

光果莢挥发油的化学成分及其对两种仓储害虫防治作用

梁俊玉*, 王梦真, 徐 婕, 张 燕, 王 葵

(西北师范大学生命科学学院, 兰州 730070)

摘要 探究光果莢挥发油的化学组成及其对两种仓储害虫的防治效果。利用 GC/MS 分析光果莢挥发油的化学成分, 通过触杀、熏蒸和驱避试验评价光果莢挥发油对两种昆虫的生物活性。结果表明, 光果莢挥发油中共鉴定出 20 种化合物, 占总成分的 94.08%, 主要化合物为反乙酸松香芹酯(36.1%), 柠檬烯(23.1%), β -蒎烯(13.6%), 邻异丙基甲苯(5.6%), 桃金娘烯醛(3.3%)。光果莢挥发油对烟草甲和嗜卷书虱表现出一定触杀作用(半数致死量 LD_{50} 分别为 24.90 $\mu\text{g}/\text{头}$ 和 2.74 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) 和熏蒸活性(半数致死浓度 LC_{50} 分别为 37.62 mg/L air 和 9.88 mg/L air), 且光果莢挥发油对嗜卷书虱具有明显的驱避活性。结果提示, 光果莢挥发油具有进一步开发为植物源杀虫剂的潜力。

关键词 光果莢; 烟草甲; 嗜卷书虱; 挥发油; 生物活性

中图分类号: S 379.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018446

Chemical composition of the essential oil of *Caryopteris tangutica* and its bioactivity against two storage pests

LIANG Junyu, WANG Mengzhen, XU Jie, ZHANG Yan, WANG Kui

(College of the Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract In order to seek new types of plant-derived insecticides against *Lasioderma serricorne* and *Liposcelis bostrychophila*, the chemical composition and bioactivity of the essential oil of *Caryopteris tangutica* were studied. The chemical constituents of the essential oil were analyzed by GC/MS and its bioactivity against two insects was tested by fumigation, contact killing and repellent tests. The results showed that 20 components accounting for 94.08% of the total composition were identified in *C. tangutica* essential oils and the main components were trans-pino-carvyl acetate (36.1%), limonene (23.1%), β -pinene (13.6%), *p*-cymene (5.6%), and myrtenal (3.3%). *C. tangutica* essential oils showed contact toxicity against *L. serricorne* and *L. bostrychophila* (LD_{50} = 24.90 $\mu\text{g}/\text{adult}$ and LD_{50} = 2.74 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) and fumigant toxicity against the two insects (LC_{50} = 37.62 mg/L air and LC_{50} = 9.88 mg/L air). Besides, the essential oil showed significant repellent activity against *L. bostrychophila*. The essential oil of *C. tangutica* has the potential to be developed into plant-derived insecticides.

Key words *Caryopteris tangutica*; *Lasioderma serricorne*; *Liposcelis bostrychophila*; essential oil; biological activity

烟草甲 *Lasioderma serricorne* 属鞘翅目窃蠹科昆虫, 是一种世界性的储藏物害虫^[1], 食性复杂、繁殖快。其虫尸、虫粪可污染烟叶和烟草制品, 严重影响烟叶的可用性和卷烟质量。嗜卷书虱 *Liposcelis bostrychophila* 属啮虫目虱啮科昆虫, 广泛分布于热带地区国家。其种类繁多, 种群繁衍迅速, 严重影响粮食品质^[2]。目前常用于防治仓储害虫的方法是硫化氢熏蒸法, 此法具有较好的杀虫和驱虫活性, 但因

其长期使用, 仓储害虫已对该药剂具有了一定的抗药性。另外, 化学农药对生态环境和人类健康的威胁也逐渐凸显。研发高效、低害、易降解的新型植物源杀虫剂受到科研工作者的重视^[3-4]。近年来研究人员已从许多植物的挥发油中发现了具有杀虫和驱避活性的物质^[5-7], 而植物种类多, 分布广, 开发途径多的特点也给植物源杀虫剂的研究带来许多便利。

光果莢 *Caryopteris tangutica* 为马鞭草科莢属

收稿日期: 2018-10-18 修订日期: 2019-01-14

基金项目: 甘肃省自然科学基金(18JR3RA092)

