

5种蒿属植物挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的趋避活性分析

程 昉,张雨蔚,邵明凯,张 蕊,刘世佳,孔维宝,梁俊玉*

西北师范大学生命科学学院,兰州市安宁区安宁东路967号 730070

摘要:为探索烟草甲和嗜卷书虱的有效绿色防治方法,在实验室进行了牛尾蒿、灰芭蒿、红足蒿、白莲蒿和华北米蒿挥发油对两种仓储害虫的趋避活性试验。分别测试了5个浓度(烟草甲:78.63、15.73、3.15、0.63和0.13 nL/cm²,嗜卷书虱:31.58、6.32、1.26、0.25和0.05 nL/cm²)条件下5种蒿属植物挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的趋避率,并评价了其趋避效果。结果表明:①红足蒿对烟草甲趋避活性最高,在高浓度(78.63 nL/cm²)条件下,趋避率达98%,其次是白莲蒿和华北米蒿。其中,华北米蒿的持续作用时间较长,高测试浓度条件下作用4 h时,趋避率仍达到96%;②对嗜卷书虱而言,在较高浓度(31.58 nL/cm²)条件下,牛尾蒿对其趋避效果最显著,达96%;③在使用浓度较低时,5种蒿属植物挥发油对两种仓储害虫的趋避作用效果均较弱。5种蒿属植物挥发油对两种仓储害虫在一定的浓度和时间内表现出明显的趋避效果。

关键词:蒿属植物;挥发油;烟草甲;嗜卷书虱;趋避活性

中图分类号:S482.3⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-0861(2019)11-0017-06

Repellent activities of essential oil extracts from five *Artemisia* species against *Lasioderma serricorne* and *Liposcelis bostrychophila*

CHENG Fang, ZHANG Yuwei, SHAO Mingkai, ZHANG Rui, LIU Shijia, KONG Weibao, LIANG Junyu*

College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: For green control against *Lasioderma serricorne* and *Liposcelis bostrychophila*, a laboratory experiment was conducted to investigate the repellent activities of essential oils extracted from five species of Genus *Artemisia* (*A. dubia*, *A. roxburghiana*, *A. rubripes*, *A. sacrorum* and *A. giraldii*) against the two pests in stored tobacco. The repellent rates of the five essential oils were evaluated at ten test concentrations (78.63, 15.73, 3.15, 0.63 and 0.13 nL/cm² for *L. serricorne*; 31.58, 6.32, 1.26, 0.25 and 0.05 nL/cm² for *L. bostrychophila*). The results showed that: 1) At the concentration of 78.63 nL/cm², the essential oil of *A. rubripes* presented the strongest repellent activity against *L. serricorne* with up to 98% repellent rate, and this was followed by the essential oils of *A. sacrorum* and *A. giraldii*. The repellent duration time of *A. giraldii* essential oil was longer than the other essential oils, with its repellent rate still reaching 96% after 4 h. 2) At the concentration of 31.58 nL/cm², the repellent effect of *A. dubia* essential oil was the most significant against *L. bostrychophila*, its repellent rate was up to 96%. 3) The repellent effects of the five essential oils were weaker against the two pests at lower concentrations. In conclusion, the essential oils extracted from the five plants presented

收稿日期:2018-11-20 修回日期:2019-06-05

基金项目:甘肃省自然科学基金项目“基于植物源的当归仓储害虫防治研究”(18JR3RA092);2018年陇原青年创新创业团队项目“陇南油橄榄资源综合利用关键技术研究”。

作者简介:程昉(1966—),大专,实验师,研究方向:药理学。E-mail:climbflower@163.com;*通信作者:梁俊玉, E-mail:liangjunyu@nwnu.edu.cn

引文格式:程昉,张雨蔚,邵明凯,等.5种蒿属植物挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的趋避活性分析[J].烟草科技,2019,52(11):17-22.(CHENG Fang, ZHANG Yuwei, SHAO Mingkai, et al. Repellent activities of essential oil extracts from five *Artemisia* species against *Lasioderma serricorne* and *Liposcelis bostrychophila* [J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(11): 17-22) DOI:10.16135/j.issn1002-0861.2018.0507

significant repellent effects against the two pests in stored tobacco at certain concentrations and duration.

