

光肩星天牛对寄主的选择及主要寄主挥发物的化学成分分析

王紫薇, 徐华潮, 张娓娓, 王佩星

(浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 为了探寻寄主植物气体挥发物对光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* 寄主选择的影响机制, 分别对健康的木麻黄 *Casuarina equisetifolia*, 白蜡 *Fraxinus chinensis*, 垂柳 *Salix babylonica*, 苦楝 *Melia azedarach*, 意大利杨树 *Populus euramevicana* 'I-214' 枝条挥发物进行成分分析。室内“Y”型嗅觉实验结果显示: 5种树种对天牛引诱程度不同。与对照相比, 5种树种挥发物对光肩星天牛的引诱效果差异显著($P < 0.05$), 苦楝和垂柳对光肩星天牛的引诱效果差异极显著($P < 0.01$)。气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)分析鉴定结果显示: 柳树、杨树、苦楝气体挥发物中共同含有乙酸丁酯、壬醛、蒎烯、 α -蒎烯, 木麻黄与白蜡中发现 2,4-二叔丁基苯酚、1,3-二乙基苯乙酮及樟脑。推测光肩星天牛对 5 种树种的选择差异可能与萜烯类化合物种类, 烷烃、醇类、酮类的相对含量有关。表 2 参 25

关键词: 森林保护学; 光肩星天牛; 挥发性物质; 寄主树种; 顶空吸附采样

中图分类号: S763.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2016)04-0558-06

Anoplophora glabripennis host-plant selection with main host-plant volatile chemical component analysis

WANG Ziwei, XU Huachao, ZHANG Weiwei, WANG Peixing

(School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To explore host-plant influence on the Asian long-horned beetle (*Anoplophora glabripennis*), five different healthy host branches, including *Casuarina equisetifolia*, *Fraxinus chinensis*, *Salix babylonica*, *Populus euramevicana* 'I-214,' and *Melia azedarach*, were used for a composition analysis with an indoor “Y”-tube olfactometer experiment. Host-plant volatiles from the host plants were identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Comparing with control group, results reflected that the attraction of the five host plants to *A. glabripennis* were significantly different ($P < 0.05$) with *M. azedarach* and *S. babylonica* highly significant ($P < 0.01$). GC-MS results showed differences in chemical fingerprinting. *A. glabripennis* had the strongest attraction to *S. babylonica*, *M. azedarach*, and *P. euramevicana* 'I-214' and were attracted to butyl acetate, nonyl aldehyde, camphene, and alpha pinene that existed in the three host plants. Camphor and 2,4-2 tertiary butyl phenol, a repellent to *A. glabripennis*, were identified in *F. chinensis*. A great amount of 1, 3-diethyl acetophenone was found in *C. equisetifolia*, explaining its poor attraction for *A. glabripennis* offering more theoretical basis for study and preparation of attractant and repellent to *A. glabripennis*. [Ch, 2 tab. 25 ref.]

Key words: forest protection; *Anoplophora glabripennis*; volatiles; host plants; dynamic adsorption sampling

光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* 是中国极为重要的林木蛀干害虫, 其主要危害的树种有杨属 *Populus*, 柳属 *Salix*, 榆属 *Ulmus* 和槭属 *Acer* 等^[1]。成虫取食植物叶和嫩枝, 入侵树干产卵, 幼虫会阻断植物输送的营养和水分, 从而导致树木衰弱甚至死亡^[2-3]。近几年来, 浙江省慈溪市沿海防护林受其

收稿日期: 2015-05-22; 修回日期: 2015-11-06

基金项目: 浙江省重大科技专项重点项目(2010C12029); 浙江省科学技术公益技术研究农业项目(2014C32096)

作者简介: 王紫薇, 从事森林有害昆虫综合防治研究。E-mail: wzw217@126.com。通信作者: 徐华潮, 教授, 博士, 从事昆虫系统学及有害生物综合治理研究。E-mail: xhcinsect@zafu.edu.cn

