应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2017, 54(3): 468−474. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2017.057

芦荟提取物对桔小实蝇产卵驱避活性研究*

李智伟** 刘家莉 熊 婷 曾鑫年***

（华南农业大学农学院，广东省昆虫行为调控工程技术研究中心，广州 510642）

摘 要 **【目的】** 研究库拉索芦荟 *Aloe vera* L.提取物对桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* Hendel 的产卵驱避活性，筛选出对桔小实蝇有效的产卵调节剂。**【方法】** 采用甲醇、丙酮、乙酸乙酯、二氯甲烷和石油醚 5 种溶剂对芦荟植物进行超声波提取，对 5 种提取物进行产卵驱避活性测定，确定产卵驱避活性较高的提取溶剂。进一步采用非选择性与选择性试验测定其对桔小实蝇产卵驱避活性的剂量效应，并对该提取物的持效期进行测定。**【结果】** 发现 5 种芦荟取物对桔小实蝇均有一定的产卵驱避活性，而其中驱避活性最高的为丙酮提取物。通过选择性试验与非选择性试验发现丙酮提取物的产卵驱避率随提取物浓度的增加而增加，粗提物含量为 10 mg/mL 时产卵驱避活性最强，分别为 68.81 %和 89.43 %。随着时间的增加，丙酮提取物的驱避活性逐渐下降，至第 5 天时产卵孔数与溶剂对照无显著差异，至第 6 天时产卵量与溶剂对照无显著差异。**【结论】** 芦荟丙酮提取物对桔小实蝇有较高的产卵驱避活性，在植物源驱避剂方面具有一定开发前景，但持效期较短，可通过剂型改良来提高应用效率。

关键词 桔小实蝇，芦荟提取物，驱避活性，持效期

Aloe vera L. extracts repel oviposition by the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*)

LI Zhi-Wei** LIU Jia-Li XIONG Ting ZENG Xin-Nian***

(College of Agricultural, South China Agricultural University; Guangdong Engineering Research Center for Insect Behavior Regulation, Guangzhou 510642, China)

Abstract **[Objectives]** To investigate the extent to which oriental fruit fly oviposition is repelled by *Aloe vera* L. extracts, and identify the best eluatants for these extracts. **[Methods]** *A. vera* volatiles were extracted with methanol, acetone, ethylacetate, dichloromethane and petroleum, and the degree to which these five crude extracts repelled oviposition was compared. The effect of different dosages of the five extracts on oviposition was studied in non-choice and choice tests. The persistence of the repellent effect of each extract was also measured. **[Results]** The results show that all five crude extracts deterred oviposition but the acetone extract was the most effective. The effect of acetone extract on oviposition was dose dependent, with deterrence increasing with concentration. Oviposition repellence rates were 68.81% (choice test) and 89.43 % (non-choice test) at a concentration of 10 mg/mL. The repellent activity of the acetone extract sprayed on guava fruit decreased gradually over time. There was no significant difference in the number of oviposition sites between treatment and control groups on the 5th day of the experiment, nor was there any significant difference in the fecundity of these groups on the 6th day. **[Conclusion]** *Aloe* acetone extracts strongly repelled oviposition by the oriental fruit fly, and could be developed as a natural oviposition repellent. Though the effect of this extract was not very persistent, improved formulation may improve this.

Key words *Bactrocera dorsalis*, *Aloe* extract, repellent effect, persistent period