Keywords: *Artemisia*; essential oil; *Lasioderma serricorne*; *Liposcelis bostrychophila*; Repellent activity

烟草甲(*Lasioderma serricorne*)属鞘翅目窃蠹科昆虫,对烟草为害极大^[1]。目前,防治烟草甲的方法主要是磷化氢熏蒸^[2]。但磷化氢在0.4 mg/m³浓度条件下对人体健康产生威胁^[3],且长期使用会导致烟草甲产生抗性^[4]。嗜卷书虱(*Liposcelis bostrychophila*)属虱啮目书虱科昆虫,活动能力强,繁殖迅速,广泛存在于粮食仓库及居室环境中,为害严重^[5]。目前我国嗜卷书虱已成为“双低”(低氧、低药剂)和“三低”(低氧、低药剂、低温)储粮中的主要害虫种群^[6]。而化学杀虫剂的长期应用,导致嗜卷书虱的抗药性增强^[7]。因此,寻找一种可代替化学熏蒸剂或杀虫剂的新型农药十分必要。

植物挥发油具有抗氧化、抑菌消炎、驱虫杀虫、解热镇痛等功效,具有开发成为天然食品防腐剂、抑菌剂、抗氧化剂及天然保健型化妆品等的潜力^[8]。目前,将植物挥发油及其成分作为绿色环保杀虫剂的研究较多^[9]。此外,植物挥发油对人畜安全,且害虫不易产生抗性,是新型的环保杀虫药剂^[10]。Nerio等^[11]综述了植物挥发油的趋避活性,提出桉属、罗勒属和香茅属植物挥发油目前应用广泛,其中,桉属植物挥发油具有驱蚊作用,罗勒属植物挥发油很早就被作为趋避剂使用。此外,对于香茅属植物挥发油而言,泰国就已经用爪哇香茅铺于储粮容器底部来防治害虫,我国海南省某些地区也利用香茅草来驱虫灭虫^[12]。

我国植物资源丰富,本研究中所涉及到的5种蒿属植物分布也十分广泛。其中,牛尾蒿主要分布于东北、华北、西北及西南诸省区^[13];灰苞蒿分布于陕西(南部)、甘肃(南部)等地;红足蒿主要分布于东北、华北各省区等地^[14];白莲蒿除西藏、台湾未见分布与记载外,全国均有分布;华北米蒿分布于内蒙古、陕西、甘肃等省(自治区)^[15]。蒿属植物挥发油多具有杀虫、抗菌等活性,其主要化学成分为聚乙炔类、黄酮类、萜类及其衍生物,如倍半萜内酯类等^[16-17]。已有研究表明,萜类物质具较好的抗虫活性,同时也表

现出一定趋避作用^[18-19]。因此,近年来蒿属植物挥发油对一些仓储害虫的熏蒸、趋避以及触杀活性的研究也越来越受重视。Liang等^[20]研究了5种蒿属植物(苜蓿蒿、华北米蒿、灰苞蒿、红足蒿以及白莲蒿)对赤拟谷盗的趋避作用,发现除白莲蒿外,其他4种蒿属植物挥发油对赤拟谷盗均有明显趋避作用,且趋避效果与阳性对照避蚊胺相当。苜蓿蒿挥发油对烟草甲和赤拟谷盗也有熏蒸和触杀活性^[21]。牛尾蒿挥发油对赤拟谷盗和嗜卷书虱也均表现出驱避活性^[22]。为此,通过分析、评估华北米蒿、牛尾蒿、灰苞蒿、白莲蒿及红足蒿5种蒿属植物来源的挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的趋避效果,旨在寻找对两种常见仓储害虫具有较高趋避活性的植物挥发油,为绿色、高效的植物源驱虫剂开发和应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供应虫源

烟草甲饲养于含小麦粉和酵母(10:1,质量比)混合培养的0.5 L广口瓶中。以奶粉、酵母和面粉(1:1:1,质量比)的混合物饲养嗜卷书虱。两种昆虫置于恒温箱中培养,温度29~31℃,相对湿度70%~80%。试验用昆虫均为1~2周的成虫。

1.1.2 试剂

正己烷(分析纯,烟台市双双化工有限公司),避蚊胺(DEET,纯度99%)购于上海阿拉丁生化科技股份有限公司。

1.1.3 植物材料及挥发油的提取

5种蒿属植物采集信息及其挥发油主要组分如表1所示。将5种蒿属植物的地上部分风干、粉碎、称量后转移到挥发油提取器中,进行6 h的水蒸气蒸馏,得到的粗挥发油用无水Na₂SO₄干燥后获得植物挥发油。将所提取的挥发油分别置于不同的密封容器中于4℃冰箱中保存。

