成分明显增加,增加了酮类 1 种和醛类 5 种。

花期烃类、醇类、酸类、醚酯类及芳香类挥发物的总量占总挥发量的比例均显著增加,其中醛类、酮类及芳香类挥发物的总量是3个发育阶段中最高的,这与该时期花的挥发物有关^[2]。幼果期是挥发物成分最多的时期,其中烃类、醇类及酯类挥发物总量均达到最高,分别为8.54%、8.5%和58.87%;但萜类化合物种类和挥发总量明显减少,也没有检测到酸类成分。

就萜类挥发物来看,幼叶期、花期和幼果期种类逐渐减少,分别为9、5、4种;挥发物总量也逐渐减少,分别为84.26%、20.52%、19.60%。3个时期主

要萜类挥发物都为3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯(DTOT)和a-法呢烯,前者逐渐减少,分别为69.7%、8.96%和4.34%;而后者则逐渐增加,分别为5.20%、8.72%和14.78%,这可能与果实挥发物有关^[4]。a-法呢烯是苹果蠹蛾(*Laspeyresia pomonella*)寄主趋向的主要挥发物^[4],在枣树上的功能还不清楚。

在绿叶挥发物中,Z-3-己烯-1-醇酯是枣廉翅小卷蛾(*Ancylis sativa*)寄主趋向的主要物质。在木枣幼叶期、花期和幼果期乙酸叶醇酯含量逐渐增加,在幼果期其含量达42.59%。

表 1 不同发育时期枣树挥发物成分比较

Table 1 Comparison of jujube volatiles during different developmental phase

化合物类别和名称	发育时期		
	幼叶期	花期	幼果期
烃类			
二甲氧基甲烷 Dimethoxy-Methane		0.68	
十三烷 Tridecane		0.83	0.13
2-甲基-十三烷 2-methyl-Tridecane		0.47	
十四烷 Tetradecane		0.98	0.23
2,6,10-三甲基-十二烷 2,6,10-trimethyl-Dodecane		0.53	
十五烷 Pentadecane		0.78	0.26
十六烷 Hexadecane			0.19
1-甲基乙烯基-环己烷 1-methylethenyl-Cyclohexane			5.29
二环庚烷 Bicycle heptane	0.25		
甲烯基-环己烷 Methylene-Cyclohexane		1.00	2.44
合计	0.25	5.27	8.54
醇和酚类			
乙醇 Ethanol			6.58
桉油醇 Eucalyptol	0.93	0.47	
2,2'-氧代乙二醇 2,2'-oxybis-Ethanol			0.17
2-甲基-1-丁醇 2-methyl-1-Butanol		0.47	
Z-3-己烯醇 Z-3-Hexenol	0.20		
R-2-辛醇 R-2-Octanol			0.24
S- 2-辛醇 S-2-Octanol		1.55	
1-戊基环戊醇 1-Pentylcyclopentanol			0.14
丁香酚 Eugenol			0.59
戊醇 Pentanol		1.03	
芳樟醇 3,7-dimethyl-1,6-Octadien-3-ol	0.20	0.48	
橙花叔醇 E- 3,7,11-trimethyl-1,6,10-Dodecatrien-3-ol			0.53
雌甾-1,3,5(10)-三烯-17 α -醇 Estra-1,3,5(10)-trien-17 α -ol		0.67	
9-芴醇 Fluoren-9-ol	0.32		
2H-吡喃-3-醇 2H-Pyran-3-ol		0.49	
环己醇 Cyclohexanol			0.25
合计	1.65	5.16	8.5
酮类			
香叶基丙酮 6,10-dimethyl-5,9-Undecadien-2-one		1.88	0.58
环己烯-2-酮 Cyclohex-2-enone			0.20
3-十三酰-3-环己烯-4 醇-1-酮 3-tridecanoyl-3-Cyclohexen-4-ol-1-one			0.13
合计	-	1.88	0.91
醛类			
癸醛 Decanal		0.50	
5-甲基-2-糠醛 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde		1.52	0.34
2,6-二甲基-5-庚烯醛 2,6-dimethyl-5-Heptenal			0.31
2,5-呋喃二甲醛 2,5-Furandicarboxaldehyde		1.24	0.53