*资助项目 Supported projects：广东高校国际科技合作创新平台项目（GJHZ1140）

**第一作者 First author，E-mail：781728211@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：zengxn@scau.edu.cn

收稿日期 Received：2017-04-24，接受日期 Accepted：2017-05-18

桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* Hendel 是亚州地区果蔬种植业上的一种毁灭性检疫害虫，且为害区域在逐年扩增（Stephens *et al.*，2007）。其为害方式主要是雌虫将卵产于果实内，卵孵化后的幼虫取食果肉使果肉内部腐烂，造成果实未熟先黄掉落，严重影响水果的品质和产量，给我国农业果蔬生产造成巨大的经济损失（陈玲，2013）。桔小实蝇属于典型的杂食性昆虫，其寄主分布十分广泛，已报道能为害柑橘、枇杷、番石榴、芒果、桃、李、番茄、辣椒、丝瓜、苦瓜等 46 科 250 多种果蔬植物（詹开瑞等，2006；詹国辉等，2010）。目前，利用化学防治防控桔小实蝇是最为普遍的防治措施（Hou and Xie，2006），然而化学防治的目标主要以桔小实蝇成虫为主，防治效果存在一定的局限性（王玉玲，2013），且长期使用化学杀虫剂进行防治，不仅破坏环境中天敌的种群数量，还易使害虫产生抗药性，此外，还会造成非靶标生物中毒，农药残留和环境污染等问题（Champ and Dyte，1977）。

植物是生物活性物质的重要来源，其代谢产物与次生化合物成千上万种，很多都具有杀虫、引诱或驱避害虫、抑菌等活性，且对环境具有高度协调性，对人畜影响作用低以及不易产生抗药性等。非寄主植物活性化合物常具有干扰成虫寻找寄主植物、产卵场的选择及产卵行为的作用，干扰害虫靠近，驱避其产卵。早在 1996 年就有研究发现非寄主植物印楝 *Azadirachta indica* A.Juss 有很强的驱避活性，当处理浓度在 0.2%、1%、2%、4%时，其产卵驱避率达到了 73%~96.7 %，产卵驱避效果显著（Chien *et al.*，1996）。有研究报道了印楝和马樱丹 *Lantana camara* L. 的叶片挥发物具有驱避活性，能明显干扰柑桔潜叶蛾 *Phyllocnistis citrella* 成虫的产卵（曾鑫年等，2003）。也有研究报道了骆驼蓬 *Peganum harmala* L.丙酮提取物对赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* Herbst 有很好的驱避作用（Salari *et al.*，2012）。边文波等（2012）研究发现薰衣草 *Lavandula angustifolia* Mill、益母草 *Leonurus artemisia* (Laur.) S.Y.Hu、何首乌 *Fallopia multiflora* (Thunb.) Harald、金银花 *Lonicera japonica* Thunb、苦参 *Sophora flavescens* Ait、黄岑 *Scutellaria baicalensis* Georgi 和艾叶 *Artemisia argyi* Levl. *et* Vant.植物提取物对茶丽纹象甲 *Myllocerinus aurolineatus* Voss 雌性成虫有显著驱避作用。据报道，山胡椒 *Lindera glauca* (Sieb. *et* Zucc.) Bl 果实正己烷提取物对马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella* Zeller 产卵驱避效果显著（马艳粉等，2016）。

芦荟是芦荟属百合科多年生肉质常绿草本植物（陈佳妮等，2015）。目前药用价值高和研究较多的芦荟品种有库拉索芦荟 *Aloe vera* L.、中华芦荟 *Aloe chinensis* Baker、木立芦荟 *Aloe arborescens* Mill 和好望角芦荟 *Aloe ferox* Mill 等（王涛等，2012）。已有研究发现芦荟提取物对赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* Herbst、谷蠹 *Rhizopertha dominica* 和书虱 *Troctes divinatorius* Muller 3 种储粮害虫都有较好的驱避作用（鲁玉杰和刘凤杰，2003）。也有研究报道了芦荟提取物对埃及斑蚊 *Aedes aegypti* 表现出较好的生物活性（Subramaniam *et al.*，2012）。采用芦荟作为植物源材料，开发对桔小实蝇有产卵驱避活性的行为调节剂不仅可以针对性的防治雌成虫的为害，还可避免环境污染和农药残留等问题，是一项可持续的防治策略。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　供试昆虫及饲养　从广州市杨桃公园采集受害杨桃落果，待果中的桔小实蝇幼虫老熟后将其挑出，放入 3~4 cm 深的湿润细沙供其化蛹，成虫羽化后放入 30 cm×30 cm×30 cm 的笼中并放入人工饲料（酵母粉∶砂糖=1∶3）和清水饲养。饲养条件∶温度（25±2）℃，相对湿度 60%～80%，光照周期为 L∶D=14∶10。选取性成熟并处于产卵高峰期的 20~25 日龄健康成虫供试。