表1 5种蒿属植物的采集信息

Tab.1 Information of essential oils extracted from five *Artemisia* species

植物种类	采集时间/(年/月)	采集地点	经纬度和海拔/m
牛尾蒿	2017/8	兰州市安宁区北山	35°48'N, 104°04'E, 2 144 m
灰苞蒿	2017/8	永登县连城镇	36°40'18"N, 102°33'12"E, 1 900 m
红足蒿	2017/6	宕昌县大河坝	33°58'01"N, 104°25'15"E, 1 776 m
白莲蒿	2017/8	宕昌县大河坝	33°58'01"N, 104°25'15"E, 1 776 m
华北米蒿	2017/6	天水市秦州区南山	34°34'03"N, 105°42'58"E, 1 244 m

1.2 试验方法

参照文献[20, 23-24]的方法测定挥发油对烟草甲的趋避作用。将挥发油溶解于正己烷溶液中制成 5 个连续的测试浓度,为避免所得到的试验结果差异过小,不能阐明实验效果,在对预备实验结果分析后将测试浓度设置为 78.63, 15.73, 3.15, 0.63 和 0.13 nL/cm² 5 个梯度。用直径为 90 mm 的培养皿,将相同大小的滤纸剪成等大两片,取 500 μL 稀释液均匀地涂在实验组滤纸上,同时将另一半滤纸用 500 μL 正己烷作为阴性对照,待溶剂挥发 30 s 后,将两片滤纸粘贴在培养皿底部,并迅速向其中中央分界线处放置试虫(不可重复使用),并在培养皿上加盖。每个浓度重复 5 次,每次 20 头试虫。同时将避蚊胺作为阳性对照,重复以上实验操作。分别在 2 h 和 4 h 后统计出现在不同区域内的试虫数量,并计算趋避率(PR)。

参照文献[25]的方法测定挥发油对嗜卷书虱的驱避活性。具体操作与上述方法相同,在预实验基

础上将挥发油浓度设置为 31.58、6.32、1.26、0.25 和 0.05 nL/cm²。滤纸片直径为 6 cm,阴性对照正己烷用量为 150 μL。同样在 2 h 和 4 h 后对每片滤纸上的试虫进行计数,并计算每种挥发油的 PR。

PR 计算公式:

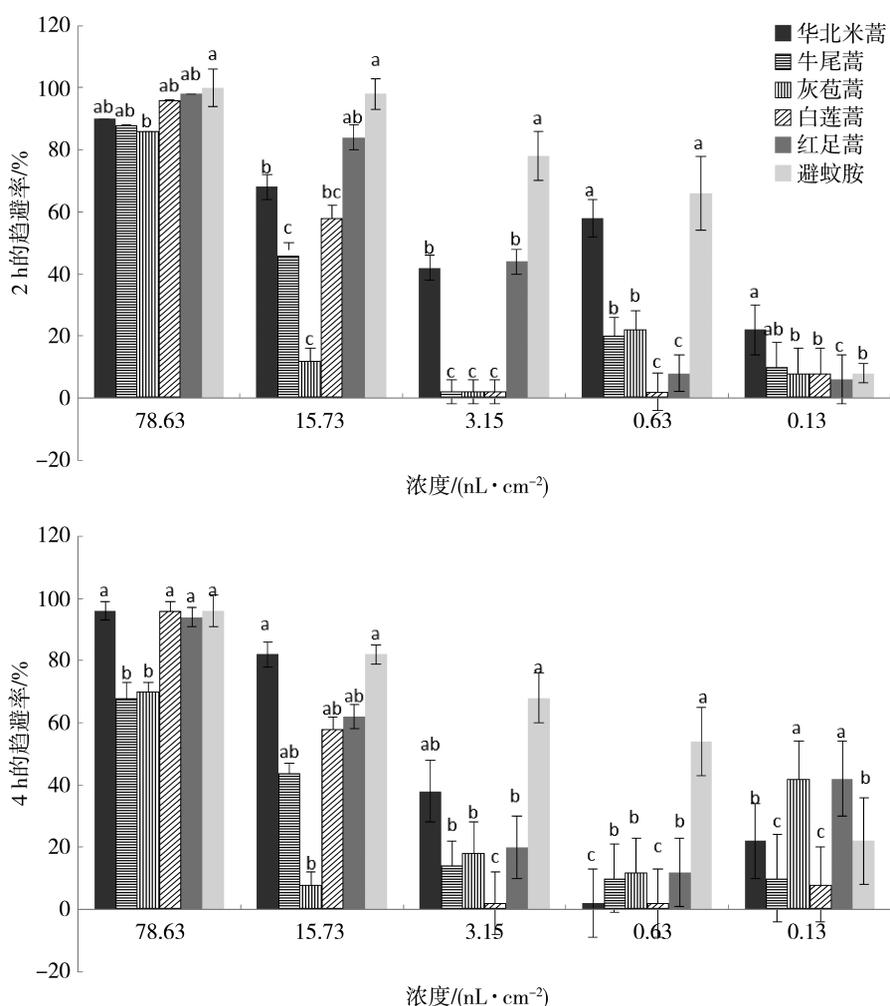
$$PR = [(N_c - N_t) / (N_c + N_t)] \times 100\%$$