* 通信作者 E-mail: liangjunyu@nwnu.edu.cn

植物,分布于我国陕西、甘肃、四川一带^[8]。目前,光果莠挥发油对仓储害虫的防治作用还尚未有文献报道。本试验以光果莠挥发油为材料,评价其对仓储害虫烟草甲和嗜卷书虱的杀虫活性,旨在为开发新型的植物源杀虫剂提供参考。

1 材料与方法

1.1 植物材料和挥发油的提取

光果莠采于甘肃省潭县冶力关(34°58′18″N, 103°39′12″E,海拔 2 233 m)。新鲜茎叶阴干后切碎,取 1 000 g 采用挥发油提取器提取 6 h。油水经正己烷溶剂萃取,无水硫酸钠处理后过滤,得到青绿色挥发油。测量挥发油体积,计算得油率,并于 4℃ 冰箱保存备用。

1.2 供试害虫的培养

供试害虫来源于北京师范大学中药资源所。烟草甲置于容积为 0.5 L 的玻璃瓶中,饲以 10:1 质量比混合的小麦粉与酵母粉。嗜卷书虱以奶粉、酵母和面粉(1:1:1, w/w)的混合物饲养。饲养温度为 29~31℃,相对湿度 70%~80%。发育为成虫后 1~2 周内不分雌雄供试。

1.3 光果莠挥发油的 GC-MS 分析

采用安捷伦 6890N 气相色谱(FID 检测器)和安捷伦 5973N 型质谱联用仪器分析光果莠挥发油的化学组成。色谱柱为 HP-5MS 型(30 m×0.25 mm×0.25 μm)。先 60℃ 并保持 2 min,然后以 10℃/min 升到 180℃ 并保持 1 min,再以 20℃/min 升到 280℃ 并保持 15 min;取 1 μL 样品(用正己烷稀释到 1%)注射到气相色谱中,分流比为 1:10;载气为氦气;流速为 1.0 mL/min。最后采用与正构烷烃(C₈-C₂₄)的保留指数和质谱数据库(NIST 05 和 Wiley 275 libraries)数据比较鉴定挥发油的组分。挥发油中每种组分的相对百分含量通过面积归一法获得。

1.4 光果莠挥发油生物活性

1.4.1 熏蒸活性的测定

参考文献[9]的方法分别测定挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的熏蒸活性。将烟草甲成虫放入玻璃瓶中,用正己烷将光果莠挥发油配制成浓度梯度。取 10 μL 稀释液,滴在覆盖于瓶盖内顶部直径为 2.0 cm 的滤纸片上。待溶剂挥发 20 s 后,将瓶盖旋紧使瓶内形成封闭的空间。用正己烷和磷化氢分别作为阴性和阳性对照。测定对嗜卷书虱的熏蒸活性时先将挥发油稀释,然后取 10 μL 稀释液滴在滤纸条上,

之后将浸渍了稀释液的滤纸条放入 250 mL 容量的玻璃瓶中,将嗜卷书虱放入一个 8 mL 小玻璃瓶中,然后将小瓶放入大瓶中,封死。以正己烷和敌敌畏分别作为阴性和阳性对照。每次 10 头昆虫,每处理重复 5 次,24 h 后分别观察两种昆虫的死亡数。采用 SPSS 统计软件分析计算半数致死浓度 LC₅₀ (mg/L air)。

1.4.2 触杀活性的测定

参照文献[10]的方法测定挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的触杀活性。与上述方法一样配制光果莠挥发油稀释液。每次取 0.5 μL 稀释液滴于烟草甲的前胸背板上。测定挥发油对嗜卷书虱的触杀活性时,取 300 μL 稀释液,滴在直径为 5.5 cm 的滤纸片上,将滤纸片底部用固体胶固定在适宜的培养皿中,在滤纸上放置书虱,盖上培养皿盖。正己烷和除虫菊素分别为阴性和阳性对照。每处理 5 次,每次 10 头,24 h 后分别观察两种昆虫的死亡数。采用 SPSS 统计软件分析计算半数致死量 LD₅₀。