危害严重，成虫在该地的活动时间是5月下旬至8月中旬。这段时间林场内多种树种都遭到了不同程度上的危害，阻碍当地海防林发挥应有的作用，给当地的经济和生态造成了严重的威胁。目前研究认为，昆虫对植物释放的化学信息的识别开始于嗅觉感受器，植食性昆虫的嗅觉感受器在长久的协同进化中能逐渐识别那些离开植物表面向四周传播的植物气体挥发物，且识别的是挥发性信息化化合物的化学指纹图谱，进而决定其补充营养和产卵寄主的选择^[4-6]。光肩星天牛这类植食性昆虫在寻找寄主植物的过程中，寄主植物所释放的挥发性信息化化合物起到极为重要的通信引导作用，天牛通过它可以识别定位寄主植物产生寄主定向行为。除此以外，植物气体挥发物还影响着昆虫的交配产卵行为、驱避行为、致死行为及对天敌的有效定位行为等^[7-9]。因此，研究寄主植物气体挥发物对于防治光肩星天牛具有重要的意义。李建光等^[10-11]和张凤娟等^[12]在对光肩星天牛的寄主植物选择研究中，发现不同寄主树种对光肩星天牛的引诱能力是不同的，可以分为感虫树种与抗性树种。感光肩星天牛的树种能释放较多的酯类、萜类物质，而抗性树种则会释放较多的醇类、醛类物质，而脂肪族化合物，如己醇、反-2-己烯醇、反-2-己烯醛对光肩星天牛都具有一定的刺激，乙酸乙酯和丙酸丙酯对其有较强的趋性反应。NEHME等^[13]和张爱军等^[14]发现 δ -3-萜稀、(E)-石竹稀、(-)-芳樟醇和(Z)-3-己烯-1-醇对光肩星天牛雄虫有一定的吸引力，而(Z)-3-己烯对雄虫有趋避作用，且4-(n-庚氧)丁烷-1-醇和4-(n-庚氧)丁烷的混合物对光肩星天牛是有引诱作用的。这些挥发性物质很可能是引诱剂和驱避剂的重要物质之一。本研究对光肩星天牛成灾地带的几种树种气体挥发物的化学成分进行详细组分分析，并进行室内生物实验的验证，为光肩星天牛相应的引诱剂及驱避剂的研究与制备提供更多的理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料和仪器

在光肩星天牛为害区浙江省慈溪市沿海防护林区，选择5年生木麻黄 *Casuarina equisetifolia*，白蜡 *Fraxinus chinensis*，垂柳 *Salix babylonica*，苦楝 *Melia azedarach*，意大利杨 *Populus euramevicana* ‘I-214’等5种植种健康且无缺损枝条。在慈溪沿海防护林中捕捉的光肩星天牛成虫。取样地地理坐标30°02′~30°19′N，121°02′~121°36′E，中心为30°10′N，121°14′E。QC-1型大气采样仪(北京劳动保护所)；气相色谱与质谱连用仪(Agilent7890A-5975C GC-MS)；Porapark Q吸附剂。

1.2 植物气体挥发物的抽提

用Ziploc采样袋(44.3 cm × 55.8 cm)套上寄主植物枝条，进气口连接吸附剂，出气口连接活性炭。利用QC-1型大气采样仪抽提，袋内空气被用石英玻璃管(L=10 cm, R=3 mm)装的以氮气为保护气体活化的Porapark Q吸附剂所吸附。采样时间为5 h(10:00-15:00)，流速是100 mL·min⁻¹。重复3次·树种⁻¹。抽提完后用3 × 500 μL以正十二烷为内标的色谱纯正己烷(500 °C)洗脱，然后样品放入冰箱内-5 °C保存备用。

1.3 植物气体挥发物的气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)分析

用Agilent7890A-5975C GC-MS气质联用仪对5种植物气体挥发物抽提样品进行成分分析。色谱柱是DB-5MS毛细色谱柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 μm)，无分流进样，进样量2.0 μL。升温程序为60 °C，恒温2 min，然后以5 °C·min⁻¹的速度升到180 °C保持5 min，再以10 °C·min⁻¹的速度升到280 °C保持2 min。电离方式为EI源，电离能量为70 eV，四极杆150 °C，离子源发生器温度230 °C，质量扫描范围(m/z)是20~300，灯丝电流150 μA。挥发物组分的鉴定是通过气质联用仪(GC-MS)连接计算机的NIST08谱库来自动检索分析组分的质谱数据，并参考相关的标准图谱对全部检索结果进行再次核对和进一步的补充检索，采用色谱峰面积归一法分析，计算各组分的相对含量。