式中: N_c 为出现在阴性对照区域的试虫数量,头; N_t 为出现在实验组区域的试虫数量,头。计算出 PR 的平均值,采用方差分析法(IBM SPSS Statistics V22 软件)分析同一种浓度下 5 种蒿属植物挥发油趋避率的差异显著性,并计算平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 5 种蒿属植物挥发油对烟草甲的趋避活性

5 种蒿属植物挥发油对烟草甲作用 2 h 和 4 h 的趋避效果见图 1。红足蒿、牛尾蒿、华北米蒿和白莲蒿在最高测试浓度(78.63 nL/cm²)条件下作用 2 h 时,



同组柱形图上带有不同小写字母者表示在 0.05 水平上的差异显著性。下同

图 1 5 种蒿属植物挥发油对烟草甲作用 2 h 和 4 h 后的趋避活性比较

Fig.1 Comparing repellent activities of essential oils extracted from five *Artemisia* species against *L. serricorne* after 2 h and 4 h

与阳性对照避蚊胺间PR差异不显著。其中,红足蒿、华北米蒿和白莲蒿的PR均高于90%,红足蒿的趋避活性最强,且在15.73 nL/cm²浓度下其PR与阳性对照间差异没有达到显著水平($p>0.05$)。在78.63 nL/cm²浓度条件作用4 h后,华北米蒿、白莲蒿和红足蒿的PR与阳性对照间无显著差异,在15.73 nL/cm²浓度条件下,华北米蒿的PR较高,与阳性对照避蚊胺间差异不显著。可见,在高浓度(78.63 nL/cm²)条件下,5种植物中红足蒿、华北米蒿和白莲蒿挥发油对烟草甲表现出较高的趋避活性,且作用时间较长;在较低浓度条件下,对烟草甲PR较高的为红足蒿和华北米蒿,其中,华北米蒿作用持续时间较长。

2.2 5种蒿属植物挥发油对嗜卷书虱的趋避活性

5种蒿属植物挥发油对嗜卷书虱作用2 h和4 h的趋避效果见图2。在较高浓度(31.58 nL/cm²和6.32 nL/cm²)条件下作用2 h时,牛尾蒿和白莲蒿挥发油对嗜卷书虱的趋避率均高于90%,与阳性对照避蚊

胺间PR差异不显著。其中,牛尾蒿挥发油趋避效果更显著。但在低浓度条件下,5种蒿属植物挥发油对嗜卷书虱的趋避率较低,均低于50%。在高浓度31.58 nL/cm²条件下作用4 h时,牛尾蒿、灰苞蒿和白莲蒿挥发油对嗜卷书虱的趋避作用效果较为显著($p<0.05$),PR均超过90%,与阳性对照间存在显著差异。其中,牛尾蒿挥发油趋避效果最好。当浓度低于31.58 nL/cm²时,牛尾蒿和白莲蒿的趋避作用效果明显下降,灰苞蒿挥发油对嗜卷书虱的趋避作用效果较好,但仍低于阳性对照驱蚊胺。可见,高浓度条件下,牛尾蒿和白莲蒿挥发油对嗜卷书虱的趋避活性较高。其中,牛尾蒿趋避活性效果最显著;低浓度条件下,5种蒿属植物挥发油对嗜卷书虱的趋避效果不显著,均低于阳性对照驱蚊胺,但与其他4种挥发油相比,灰苞蒿挥发油具有较长的作用持续时间。另外,无论在高浓度还是低浓度条件下,华北米蒿和红足蒿挥发油对嗜卷书虱的趋避作用效果均不显著。