1.4.3 驱避活性的测定

参考文献[10]的方法用直径为 9 cm (烟草甲)和 6 cm (嗜卷书虱)的培养皿分别测试挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的驱避活性。首先将光果莠挥发油溶解于正己烷溶液中制成 5 个梯度的测试浓度,将滤纸剪成等大两片分别作为测试组和对照组。测试组均匀喷洒光果莠挥发油稀释液;对照组喷洒正己烷,其中烟草甲喷液量为 500 μL;嗜卷书虱喷液量为 300 μL。待溶剂挥发 30 s 后,将两片滤纸紧挨着粘在培养皿中,然后将 20 头试虫放在培养皿中心并盖上皿盖。试验均重复 5 次,每次 20 头试虫。分别在 2 h 和 4 h 后统计出现在不同区域内的试虫数量,计算驱避率(PR)。以避蚊胺(DEET)为阳性对照重复上述试验过程。设置阳性对照作为评价挥发油驱避活性的一个参照。

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

其中, N_c 为出现在阴性对照区域的试虫数量, N_t 为出现在试验组区域(具有挥发油或阳性对照)的试虫数量。

2 结果与分析

2.1 光果莠挥发油的化学成分分析

由表 1 可以看出,从光果莠挥发油中共鉴定出 20 种化合物,占全部成分的 94.08%,其中主要成分有反乙酸松香芹酯(36.1%),柠檬烯(23.1%),β-蒎

烯(13.6%),邻异丙基甲苯(5.6%),桃金娘烯醛(3.3%)。文献报道采于青海省的光果莠挥发油主要成分为乙酸异松蒎酯(22.65%)和邻异丙基甲苯(18.69%)^[11];采自兰州石佛沟的光果莠挥发油主

要成分为乙酸桃金娘烯酯(27.96%)和雪松醇(7.03%)^[12]。这与本试验结果存在一定差异,推测同一种植物因其产地、生长年限和采样时间的不同,其挥发油的组成和含量也有可能存在很大的差异。

表 1 光果莠挥发油化学成分及其相对含量

Table 1 Chemical composition and relative content of the essential oils extracted from <i>Caryopteris tangutica</i>				
峰号 No.	保留时间/min Retention time	化合物 Compound	分子式 Chemical formula	相对含量/% Relative content
1	2.640	青叶醛	C ₆ H ₁₀ O	0.37
2	3.386	蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	1.25
3	3.857	β-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	13.59
4	3.947	月桂烯	C ₁₀ H ₁₆	0.53
5	4.150	2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯	C ₁₀ H ₁₄	1.10
6	4.293	松油烯	C ₁₀ H ₁₆	1.40
7	4.389	邻异丙基甲苯	C ₁₀ H ₁₄	5.56
8	4.448	柠檬烯	C ₁₀ H ₁₆	23.13
9	4.639	3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯	C ₁₀ H ₁₆	1.37
10	5.194	异松油烯	C ₁₀ H ₁₆	0.48
11	5.510	1,3,8-对-孟三烯	C ₁₀ H ₁₄	0.55
12	5.850	氧化柠檬烯	C ₆ H ₁₀ O	1.13
13	6.483	二氧化萜二烯	C ₆ H ₁₆ O ₂	0.48
14	6.555	3,9-环氧-对-薄荷-1,8(10)-二烯	C ₁₀ H ₁₄ O	0.37
15	6.668	桃金娘烯醛	C ₁₀ H ₁₄ O	3.28
16	6.746	紫苏醇	C ₁₀ H ₁₆ O	0.49
17	7.295	香芹酮	C ₁₀ H ₁₄ O	1.95
18	8.035	反乙酸松香芹酯	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	36.12
19	8.351	乙酸桃金娘烯酯	C ₁₂ H ₁₈ O ₂	0.58
20	9.055	大牛儿烯 D	C ₁₅ H ₂₄	0.36
合计 Total				94.08

2.2 光果莠挥发油的生物活性

2.2.1 熏蒸活性

光果莠挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的熏蒸活性测试结果显示,光果莠挥发油对烟草甲和嗜卷书虱均具有一定的熏蒸毒杀作用,半数致死浓度 LC₅₀ 分别为 37.62 mg/L air 和 9.88 mg/L air(表 2)。光果