1.4 生物测定

采用“Y”型嗅觉仪对光肩星天牛进行趋向性实验^[12,15-16]。实验时，选用触角和附肢完好且活力较强的光肩星天牛作为实验昆虫；选择大小一致的5种寄主植物的健康嫩枝条。每次实验在虫口放4头光肩星天牛，雌雄各半后开始计时，观察光肩星天牛的行为及反应并记录它进入引诱臂和对照臂的频率(天牛落入球形陷阱内1次计为1个频次)，观察60 min·次⁻¹，测定完1次后将引诱臂与对照臂对换，更换新鲜植物及实验昆虫，重复测定1次，完成1组，重复3次·组⁻¹。

1.5 数据处理

采用卡方检验来分析光肩星天牛成虫对不同植物的趋性行为结果。

2 结果与分析

2.1 光肩星天牛对5种植物的趋性

室内“Y”型嗅觉实验得出光肩星天牛在不同植物为引诱源的情况下分别进入引诱臂和对照臂的平均频次。结果显示：5种植物对光肩星天牛引诱程度不同(表1)。与对照相比，5种树种挥发物对光肩星天牛的引诱效果差异显著($P<0.05$)，苦楝和垂柳对光肩星天牛的引诱效果差异极显著($P<0.01$)。

表1 光肩星天牛对不同植物的行为反应

Table 1 Behavior respond of *Anoplophora glabripennis* to different host plants

植物名称	第1组		第2组		第3组		选择率/%	
	引诱臂	对照臂	引诱臂	对照臂	引诱臂	对照臂	引诱臂	对照臂
垂柳	8	2	7	2	6	1	81.33 A	18.67 B
意大利杨	6	1	9	3	6	2	78.67 a	21.33 b
苦楝	9	1	8	2	8	2	83.33 A	16.67 B
木麻黄	6	2	4	3	6	2	69.05 a	30.95 b
白蜡	4	3	5	3	4	2	62.10 a	37.90 b

说明：表中数值表示在60 min内光肩星天牛落入球形陷阱的频次及选择率，同行的不同小写字母代表差异显著($P<0.05$)，不同大写字母代表差异极显著($P<0.01$)。

2.2 5种植物气体挥发物成分

通过GC-MS分析，初步确定光肩星天牛成灾地带的5种树种挥发物的化学组分包括醇类、酮类、酯类、萜类、醛类等，共检测出20余种主要挥发性化合物(表2)。

其中垂柳的气体挥发物有7种，意大利杨树的气体挥发物有6种，苦楝的气体挥发物有7种，木麻黄的气体挥发物有7种，白蜡的气体挥发物有8种。表2可知： α -蒎烯同时存在于垂柳、杨树、苦楝及木麻黄的气体挥发物中，垂柳、杨树、苦楝这3种树的气体挥发物中均含有蒎烯，其中蒎烯(13.51%)和 α -蒎烯(62.63%)在苦楝的挥发物成分中所占比例较高，垂柳与杨树挥发物成分中同时含有乙酸丁酯和壬醛，乙酸丁酯(40.78%)和壬醛(19.43%)在垂柳的挥发物成分中所占比例要高于杨树。与其他树种相比，苦楝的气体挥发物中还含有少量的 β -蒎烯(21.43%)，木麻黄的气体挥发物中含有大量的对二乙基苯(33.16%)和1,3-二乙基苯乙酮(31.89%)，白蜡的气体挥发物中含有 γ -丁内酯(26.04%)，2-乙基己醇(17.78%)，少量樟脑(6.85%)和2,4-二叔丁基苯酚(6.77%)。