1.1.2　寄主植物　供试寄主植物为番石榴 *Psidium guajava* L.果实，品种为台湾“珍珠”，采摘于广州市南沙区珠江街道龙珠新村。供试番石榴为成熟果实[平均单果重量为（265.07±4.67）g，纵径为（8.96±0.03）cm，横径为（7.66±0.07）cm]

用于产卵试验。

1.1.3 非寄主植物 非寄主植物为芦荟 *Aloe vera* L.，品种为“库拉索”，购买于金多利园艺种植有限公司。

1.1.4 主要仪器与试剂

1.1.4.1 仪器设备 万分之一电子天平（BS210S），德国 Syntech；旋转蒸发仪（N-1000），日本 Rikakikai；循环水多用真空泵（SHZ-D），河南巩义予华仪器公司；抽滤真空泵（GM 33A），天津市津腾实验设备有限公司；小型喷雾器（15 mL），台州黄岩正业塑料厂；超声波清洗器（SCQ-2201B），上海声彦超声波仪器设备有限公司；微型植物试样粉碎机（FZ102），北京市用光明医疗仪器厂。

1.1.4.2 化学试剂及其他材料 甲醇（分析纯），二氯甲烷（分析纯），江苏强盛功能化学股份有限公司；丙酮（分析纯），天津市红岩化学试剂厂；乙酸乙酯（分析纯），石油醚（分析纯），天津市富宇精细化工有限公司；滤纸（中速），杭州沃华滤纸有限公司；漏斗，烧杯，玻璃棒，抽滤瓶等玻璃器具均为市售。

1.2 方法

1.2.1 芦荟不同溶剂提取物的制备 将新鲜库拉索芦荟叶剪开阴干后，置于 50℃鼓风恒温箱中进行干燥，用小型电动粉碎机粉碎，过 60 目筛，用天平称量芦荟植物干粉每份 100 g，共称取 5 份，分别装入 5 个干净的 3 000 mL 的烧杯中。向 5 个装有样品的烧杯中分别加入不同的溶剂（甲醇、丙酮、乙酸乙酯、二氯甲烷和石油醚）1 000 mL，轻轻摇晃后放入超声仪中超声 10 min，静置 10 min 后进行抽滤，并收集滤液，重复上述步骤 3 次，合并提取物，然后用旋转蒸发仪减压浓缩，浓缩后分别用相应有机溶剂将其溶解，配制成浓度为 10 mg/mL 的提取物，置于 4℃冰箱中保存备用。

1.2.2 不同溶剂提取物对桔小实蝇的产卵驱避活性评价 随机挑选处于产卵高峰期的 20~25 日龄的 20 头健康雌虫，接入备有成虫饲料和水的试验笼（30 cm×30 cm×30 cm）中，让供试昆虫适应 24 h。处理组用小型喷雾器将 10 mL 浓度为 1 mg/mL 的提取物喷施于干净、大小一致、完好成熟的番石榴果实，对照组喷施等量的有机溶剂（为提取时对应使用的溶剂）。自然晾干后备用，将处理组和对照组的番石榴分别放入不同的试验笼中，重复 3 次。24 h 后取出试验笼中的番石榴，检查并记录番石榴果实上的产卵孔数和产卵量，并计算各提取物的产卵驱避率。

1.2.3 不同浓度的芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的产卵驱避活性 非选择性试验：配制不同浓度的芦荟丙酮提取物：0.01、0.1、1、10 mg/mL，处理组为利用小型喷雾器将 10 mL 不同浓度的提取物均匀喷洒到番石榴果实上，自然晾干后备用，对照组喷施等量的丙酮溶剂。将处理组和对照组的番石榴分别放入不同的试验笼中，做好标记。24 h 后取出试验笼中的果实检查并记录果实上的产卵孔数量和产卵量，试验重复 3 次。