续表 1

化合物类别和名称	发育时期		
	幼叶期	花期	幼果期
十四烷三烯醛 Tetradecatrienal		1. 57	0. 21
5-羟甲基-2-呋喃甲醛 5- hydroxymethyl -2-Furancarboxaldehyde		0. 25	
合计	-	4. 83	1. 64
酸			
草酸 Oxalic acid		27. 40	
乙酸 Acetic acid	0. 35		
合计	0. 35	27. 40	-
醚和酯类			
辛二醇单十二醚 Octaethylene glycol monododecyl ether			0. 13
乙酸乙酯 Ethyl acetate		1. 54	0. 45
异戊酸叶醇酯 3-Hexenyl isovalerate	0. 42		
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	0. 49		0. 29
邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate			0. 31
邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate		0. 65	
Z-3-己烯-1-醇酯 Z-3-Hexen-1-ol, acetate	2. 73	5. 01	42. 59
3-环己烯-1-醇酯 3-Cyclohexen-1-ol, acetate			0. 31
Z-苯甲酸-3-己烯-1-醇酯 Z-3-Hexen-1-ol, benzoate		2. 52	0. 70
丙酸-4-己烯酯 Propanoic acid, 4-hexen-1-yl ester			0. 57
Z-丁酸-3-己烯酯 Butanoic acid, Z-3-hexenyl ester		10. 85	8. 46
正戊酸-3-己烯酯 n-Valeric acid,3-hexenyl ester		5. 79	3. 32
苯甲酸乙酯 Benzoic acid, methyl ester	0. 54		
Z-己酸-3-己烯酯 Z-Hexanoic acid, 3-hexenyl ester			0. 92
月桂酸-3-己烯酯 Dodecanoic acid, 3-hexenyl ester			0. 18
2-甲氧基苯甲酸甲酯 2-methoxy-Benzoic acid, methyl ester		0. 54	
1,2-苯二甲酸二丁酯 1,2-benzenedicarboxylic acid, 2-methylpropyl ester		2. 04	0. 51
油酸甲酯 9-Octadecenoic acid, methyl ester			0. 13
合计	4. 18	28. 94	58. 87
萜类			
莰烯 Camphene	1. 30		
β-蒎烯 β-Pinene	0. 25		
α-水芹烯 α-Phellandrene	1. 85		
α-蒎烯 α-Pinene	2. 46		
D-柠檬烯 D-Limonene	1. 77		
3,7-二甲基-1,3,6 辛三烯 3,7-dimethyl-1,3,6-Octatriene	69. 70	8. 96	4. 34
E,E-2, 6-二甲基-1, 3, 5, 7-辛四烯 E,E-2,6-dimethyl-1,3,5,7-Octatetraene	0. 57		
E,Z- 2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯 E,Z- 2,6-dimethyl-2,4,6-Octatriene	1. 16		
1-甲基乙烯基-1,5-环癸二烯 1-methylethenyl-1,5-Cyclodecadiene		0. 65	
石竹烯 Caryophyllene		1. 58	0. 27
环[4. 4. 0] 1-癸烯 Bicyclo[4. 4. 0]dec-1-ene		0. 61	
双环庚-2-烯 Bicyclohept-2-ene			0. 21
α-法呢烯 α-Farnesene	5. 20	8. 72	14. 78
合计	84. 26	20. 52	19. 60
芳香类			
甲苯 Toluene		0. 66	
环丙烷基苯 Cyclopropa-benzene	0. 24		0. 95
萘 Naphthalene		0. 60	
1-甲基-萘 1-methyl-Naphthalene		0. 49	
1,7-二甲基-萘 1,7-dimethyl-Naphthalene		1. 14	
2,2-二甲基-萘 2,6-dimethyl-Naphthalene			0. 17
呋喃 Furan	0. 51		0. 34
吲哚 Indole		0. 64	
合计	0. 75	3. 53	1. 46
其他			
环氧乙烷 Oxirane	0. 66		
甲氧基-苯基-肼 methoxy-phenyl-Oxime	7. 66	1. 79	0. 34
合计	8. 32	1. 79	0. 34

2.2 枣树不同组织挥发物的浸提

表 2 结果显示,浸提的成分主要是醇类、醛类和酯类。与固相微萃取结果比较,其浸提到的挥发物成分相对较少,相同成分为 Z-3-己烯-1-醇和 Z-3-己烯醇酯,但含量上差异较大。此外,提取的枣叶挥发物成分多于枣果,且同一成分的含量也不同,这说明

枣树不同组织挥发物组成和含量是有差异的。从挥发物采集的机制来看,固相微萃取采集的是果枝上空的挥发物,而浸提是从果肉组织得到的挥发物,所以前者的结果更接近实际^[8],表 1 和表 2 的结果也证明了这一点。

表 2 不同组织挥发物浸提成分比较

Table 2 Comparisons of volatile extraction compositions in different tissues of jujube