莠挥发油对这两种昆虫的熏蒸毒性均小于各自的阳性对照敌敌畏和磷化氢。与采用相同活性评价方法的侧柏叶挥发油和灌木亚菊挥发油相比,光果莠挥发油对烟草甲的熏蒸活性高于侧柏叶挥发油(LC₅₀ 为 145.40 mg/L air)^[13],但对嗜卷书虱的熏蒸活性低于灌木亚菊挥发油(LC₅₀ 为 0.65 mg/L air)^[14]。

表 2 光果莠挥发油对两种仓储害虫的熏蒸活性¹⁾

Table 2 Fumigation activity of the essential oil of <i>Caryopteris tangutica</i> against two storage pests						
仓储害虫 Storage pest	试液 Test solution	半数致死浓度/mg · L ⁻¹ LC ₅₀	95%置信区间/mg · L ⁻¹ 95% Confidence limit	斜率±标准误 Slope±SE	P 值 P value	卡方值 Chi-square
嗜卷书虱 <i>L. bostrychophila</i>	挥发油	9.88	8.76~11.27	5.05±0.55	0.05	35.02
	敌敌畏*	1.35×10 ⁻³	(1.08~1.62)×10 ⁻³	8.71±0.65	0.93	9.78
烟草甲 <i>L. serricorne</i>	挥发油	37.62	33.85~42.04	5.42±0.37	0.78	22.04
	磷化氢**	9.23×10 ⁻³	(7.13~11.37)×10 ⁻³	2.12±0.27	—	11.96

1) * 数据来源于文献[14]; ** 数据来源于文献[13]。
* Data are from the literature [14]; ** data are from the literature [13].

2.2.2 触杀活性

光果莠挥发油对嗜卷书虱和烟草甲均具有一定的触杀活性,LD₅₀ 分别为 2.74 μg/cm² 和 24.90 μg/头(表 3)。与阳性对照除虫菊素相比,光果莠挥发

油对两种昆虫的触杀活性都较弱。目前国内外有很多关于植物挥发油对烟草甲和嗜卷书虱触杀活性的报道,例如侧柏叶和牡荆叶挥发油对烟草甲触杀活性的 LD₅₀ 分别为 50.45 μg/头和 25.3 μg/头^[15]; 吴

茺萸挥发油对烟草甲和嗜卷书虱触杀活性的 LD₅₀ 分别为 17.09 μg/头和 57.22 μg/cm²^[16]; 紫苏挥发油对烟草甲触杀活性的 LD₅₀ 为 3.13 μg/头^[17]。与侧柏叶和牡荆叶挥发油相比,光果茺挥发油对烟草

甲具有强的触杀活性,但与紫苏和吴茺萸挥发油相比,光果茺挥发油对烟草甲触杀活性则较弱。与吴茺萸挥发油相比,光果茺挥发油对嗜卷书虱触杀活性较强,其触杀活性是吴茺萸挥发油的 20.8 倍。

表 3 光果茺挥发油对两种仓储害虫的触杀活性¹⁾

Table 3 Contact activity of the essential oil of <i>Caryopteris tangutica</i> against two storage pests						
仓储害虫 Storage pest	试液 Test solution	半数致死剂量 LD ₅₀	95%置信区间 95% confidence limit	斜率±标准误 Slope±SE	P 值 P value	卡方值 Chi-square
嗜卷书虱 <i>L. bostrychophila</i>	挥发油	2.74 μg/cm ²	2.63~2.85 μg/cm ²	12.79±1.37	0.78	17.56
	除虫菊素*	0.26 μg/cm ²	0.22~0.30 μg/cm ²	3.34±0.32	0.93	13.11
烟草甲 <i>L. serricorne</i>	挥发油	24.90 μg/头	22.24~27.68 μg/头	4.01±0.45	0.82	16.82
	除虫菊素*	0.24 μg/头	0.16~0.35 μg/头	1.31±0.20	0.92	17.36

1) * 数据来源于文献[18]。
* Data are from the literature [18].