选择性试验：将处理组和对照组的番石榴放入同一个的试验笼中，其他条件同非选择性试验，计算产卵驱避率。

1.2.4 芦荟丙酮提取物对桔小实蝇产卵驱避持效性的研究 用小型喷雾器将 10 mL 浓度为 10 mg/mL 的芦荟丙酮提取物均匀喷施于成熟番石榴果实，自然晾干后放入保鲜盒中，温度控制在（26±1）℃，湿度控制在 60%±10%。喷药后分别在第 0、1、2、3、4、5、6 天取出一个番石榴果实放入试验笼中，对照组喷施等量丙酮溶剂，将处理组和对照组的番石榴分别放入不同的试验笼中，做好标记。24 h 后取出试验笼中的果实检查并记录果实上的产卵孔数量和产卵量，试验重复 3 次。计算产卵驱避率。

1.2.5 数据统计与分析

产卵驱避率的计算方法如下：

$$\text{选择性试验产卵驱避率}(\%)=\frac{\text{对照组产卵量}-\text{处理组产卵量}}{\text{对照组产卵量}+\text{处理组产卵量}}\times 100,$$

$$\text{非选择性试验产卵驱避率}(\%)=\frac{\text{对照组产卵量}-\text{处理组产卵量}}{\text{对照组产卵量}}\times 100。$$

使用 SPSS Statistics17.0 软件对数据进行

统计分析处理。平均数据以平均数±标准误（Mean±SE）表示。多组间的产卵驱避活性采用方差以及 Duncan's 新复极差检验法（DMRT）统计比较，两组间的产卵驱避活性采用 *t*-检验进行统计分析。

2　结果与分析

2.1　不同提取物对桔小实蝇产卵驱避的影响

利用获得的 5 种芦荟提取物，将其配制成质量浓度为 1 mg/mL 的溶液，测试了其对桔小实蝇产卵驱避的效果，结果见表 1。从表 1 中可以看出，处理组的产卵量和产卵孔数量均显著少于对照组（P <0.05），其中芦荟丙酮提取物的产卵量和产卵孔数量最少，分别为 48.3 粒和 4.7 个，其产卵驱避率可达到 85.41%。

2.2　不同浓度的芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的产卵驱避活性

为探讨芦荟丙酮提取物驱避桔小实蝇产卵的剂量效应，利用非选择性试验和选择性试验进行生物测定，结果如表 2 和表 3 所示。从表 2 中可以看出，非选择性试验 4 个剂量的处理下，无论是产卵量还是产卵孔数均显著少于对照组（P < 0.05），且随着提取物浓度的增加，产卵量和产卵孔数量逐渐减少，产卵驱避率逐渐增加，当浓度增加至 10 mg/mL 时，其产卵量和产卵孔数量均与 1 mg/mL 处理的番石榴之间差异不显著（产卵量：F=2.80，P=0.17；产卵孔数：F=4.00，P=0.12）。

表 1　5 种提取物对桔小实蝇产卵驱避活性

Table 1　Repellent effect of five kinds of extracts against the oriental fruit fly

植物 Plant	溶剂种类 Solvent type	产卵量（粒） Fecundity	产卵孔数（个） Spawning holes	产卵驱避率（%） Oviposition repellent rate
芦荟 *Aloe*	甲醇 Methanol	165.7±3.9d	10.0±0.6c	49.94
	丙酮 Acetone	48.3±4.1e	4.7±0.3d	85.41
	乙酸乙酯 Ethylacetate	159.3±2.2d	8.7±0.3c	51.87
	二氯甲烷 Dichloromethane	256.0±6.4c	13.7±0.7b	22.66
	石油醚 Petroleum	302.0±6.7b	15.0±0.6b	8.76
	对照 CK	331.0±11.0a	17.7±0.3a	–

同列数据后不同字母表示数据经 Duncan's 多重比较在 0.05 水平上差异显著。表 2 同。

Data followed by different letters in the same row indicate significantly different by Duncan's multiple range test at 0.05 level. The same with Table 2.