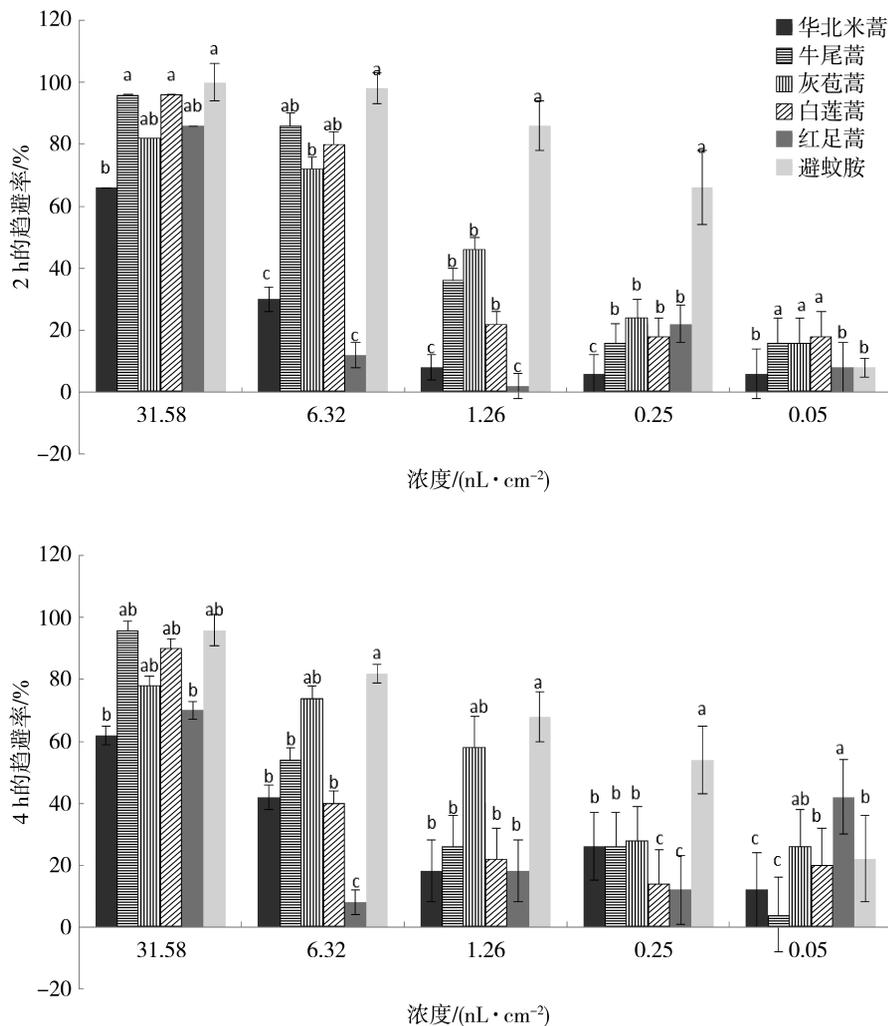


图2 5种蒿属植物挥发油对嗜卷书虱作用2 h和4 h后的趋避活性比较

Fig.2 Comparing repellent activities of essential oils extracted from five *Artemisia* species against *L. bostrychophila* after 2 h and 4 h

3 讨论

本研究表明,牛尾蒿、灰苞蒿、红足蒿、白莲蒿和河北米蒿 5 种蒿属植物来源的挥发油对烟草甲和嗜卷书虱均表现出一定趋避活性。其中,红足蒿对烟草甲的趋避作用效果最显著,而牛尾蒿对嗜卷书虱的趋避作用效果最显著,这两种挥发油有望开发成为新型天然害虫驱避剂。此外,挥发油对仓储害虫表现出了趋避效果的差异性,这种差异很可能与挥发油的组成成分以及昆虫体内所含的某些酶有关,还有待进一步研究。另外,在本研究中只探讨了 5 种蒿属植物挥发油对两种仓储害虫的趋避活性,而其他杀虫活性如熏蒸、触杀活性等方面仍有待进一步试验。红足蒿和牛尾蒿等植物挥发油对烟草甲和嗜卷书虱趋避活性的有效成分及对仓储害虫的作用机理等方面也有待进一步深入研究。