3 结论与讨论

植物挥发性物质是分子量为100~200的有机化学物质，包括烃类、醇类、醛类、酮类、有机酸类、萜烯类、芳香类化合物，它们按照一定的比例形成不同的化学指纹图谱对植食性昆虫产生嗅觉刺激^[17-19]。顶空吸附采样及GC-MS分析鉴定的数据表明：各种树种都具有不同的化学指纹图谱，垂柳和杨树释放的挥发物中以醛类、酯类、萜烯类为主，苦楝释放的挥发物中以萜烯类为主，木麻黄释放的挥发物以酮类、烷烃类为主，白蜡释放的挥发物中以醇类、酯类、烷烃类为主。IKEDA等^[20]通过室内及野外研究证明了一定溶度的壬醛及 α -蒎烯是对天牛有引诱作用的代表信息素，PHILLIPS等^[21]早在1988年发现单萜烯类挥发物对多种天牛有积极反应。范丽青等^[22]研究证明：乙酸乙酯、水芹烯、蒎烯对光肩星天牛具有明显的引诱作用。从表2可以发现：光肩星天牛选择性较高的垂柳、杨树、苦楝挥发物中萜烯类化合物种类丰富(α -蒎烯、 β -蒎烯、蒎烯、柠檬烯、长叶烯、月桂烯等)。其中 α -蒎烯、蒎烯共同存在于垂柳、杨树、苦楝这3种对光肩星天牛有明显引诱作用的寄主植物的挥发物中，而白蜡和木麻黄挥发物中只存在1种或几乎没有萜烯类化合物。因此，我们推断光肩星天牛对垂柳、苦楝、意杨较高的选择性不仅与 α -蒎烯、蒎烯这类常见的具有引诱作用的萜烯类化合物有关，还可能与其气体挥发物中萜烯类化合物种类较多有关。

表 2 光肩星天牛 5 种寄主植物主要气体挥发物成分相对含量

Table 2 Main chemical composites of volatiles from host plants of *Anoplophora glabripennis* adults

化合物	气体挥发物相对含量/%				
	垂柳	杨树	苦楝	木麻黄	白蜡
2-茛醇				2.23 ± 0.72	
2-乙基己醇					17.78 ± 2.35
壬醛	19.43 ± 2.52	20.54 ± 3.56			
对乙基苯乙酮				6.65 ± 0.99	
1,3-二乙基苯乙酮				31.89 ± 5.01	
马苯烯酮			0.9 ± 0.59		
γ-丁内酯					26.04 ± 1.23
乙酸丁酯	40.78 ± 6.96	46.03 ± 7.99			
α-蒎烯	11.44 ± 1.67	13.36 ± 2.28	62.63 ± 5.27	11.56 ± 1.69	
β-蒎烯			21.43 ± 1.67		
苈烯	8.16 ± 2.86	7.64 ± 2.86	13.51 ± 3.6		
柠檬烯	4.74 ± 1.88	2.8 ± 1.63			
长叶烯		5.19 ± 1.4			
月桂烯			0.68 ± 0.36		
水芹烯			0.77 ± 0.14		
对二乙基苯				33.16 ± 3.88	
樟脑					6.85 ± 0.80
六甲基环三硅氧烷	7.26 ± 4.44				6.99 ± 0.77
八甲基环四硅氧烷	3.46 ± 1.92				20.39 ± 2.21
2,4-二甲基庚烷				3.54 ± 0.65	
2,5-二叔丁基苯酚					6.77 ± 0.75
其他烷烃				8.79 ± 1.46	6.25 ± 0.49

说明: 表中数据是平均值±标准差(n=3); 若为空白, 则说明没有检测到该化合物或者相对含量很低。

李继泉等^[15]研究表明: (E)-1-戊烯-3-醇及 trans-香叶基丙酮对天牛具有驱避作用, 而樟脑常用于杀虫剂。薛勇^[23]也曾在 1996 成功利用樟脑丸熏蒸法防治光肩星天牛。张凤娟等^[12]在研究 4 种不同槭树时发现, 醇类和醛类的含量变化是和植物抗性顺序一致的, 故猜测木麻黄与白蜡引诱作用较其他 3 种要差的原因, 可能与白蜡中樟脑及木麻黄中较高的醇类和酮类有关。由表 2 分析发现, 对光肩星天牛引诱效果较差的木麻黄和白蜡的挥发物组成中烷烃类化合物要明显高于其他 3 种, 故推测烷烃的含量可能对光肩星天牛起到驱避的作用。

光肩星天牛对以上几种化合物或是它们的组合的反应究竟如何, 这几种化合物对光肩星天牛是否都有刺激作用, 刺激程度又有什么区别, 这些仍需进一步的生物测定实验及野外实验验证。阎雄飞等^[24]发现: 光肩星天牛在没有嗜好寄主气味的前提下会趋向选择其羽化前的原寄主, 称此为印痕现象。这是否会是影响实验结果的一大原因。HANKS^[25]研究发现: 天牛科不像鳞翅目 Lepidoptera 那样通过远程信息素来定位其伴侣, 它们是依靠嗅觉感受器去识别来自其寄主植物的挥发性刺激物, 从而定位其伴侣。植物气体挥发物可调控植物-昆虫之间的多种行为。然而, 植物气体挥发物还能调控光肩星天牛什么行为, 是怎样对光肩星天牛行为进行的调控, 又是哪些挥发性化合物起到的作用, 仍需要大量实验去研究探讨, 从而为光肩星天牛防治提供理论基础。