表 2　芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的产卵驱避活性（非选择性试验）

Table 2　Oviposition repellent effect of *Aloe* acetone extract against the oriental fruit fly in non-selection test

浓度（mg/mL） Concentration	产卵量（粒） Fecundity	产卵孔数（个） Spawning holes	产卵驱避率（%） Oviposition repellent rate
CK	331.0±11.0a	16.3±0.3a	–
0.01	202.0±3.5b	12.3±0.3b	38.97
0.1	117.7±12.9c	7.3±0.3c	64.44
1	45.0±1.5d	4.7±0.3d	86.40
10	35.0±5.8d	4.0±0.3d	89.43

从表 3 中可以看出，选择性试验 4 个剂量处理下，在 0.01 mg/mL 处理的寄主番石榴上的产卵量显著少于对照组（F=19.89，P=0.11），在 0.1、1.0、10 mg/mL 时，均极显著少于对照组的产卵量（0.1 mg/mL：F=117.03，P<0.001；1.0 mg/mL：F=41.29，P=0.003；10 mg/mL：F=108.49，P<0.001）；就产卵孔数量而言，在 0.01 mg/mL 时与对照组无显著差异（F=3.57，P=0.132），在 0.1、1.0、10 mg/mL 时，寄主番石榴上的产卵孔数量均极显著少于对照组（0.1 mg/mL：F=37.50，P=0.004；1.0 mg/mL：F=432.00，P<0.001；10 mg/mL：F=122.50，P<0.001），且随着提取物浓度的

表 3 芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的产卵驱避活性（选择性试验）

Table 3 Oviposition repellent effect of *Aloe* acetone extract against the oriental fruit fly in selective test

浓度（mg/mL） Concentration	产卵量（粒）Fecundity		产卵孔（个）Spawning holes		产卵驱避率（%） Oviposition repellent rate
	处理 Treat	对照 CK	处理 Treat	对照 CK	
0.01	86.3±3.2*	166.0±17.6	9.3±0.7*	11.0±0.6	31.59
0.1	72.7±4.1**	144.3±5.2	8.0±0.6**	13.0±0.6	33.00
1	41.3±5.0**	200.0±24.2	5.0±0.6**	17.0±0.0	65.77
10	38.0±4.7**	205.7±15.4	3.0±0.6**	14.7±0.9	68.81

同行数据后标有*表示数据差异显著（P <0.05），**表示数据差异极显著（P <0.01）。

Data followed by * in the same line indicate significant difference at 0.05 level (P < 0.05), while data followed by ** indicate extremely significant difference at 0.01 level (P < 0.01).

增加，产卵量和产卵孔数量均逐渐减少，产卵驱避活性也逐渐增强。

2.3 芦荟丙酮提取物对桔小实蝇产卵驱避持效性的研究

探讨了芦荟丙酮提取物在 10 mg/mL 浓度下喷施寄主番石榴上，对桔小实蝇产卵驱避活性的持效性，如图 1、图 2 和图 3 所示。从图 1 可以看出，随着芦荟丙酮提取物处理时间的延长，桔小实蝇在番石榴上的产卵量逐渐增加，其驱避产卵活性也随之减弱。处理前 5 d 番石榴上产卵量在 46.0~256.7 粒之间，均极显著少于对照组（第 1 天：F=1046.30，P<0.001；第 2 天：F=2185.57，P<0.001；第 3 天：F=672.43，P<0.001；第 4 天：F=280.96，P<0.001；第 5 天：F=82.55，P=0.001）；至第 6 天及以后时，处理番石榴上的产卵量与对照组差异不显著（第 6 天：F=5.73，P=0.075；第 7 天：F=1.61，P=0.273）。从图 2 可以看出，随着芦荟丙酮提取物处理时间的延长，桔小实蝇在番石榴上的产卵孔数量逐渐增加。处理前 3 d 番石榴上的产卵孔数量在 5.0~11.7 个之间，均极显著少于对照组（第 1 天：F=216.00，P<0.001；第 2 天：F=156.25，P<0.001；第 3 天：F=144.50，P<0.001）；第 4 天时，产卵孔数为 12.7 个，与对照组差异显著（F=8.47，P=0.044）；至第 5 天及以后，处理番石榴上的产卵孔数量与对照组差异不显著（第 5 天：F=7.00，P=0.057；第 6 天：F=1.13，P=0.349；第 7 天：F=4.50，P=0.101）。从图 3 可以看出，芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的产卵驱避率随时间延长而降低，在处理前 3 d 时，产卵驱避活性较强，其产卵驱避率均在 60%以