4 结论

牛尾蒿、灰苞蒿、红足蒿、白莲蒿和河北米蒿 5 种蒿属植物来源的挥发油对两种仓储害虫烟草甲和嗜卷书虱均表现出一定的趋避活性,但作用效果存在差异。在高浓度 (78.63 nL/cm²) 条件下作用 2 h 时,红足蒿、河北米蒿和白莲蒿对烟草甲的趋避率均高于 90%,且以红足蒿对其趋避活性最高;对嗜卷书虱而言,在高浓度 (31.58 nL/cm² 和 6.32 nL/cm²) 条件下作用 2 h 时,牛尾蒿和白莲蒿挥发油对嗜卷书虱的趋避率均高于 90%,其中,牛尾蒿挥发油的趋避效果更显著。

参考文献

- [1] 李灿. 中药材储藏期主要害虫种群生态及气调毒理研究[D]. 贵州: 贵州大学, 2008.
LI Can. Population ecology and toxicology of control atmosphere against pest in stored Chinese medicine material[D]. Guizhou: Guizhou University, 2008.
- [2] 郭超, 劳传忠, 曾伶, 等. 磷化氢对烟草甲不同虫态的毒力研究[J]. 粮食储藏, 2015, 44(6): 6-9.
GUO Chao, LAO Chuanzhong, ZENG Ling, et al. Toxicity of phosphine to the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (fabricius) (coleoptera: anobiidae) life stages[J]. Grain Storage, 2015, 44(6): 6-9.
- [3] 曹阳, 宋翼, 孙冠英, 等. 磷化氢毒理学研究综述[J]. 郑州工程学院学报, 2002, 23(2): 84-89.
CAO Yang, SONG Yi, SUN Guanying, et al. Review of toxicology on phosphine[J]. Journal of Zhengzhou Institute of Technology, 2002, 23(2): 84-89.
- [4] 吕建华, 马丹, 苏新宏, 等. 三种非化学防治方法对烟草甲的控制作用[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 47-50.
LÜ Jianhua, MA Dan, SU Xinhong, et al. The effect of three non-chemical methods for controlling *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae)[J]. Chinese Tobacco Science, 2016, 37(5): 47-50.
- [5] 陆安邦, 曹阳, 白旭光. 嗜卷书虱生活史及习性初步研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1988(2): 44-47.
LU Anbang, CAO Yang, BAI Xuguang. A preliminary study of the life history and habits of *Liposcelis bostrychophilus* badonnel[J]. Journal of Zhengzhou Grain College, 1988(2): 44-47.
- [6] 丁伟, 李隆术, 赵志模. 书虱综合防治技术研究进展[J]. 粮食储藏, 2001, 30(4): 3-6.
DING Wei, LI Longshu, ZHAO Zhimo. Research advance on IPM of booklice[J]. Grain Storage, 2001, 30(4): 3-6.
- [7] 程伟霞, 王进军. 嗜卷书虱和嗜虫书虱抗性及其防治方法的研究概况[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(15): 6376-6379.
CHENG Weixia, WANG Jinjun. Research progress in the resistance and control method to *Liposcelis bostrychophila* and *Liposcelis entomophila*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(15): 6376-6379.
- [8] 吴帆, 倪伟超, 李彪, 等. 植物精油的提取方法及其功能特性研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2016, 35(5): 47-51.
WU Fan, NI Weichao, LI Biao, et al. Research progress on extraction method and functional property of plant volatile oils[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2016, 35(5): 47-51.
- [9] 陈晓娟. 植物挥发油的杀虫活性研究及乳油的初配[J]. 北京农业, 2011(1): 84-85.
CHEN Xiaojuan. The insecticidal activity of plant volatile oils and EC initial study with[J]. Beijing Agriculture, 2011(1): 84-85.
- [10] Pavela R. Possibilities of botanical insecticide exploitation in plant protection[J]. Pest Technology, 2007, 1(1): 47-52.
- [11] Nerio L S, Olivero-Verbel J, Stashenko E. Repellent activity of essential oils: A review[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(1): 372-378.
- [12] 梁明龙, 徐汉虹, 朱彩云, 等. 香茅属植物活性成分在病虫害防治中的研究与应用[J]. 广东农业科学, 2005(6): 60-62.
LIANG Minglong, XU Hanhong, ZHU Caiyun, et al. Studies and applications of active ingredients in *Cymbopogon* plants on agricultural diseases and pests management[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2005(6): 60-62.
- [13] 易平, 张起凤, 王惠英, 等. 牛尾蒿的化学成分研究[J]. 中草药, 1998, 29(1): 13-14.
YI Ping, ZHANG Qifeng, WANG Huiying, et al. Study on chemical constituents of *Artemisia dubia*[J]. Chinese