4 参考文献

- [1] 黄竞芳, 骆有庆, 周章义. 中国光肩星天牛研究的新进展[J]. 陕西林业科技, 1992, 26(2): 57 - 62.
HUANG Jingfang, LUO Youqing, ZHOU Zhangyi. New progress in *Anoplophora glabripennis* Motsch study in China [J]. *J Shaaxi For Sci Technol*, 1992, 26(2): 57 - 62.
- [2] HAACK R A. Research on *Anoplophora glabripennis* in the United States [J]. *Nachricht Deut Pflanzenschutzd*, 2003, 55(4): 68 - 70.

- [3] MOREWOOD W D, HOOVER K, NEINER P R, *et al.* Host tree resistance against the polyphagous wood-boring beetle *Anoplophora glabripennis* [J]. *J Entomol Exp Appl*, 2004, **110**(1): 79 – 86.
- [4] 丁红健, 郭予元. 寄主植物它感化合物与害虫行为的关系及其利用[J]. 植物保护, 1995, **21**(5): 33 – 35.
DING Hongjian, GUO Yuyuan. The relationship between sense of compound of host plant and insect behavior and its use [J]. *Plant Prot*, 1995, **21**(5): 33 – 35.
- [5] 李典漠, 周立阳. 协同进化: 昆虫与植物的关系[J]. 昆虫知识, 1997, **34**(1): 45 – 49.
LI Dianmo, ZHOU Liyang. Co-evolution: the relationship between insects and plants [J]. *Entomol Knowl*, 1997, **34**(1): 45 – 49.
- [6] 钦俊德, 王琛柱. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系[J]. 昆虫学报, 2001, **44**(3): 360 – 365.
QIN Junde, WANG Chenzhu. The relation of interaction between insects and plants to evolution [J]. *Acta Entomol Sin*, 2001, **44**(3): 360 – 365.
- [7] 杜家纬. 植物-昆虫间的化学通讯及其行为控制[J]. 植物生理学报, 2001, **27**(3): 193 – 200.
DU Jiawei. Plant-insect chemical communications between plants and insects and its behavior control [J]. *Acta Phytophysic Sin*, 2001, **27**(3): 193 – 200.
- [8] 樊慧, 金幼菊, 李继泉, 等. 引诱植食性昆虫的植物挥发性信息化化合物的研究进展[J]. 北京林业大学学报, 2004, **26**(3): 76 – 80.
FAN Hui, JIN Youju, LI Jiquan, *et al.* Advances on plant volatile semiochemicals attracting herbivorous insects [J]. *J Beijing For Univ*, 2004, **26**(3): 76 – 80.
- [9] 严善春, 孙江华, 迟德富, 等. 植物挥发性物质对落叶松球果花蝇的驱避效果[J]. 生态学报, 2003, **23**(2): 314 – 319.
YAN Shanchun, SUN Jianghua, CHI Defu, *et al.* The repellency effects of plant volatiles to *Lasiomma laricicola* spp. damaging larch cones [J]. *Acta Ecol Sin*, 2003, **23**(2): 314 – 319.
- [10] 李建光. 光肩星天牛对寄主植物挥发性物质的行为反应及作用机理的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2001.
LI Jianguang. *Behavioral Responses and Mechanism of Anoplophora glabripennis (Motschulsky) to Host Volatile Compounds* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2001.
- [11] 李建光, 金幼菊, 骆有庆, 等. 光肩星天牛不同寄主树种挥发性物质的比较分析[J]. 北京林业大学学报, 2002, **24**(5): 165 – 169.
LI Jianguang, JIN Youju, LUO Youqing, *et al.* Comparative analysis of volatile compounds from different host plants of *Anoplophora glabripennis* (Motsch.) [J]. *J Beijing For Univ*, 2002, **24**(5): 165 – 169.
- [12] 张风娟, 金幼菊, 陈华君, 等. 光肩星天牛对4种不同槭树科寄主植物的选择机制[J]. 生态学报, 2006, **26**(3): 871 – 875.
ZHANG Fengjuan, JIN Youju, CHEN Huajun, *et al.* The selectivity mechanism of *Anoplophora glabripennis* on four different species of maples [J]. *Acta Ecol Sin*, 2006, **26**(3): 871 – 875.
- [13] NEHME M E, KEENA M A, ZHANG A, *et al.* Attraction of *Anoplophora glabripennis* to male-produced pheromone and plant volatiles [J]. *Environ Entomol*, 2009, **38**(6): 1745 – 1755.
- [14] ZHANG Aijun, OLIVER J E, ALDRICH J R, *et al.* Stimulatory beetle volatiles for the Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) [J]. *Zeitschrift Fur Naturforsch C*, 2002, **57**(5/6): 553 – 558.
- [15] 李继泉, 樊慧, 金幼菊. 光肩星天牛对损伤后复叶槭植株的行为反应[J]. 北京林业大学学报, 2003, **25**(5): 42 – 46.
LI Jiquan, FAN Hui, JIN Youju. Behavior response of *Anoplophora glabripennis* to the mechanical-wounded and herbivore-fed ashleaf maples [J]. *J Beijing For Univ*, 2003, **25**(5): 42 – 46.
- [16] HONDA K. Defensive potential of components of the larval osmeterial secretion of papilionid butterflies against ants [J]. *Physiol Entomol*, 1983, **8**(2): 173 – 179.
- [17] 杜永均, 严福顺. 植物挥发性次生物质在植食性昆虫、寄主植物和昆虫天敌关系中的作用机理[J]. 昆虫学报, 1994, **37**(2): 233 – 250.
DU Yongjun, YAN Fushun. The role of plant volatiles in tritrophic interactions among phytophagous insects, their host plants and natural enemies [J]. *Acta Entomol Sin*, 1994, **37**(2): 233 – 250.
- [18] 卢伟, 侯茂林, 文吉辉, 等. 植物挥发性次生物质对植食性昆虫的影响[J]. 植物保护, 2007, **33**(3): 7 – 11.