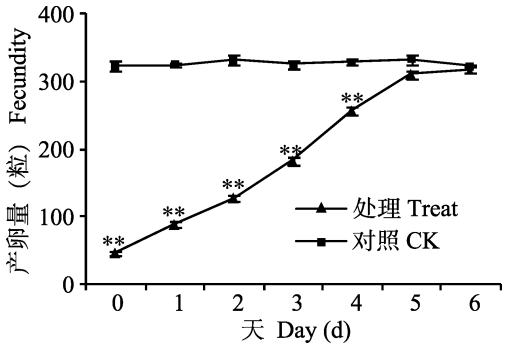

图 1 桔小实蝇在芦荟丙酮提取物处理不同时间的番石榴上的产卵量

Fig. 1 Fecundity of oriental fruit fly on the guava treated *Aloe* acetone extract with different time

*表示差异显著（P <0.05），**表示差异极显著（P <0.01）。下图同。

* indicates significant difference at 0.05 level (P < 0.05); ** indicates extremely significant difference at 0.01 level (P < 0.01). The same below.

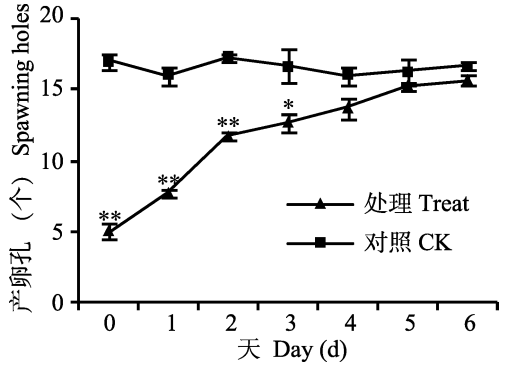

图 2 桔小实蝇在芦荟丙酮提取物处理不同时间的番石榴上的产卵孔数

Fig. 2 Spawning holes of oriental fruit fly on the guava treated *Aloe* acetone extract with different time

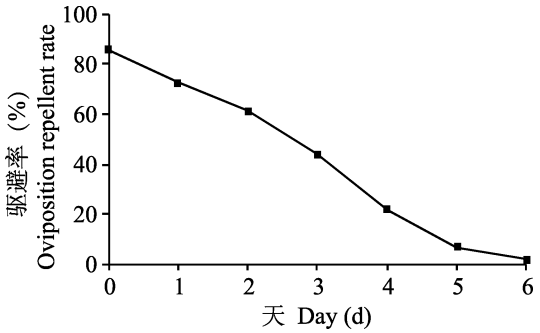

图 3　处理不同时间的芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的产卵驱避率

Fig. 3　Oviposition repellent rate of *Aloe* acetone extract against the oriental fruit fly at different time

上；至第 6 天时，产卵驱避率仅为 6.70%；第 7 天时，几乎无驱避效果，产卵驱避率为 1.98%。

3　讨论

植物次生化合物对许多有害昆虫具有一定的生物活性（黄衍章等，2010）。芦荟因具有抗菌、杀虫等功效而广泛应用于医疗、农业、食品等行业，本研究筛选了不同溶剂提取物对桔小实蝇的驱避活性，发现芦荟甲醇、丙酮、乙酸乙酯、二氯甲烷和石油醚提取物对桔小实蝇都有一定的生物活性，其中丙酮提取物的产卵驱避活性最强。这与魏杰（2011）以芦荟不同溶剂提取物，测定其对朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 生物活性的研究结果一致。张倩（2014）发现芦荟丙酮提取物对朱砂叶螨具有很好的触杀、熏蒸、驱避活性，活性跟踪纯化分离得到具有杀螨活性的成分主要是芦荟大黄素。也有研究发现芦荟甲醇、丙酮、乙酸乙酯、氯仿和正己烷提取物对冈比亚疟蚊 *Anopheles gambiae* 均有不同程度的生物活性，结果发现，乙酸乙酯提取物有最高的生物活性（Matasyoh *et al.*，2008）。