化合物类别和名称	组 织	
	枣叶	枣果
烃类		
4,5-二甲基-1-己烯 4,5-dimethyl-1-Hexene	25.50	
醇和酚类		
2-甲基-3-丁烯-2-醇 2-methyl-3-Buten-2-ol	14.13	41.90
2,3-二甲基-1-丁醇 2,3-dimethyl-1-Butanol	3.91	
3-甲基-3-丁烯-2-醇 -methyl-3-Buten-2-ol	5.85	
3-戊烯-2-醇 3-Penten-2-ol	24.64	12.08
S-2-己醇 S-2-Hexanol	0.30	
Z-3-己烯-1-醇 Z-3-Hexen-1-ol	7.73	28.28
苯甲醇 Benzyl Alcohol	2.68	
E-2-甲氧基-5-(1-丙烯基)- 苯酚 E-2-methoxy-5-(1-propenyl)-Phenol	2.82	
醛类		
3-甲基-戊醛 3-methyl-Pentanal		4.22
3-羟基丁醛 3-hydroxy-Butanal	1.87	
酯类		
乙酸-4-己烯醇酯 4-Hexenol, acetate		3.82
Z-3-己烯醇酯 Z-3-Hexenol, acetate	2.66	
乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester		9.71
内酯 lactone	1.63	
其他		
3-乙基-2,2-二甲基-环氧乙烷 3-ethyl-2,2-dimethyl-Oxirane	3.56	

2.3 EAG 测试

图 1 结果显示,苹果和枣都能激起桃小食心虫的触角电位反应。桃小食心虫雌雄成虫对苹果的 EAG 值均极显著的高于枣果;雌蛾对同一果实的 EAG 值极显著高于雄蛾(苹果 $F=55.175, P<0.0001$;枣 $F=238.195, P<0.0001$),这与雌虫产卵选择有关^[11]。桃小食心虫对苹果的反应显著高于枣是否与虫源来自苹果有关,还有待于采自枣树上的食心虫测试证实。

图 2 结果显示,苹果和枣的浸提液都能激起桃小食心虫触角电位反应。雌蛾对苹果浸提液的反应大于对枣果浸提液的反应,这与鲜果测试的结果一致,枣果与枣叶测试结果的差异不大;雄虫则对枣叶的反应极显著高于苹果和枣,苹果显著高于枣。此外,雄虫对各浸提液的反应高于雌虫,与果实样品的