2.2.3 驱避活性

光果茺挥发油对烟草甲的驱避效果见图 1。在 5 个测试浓度下,光果茺挥发油对烟草甲分别作用 2 h 和 4 h 后的驱避活性要比阳性对照避蚊胺弱,除

了在最高浓度(78.63 nL/cm²)下,光果茺挥发油对烟草甲作用 2 h 后比作用 4 h 后的驱避效果要好,在其余 4 个测试浓度下,光果茺挥发油对烟草甲作用 2 h 后比作用 4 h 后的驱避活性要弱。

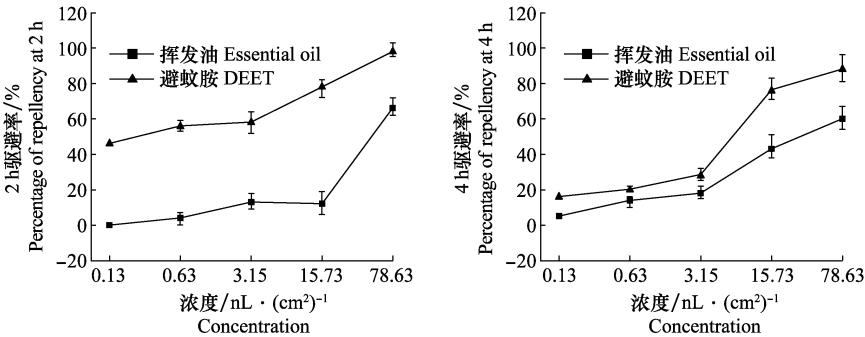


图 1 光果茺挥发油对烟草甲作用 2 h、4 h 后的驱避作用
Fig. 1 Repellent effects of the essential oil of *Caryopteris tangutica* against *Lasioderma serricorne* 2 h and 4 h after exposure

光果茺挥发油对嗜卷书虱的驱避效果见图 2。在最高浓度(63.16 nL/cm²)下,光果茺挥发油对嗜卷书虱分别作用 2 h 和 4 h 后达到了与避蚊胺相似的驱避

效果,且在最低浓度(0.1 nL/cm²)下,光果茺挥发油对嗜卷书虱作用 2 h 后的驱避效果与避蚊胺相近,说明光果茺挥发油对嗜卷书虱具有很好的驱避活性。

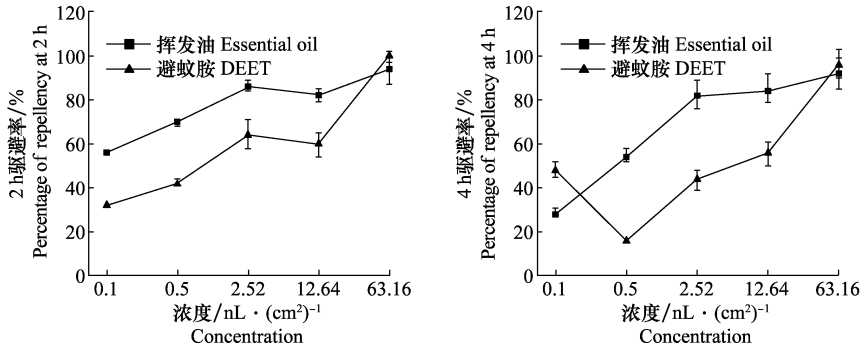


图 2 光果茺挥发油对嗜卷书虱作用 2 h、4 h 的驱避作用
Fig. 2 Repellent effects of the essential oil of *Caryopteris tangutica* against *Liposcelis bostrychophila* at 2 h and 4 h after exposure

此结果表明,光果荜挥发油对嗜卷书虱的驱避效果明显,对烟草甲的驱避效果不明显,且在高浓度下光果荜挥发油的驱避作用更好。

3 结论与讨论

本研究分析了光果荜挥发油的化学组分及其对烟草甲和嗜卷书虱的熏蒸、触杀和驱避活性。结果表明,光果荜挥发油对烟草甲和嗜卷书虱表现出一定的触杀、熏蒸和驱避活性。尽管光果荜挥发油对烟草甲和嗜卷书虱的熏蒸和触杀活性弱于阳性对照,但由研究结果可知,光果荜挥发油对烟草甲和嗜卷书虱是具有一定的杀虫活性的,且与化学杀虫剂相比,它还具有低毒、环保等优点,因此将光果荜挥发油开发成为新型绿色环保的植物源杀虫剂并应用于仓储害虫的防治具有一定的意义。自然界中的植物资源非常丰富,这为研究并开发新的植物源杀虫剂提供了基础。有关光果荜挥发油及其主要组分对其他害虫的防治活性及作用机理还需进一步研究。另外,虽然植物源杀虫剂因其绿色环保无污染等特点受到国内外很多研究者的关注,但由于各种原因导致市场开发力度远远不够,还需要进行深入的研究。