- LU Wei, HOU Maolin, WEN Jihui, *et al.* Effects of plant volatiles on herbivorous insects [J]. *Plant Prot*, 2007, **33**(3): 7 – 11.
- [19] VISSER J H. Host odor perception in phytophagous insects [J]. *Ann Rev Entomol*, 1986, **31**(1): 121 – 144.
- [20] IKEDA T, ODA K, YAMANE A, *et al.* Volatiles from pine logs as the attractant for the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *J Jpn For Soc*, 1980, **62**(4): 150 – 152.
- [21] PHILLIPS T W, WIKENING A J, ATKINSON T H, *et al.* Synergism of turpentine and ethanol as attractants for certain pine-infesting beetles (Coleoptera) [J]. *Environ Entomol*, 1988, **17**(3): 456 – 462.
- [22] 范丽清, 严善春, 孙宗华, 等. 光肩星天牛对植物源挥发物的触角电位和行为反应[J]. 生态学杂志, 2013, **32**(1): 142 – 148.
- FAN Liqing, YAN Shanchun, SUN Zonghua, *et al.* EAG and behavioral responses of Asian longhorn beetle *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) to plant volatiles [J]. *Chin J Ecol*, 2013, **32**(1): 142 – 148.
- [23] 薛勇. 樟脑丸熏蒸法防治果树蛀干害虫[J]. 吉林农业, 1996, **12**(9): 16 – 17.
- XUE Yong. Fumigation of f camphor ball to prevent decayed stem pests of fruiter [J]. *J Agric Jilin*, 1996, **12**(9): 16 – 17.
- [24] 阎雄飞, 李晓娟, 骆有庆, 等. 光肩星天牛成虫对原寄主枝条挥发物趋向的测定[J]. 北京林业大学学报, 2008, **30**(3): 80 – 84.
- YAN Xiongfei, LI Xiaojuan, LUO Youqing, *et al.* Taxis response of *Anoplophora glabripennis* adults to volatiles emanating from their host twigs [J]. *J Beijing For Univ*, 2008, **30**(3): 80 – 84.
- [25] HANKS L M. Influence of the larval host plant on reproductive strategies of cerambycid beetles [J]. *Ann Rev Entomol*, 2003, **44**(1): 483 – 505.