测试结果相反。

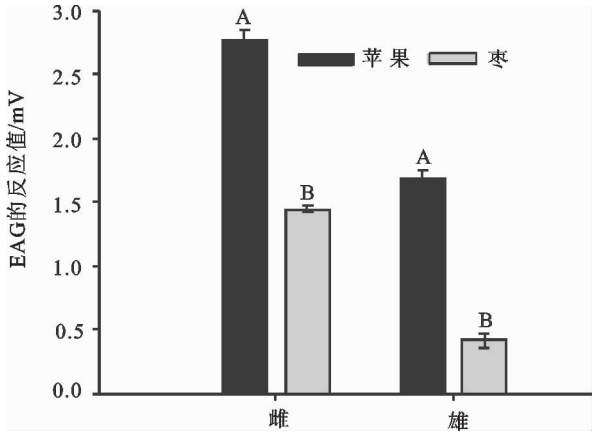


图 1 桃小食心虫对鲜果的 EAG 反应

Fig. 1 EGA responses of *C. nipponensis* to fresh fruits

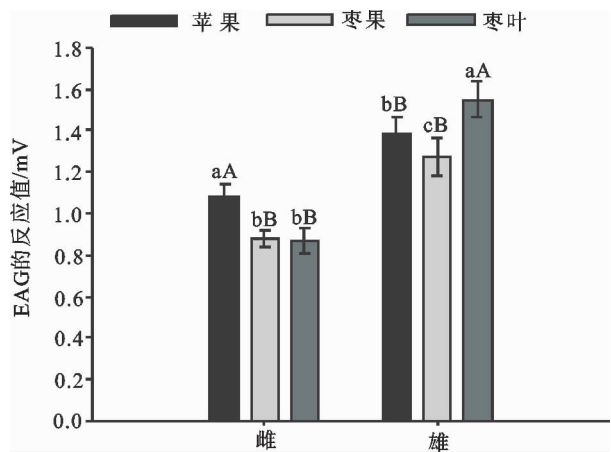


图 2 桃小食心虫对浸提液的 EAG 反应

Fig. 2 EGA responses of *C. nipponensis* to extract liquids of volatiles

3 结论与讨论

SPME 结果表明,枣树幼叶期、花期和幼果期挥发物组成有很大差异(表 1)。木枣 3 个时期挥发物分别为 23、39 和 43 种,幼叶期以萜类为主;花期醇类、酸类、酯类及芳香类挥发物明显增加;幼果期挥发物成分最多,但萜类挥发物种类和挥发总量明显减少。3 个发育期特有的挥发物为 3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯(DTOT)、 α -法呢烯和 Z-3-己烯-1-醇酯,前者随着枣树发育逐渐减少,而后 2 种则逐渐增加。枣树挥发物浸提结果与 SPME 结果差异很大。桃小食心虫雌雄蛾对苹果的 EAG 反应极显著的高于枣果,雌蛾对同一果实的 EAG 反应也极显著的高于雄蛾;雌蛾对苹果和枣果浸提液的反应与鲜果测试结果一致,但雄蛾对各浸提液的反应高于雌蛾,并且雄蛾对枣叶的反应极显著的高于苹果和枣。

采用固相微萃取和浸提法采集枣树挥发物,前者得到的挥发物的种类明显高于后者。因为浸提的是枣果组织,其挥发物可能有组织中的成分,所以与实际的挥发物差异较大。而固相微萃取采集的是植物上空的挥发物,更接近实际^[3]。鲜果和浸提液都能激起桃小食心虫的 EAG 反应,说明都有影响桃小食心虫寄主选择的挥发物。但浸提液的 EAG 反应与鲜果有很大差异,其原因还有待于进一步的研究。

参考文献:

[1] 姜永根,程家安. 虫害诱导的植物挥发物:基本特征、生态学功能及释放机制 [J]. 生态学报, 2000, 20(6): 1088-1106.

LOU Y G, CHENG J A. Herbivore-induced plant volatiles: primary characteristics, ecological functions and its release mechanism [J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20 (6): 1088-1106. (in Chinese)

[2] NATAKUA D, FLORENCE N, DINESH A N. *et al.* Plant volatiles: Recent advances and future perspectives [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2006, 25: 417-440.

[3] 阎凤鸣. 化学生态学 [M]. 北京:科学出版社, 2003.

YAN F M. Chemical Ecology [M]. Beijing: Science Press, 2003. (in Chinese)

[4] WITZGALL P, STELINSK L, GUTI L, *et al.* Codling moth management and chemical ecology [J]. Annu. Rev. Entomol., 2008, 53: 503-22.

[5] 侯月利,花蕾. 利用苹果饲养桃小食心虫的技术[J]. 陕西林业科技, 2004(2):1-4.

HOU Y L, HUA L. Techniques for rearing *Carposina sasakii* Matsumura on apple [J]. Shaanxi Forest Science and Technology, 2004(2):1-4. (in Chinese)

[6] FLAMINI G, TEBANO M, CIONI P L. Volatiles emission patterns of different plant organs and pollen of *Citrus limon* [J]. Analytica Chimica Acta, 2007, 589: 120-124.

[7] 李新岗,刘惠霞,刘拉平,等. 影响松果梢斑螟寄主选择的植物挥发物成分研究 [J]. 林业科学, 2006, 42 (6): 71-78.

LI X G, LIU H X, LIU L P, *et al.* Study on host-plant volatiles affecting the host selection of *Dioryctria pryeri* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(6): 71-78. (in Chinese)

[8] 张同心,崔为正,孙绪良,等. 松阿扁叶蜂对不同树种挥发物的触角电位反应 [J]. 昆虫学报, 2005,48 (4):514 - 517.

ZHANG T X, CUI W Z, SUN X G, *et al.* Electroantennogram responses of *Acantholyda posticalis* Matsumura to volatiles of different trees [J]. Acta Entomologica Sinica, 2005, 48 (4) : 514-517. (in Chinese)

[9] 侯慧波,李新岗,马养民,等. 油松挥发物的顶空分析及其对油松球果小卷蛾的触角电位反应 [J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 19-23.

HOU H B, LI X G, MA Y M, *et al.* Headspace analysis on volatiles of *Pinus tabulaeformis* and their electroantennogram effects on *Gravitar mata margarotana* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007,22(3): 19-23. (in Chinese)

[10] CASADO D, GEMENO C, AVILLA J, *et al.* Day-night and phenological variation of apple tree volatiles and electroantennogram responses in *Cydia pomonella* [J]. Chemical Ecology, 2006, 35(2): 258-267.

[11] MARIE B, ANNA C B, LLME, *et al.* Plant odor analysis of apple:antennal response of Codling Moth females to apple volatiles during phonological development [J]. Food Chem, 2001, 49: 3736-3741.