- traditional and herbal drugs, 1998, 29(1): 13-14.
- [14] 夏东海, 李霞, 董新荣, 等. 红足蒿挥发油的微波辅助-水蒸气蒸馏萃取及GC-MS分析[J]. 中国现代应用药学, 2014, 31(1): 81-86.
XIA Donghai, LI Xia, DONG Xinrong, et al. Extraction by microwave-assisted hydro-distillation and GC-MS analysis of volatile oil from *Artemisia rubripes* Nakai [J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2014, 31(1): 81-86.
- [15] 林有润. 中国蒿属志——中国蒿属植物的系统分类、分布和主要经济用途[J]. 植物研究, 1988, 8(4): 1-61.
LIN Yourun. The Chinese *Artemisia* Linn. —the classification, distribution and application of *Artemisia* Linn. in China [J]. Bulletin of Botanical Research, 1988, 8(4): 1-61.
- [16] 周利娟, 桑晓清, 孙永艳, 等. 蒿属植物的农药活性及其有效成分[J]. 江西农业大学学报, 2012, 34(4): 699-705, 723.
ZHOU Lijuan, SANG Xiaoqing, SUN Yongyan, et al. Pesticidal activities and active ingredients of *Artemisia* [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2012, 34(4): 699-705, 723.
- [17] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第76(2)卷[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1.
- [18] 王宗德, 姜志宽, 韩招久, 等. 萜类化合物对蚊虫驱避活性的初步筛选研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2005, 11(2): 88-89.
WANG Zongde, JIANG Zhikuan, HAN Zhaojiu, et al. A preliminary study on repellents screening from terpenoids [J]. Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments, 2005, 11(2): 88-89.
- [19] 朴英花, 朴惠顺. 倍半萜类化合物生物活性研究进展[J]. 职业与健康, 2012, 28(18): 2291-2293.
PIAO Yinghua, PIAO Huishun. Research progress in biological activity of sesquiterpene compounds [J]. Occupation and Health, 2012, 28(18): 2291-2293.
- [20] Liang JY, Gu J, Zhu JN, et al. Repellent activity of essential oils extracted from five *Artemisia* species against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) [J]. Boletín Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromaticas, 2017, 16(6): 520-528.
- [21] Liang J Y, Wang W T, Zheng Y F, et al. Bioactivities and chemical constituents of essential oil extracted from *Artemisia anethoides* against two stored product insects [J]. Journal of Oleo Science, 2017, 66(1): 71-76.
- [22] Liang J Y, Guo S S, Zhang W J, et al. Fumigant and repellent activities of essential oil extracted from *Artemisia dubia* and its main compounds against two stored product pests [J]. Natural Product Research, 2017, 32(10): 1234-1238.
- [23] Wu Y, Zhang W J, Wang P J, et al. Contact toxicity and repellency of the essential oil of *Liriope muscari* (DECN.) Bailey against three insect tobacco storage pests [J]. Molecules, 2015, 20(1): 1676-1685.
- [24] 鞠克升. 珠光香青挥发油对赤拟谷盗的趋避和触杀作用[J]. 甘肃农业科技, 2017(9): 29-33.
JU Kesheng. Repellency and contact activity of the essential oil of *Anaphalis margaritacea* against *Tribolium castaneum* [J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2017(9): 29-33.
- [25] Chen H P, Yang K, You C X, et al. Repellency and toxicity of essential oil from *Atractylodes chinensis* rhizomes against *Liposcelis bostrychophila* [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2015, 39(6): 1913-1918.

责任编辑 董志坚