参考文献

- [1] 薛宝燕,程新胜,魏重生,等. 烟草甲研究进展[J]. 烟草科技, 2005(2):44-48.
- [2] 程伟霞,王进军,赵志模,等. 嗜卷书虱和嗜虫书虱的研究进展[J]. 储粮有害生物及防治技术,2003,32(6):3-7.
- [3] 王晶磊,肖雅斌,邹春霞,等. 主要植物源杀虫剂防治储粮害虫应用及展望[J]. 粮食科技与经济,2014,39(2):47-50.
- [4] RAJENDRAN S, SRIANJINI V. Plant products as fumigants for stored-product insects control [J]. Journal of Stored Products Research, 2008,44(2):126-135.
- [5] 王秀芳,任广伟,王新伟,等. 植物精油对烟草甲触杀、熏蒸和驱避作用研究[J]. 中国烟草学报,2011,17(2):67-70.
- [6] YOU Chunxue, YANG Kai, WU Yan, et al. Chemical composition and insecticidal activities of the essential oil of *Perilla frutescens* (L.) Britt. aerial parts against two stored product in-

- sects [J]. European Food Research & Technology, 2014, 239 (3):481-490.
- [7] 赵海刚,宋纪真,谢剑平,等. 一些植物提取物对烟草甲虫生物活性的影响[J]. 烟草科技,2005(9):39-42.
- [8] 陈翠林,李芳,王丽,等. 荜属植物研究进展[J]. 林业调查规划, 2008,33(4):31-35.
- [9] ZHOU Haiyan, ZHAO Nana, DU Shushan, et al. Insecticidal activity of the essential oil of *Lonicera japonica* flower buds and its main constituent compounds against two grain storage insects [J]. Journal of Medicinal Plant Research, 2012, 6(5): 912-917.
- [10] LIANG Junyu, YOU Chunxue, GUO Shanshan, et al. Chemical constituents of the essential oil extracted from *Rhododendron thymifolium* and their insecticidal activities against *Liposcelis bostrychophila* or *Tribolium castaneum* [J]. Industrial Crops and Products, 2016, 79:267-273.
- [11] 吴江,王庶. 光果荜挥发油的 GC/MS 分析[J]. 湖北农业科学, 2012,51(17):3839-3841.
- [12] 杨爱梅,鲁润华,柳军玺,等. 光果荜挥发油成分研究[J]. 中国中药杂志,2005,30(3):233-234.
- [13] 吴彦,郭珊珊,韦建玉,等. 连翘挥发油对两种烟草仓储害虫的毒杀作用[J]. 中国烟草科学,2016(3):67-71.
- [14] LIANG Junyu, GUO Shanshan, YOU Chunxue, et al. Chemical constituents and insecticidal activities of *Ajania fruticulosa* essential oil [J]. Chemistry & Biodiversity, 2016, 13(8):1053-1057.
- [15] 吴彦,张文娟,李志华,等. 侧柏叶对烟草仓储害虫烟草甲和赤拟谷盗的毒杀作用[J]. 烟草科技,2015,48(10):31-36.
- [16] CAO Juqin, GUO Shanshan, WANG Yang, et al. Toxicity and repellency of essential oil from *Evodia lenticellata* Huang fruits and its major monoterpenes against three stored-product insects [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2018, 160:342-348.
- [17] YOU Chunxue, WANG Ying, ZHANG Wenjuan, et al. Chemical constituents and biological activities of the purple perilla essential oil against *Lasioderma serricorne* [J]. Industrial Crops and Products, 2014, 61:331-337.
- [18] WANG Y, YOU C X, YANG K, et al. Bioactivity of essential oil of *Zingiber purpureum* Rhizomes and its main compounds against two stored product insects [J]. Journal of Economic Entomology, 2015, 108(3):925-932.

(责任编辑:杨明丽)