本研究还发现芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的产卵驱避活性存在剂量效应，通过选择性试验与非选择性试验发现产卵驱避率随提取物浓度的增加而增加，在 10 mg/mL 时，产卵驱避活性最强，分别为 68.81%和 89.43%。进一步测试了芦荟丙酮提取物的持效期，产卵驱避作用随着时间的延长而减弱，在处理前 3 d 时，产卵驱避活性较强，其产卵驱避率均在 60%以上，与对照产卵量差异显著持续时间为 5 d。这与张倩（2014）报道芦荟丙酮提取物对朱砂叶螨具有较强的驱避活性，产卵驱避作用随着提取物浓度的增加而增强，用 1.5 mg/mL 处理时，产卵驱避率为 83.33%，其驱避活性随时间延长呈下降趋势的结果相一致。也有研究报道，薇甘菊 *Mikania micrantha* 乙醇提取物对桔全爪螨有较好的产卵驱避效果，与对照产卵量差异显著持续时间可到达 9 d，田菁 *Sesbania cannabina* 乙醇提取物可持续 6 d，鸡矢藤 *Paederia scandens*、芒箕 *Dicranopteris pedata*、韭菜 *Allium tuberosum* 和假连翘 *Duranta repens* 乙醇提取物持续 4~5 d，而赛葵 *Malvastrum coromandelianum* 和蓖麻 *Ricinus communis* 乙醇提取物的产卵驱避活性仅持续 2 d（岑伊静等，2004）。还有研究发现薇甘菊、蓖麻和马樱丹等乙醇提取物对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 有较好的驱避效果，产卵驱避率均超过 80 %，驱避作用随时间延长而减弱，持续时间为 3 d（钟平生等，2010）。

芦荟丙酮提取物对桔小实蝇的驱避作用强，在植物源驱避剂方面具有一定开发前景，持效期相对较短，可通过剂型改良来提高应用效率。目前已有研究报道聚乙烯醇（PVA）具有很好的生物相容性，可作为膜剂或者药物载体，使药物缓慢释放，从而达到延长药物的持续时间（万四华，2007）。非寄主次生物质对桔小实蝇有一定的驱避作用，且该物质来源于自然环境中，对环境本身污染，其驱避或触杀害虫的作用机理独特，减少抗药性的发生。研究开发桔小实蝇的植物源驱避剂，通过提取分离活性成分，找出具有高效和长持效性的驱避活性物质应用于桔小实蝇的防治，为实现害虫的综合防治提供理论依据。

参考文献 **(References)**

Bian WB, Wang GC, Gong YF, Sun XL, Li YX, 2012. Rpellent and anti-feedant activity of 19 plant essential oils against *Myllocerinus aurolineatus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(2): 496–502. [边文波, 王国昌, 龚一飞, 孙晓玲, 李元喜, 2012. 十九种植物精油对茶丽纹象甲成虫的驱避和拒食活性. 应用昆虫学报, 49(2): 496–502.]

Champ BR, Dyte CE, 1997. FAO global survey of pesticide

susceptibility of stored grain pests. *Fao Plant Protection Bulletin*, 25(2): 49–67.

Chien CC, Yaw JD, Ling LC, Hou RH, 1996. Deterrent effect of neem seed kernel extract on oviposition of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Guava. *Journal of Economic Entomology*, 89(2): 462–466.

Chen JN, Peng Q, He YL, 2015. Antibacterial activity of *Aloe* extract and its relevant research. *Acta Medicinae Sinica*, 28(4): 98–100. [陈佳妮, 彭琦, 何玉林, 2015. 芦荟提取物抑菌活性及相关性研究. 华夏医学, 28(4): 98–100.]

Chen L, 2013. Biological characteristics of *Bactrocera dorsalis* reared on different citrus fruits and mechanisms of olfaction. Master thesis. Hangzhou: China Jiliang University. [陈玲, 2013. 桔小实蝇为害柑橘的生物学特性及其嗅觉感受机制研究. 硕士学位论文. 杭州: 中国计量学院.]

Cen YJ, Pang XF, Zhou Q, Peng YF, Xu CB, 2004. Bioassay on oviposition repellency of non-preferable plant extracts against citrus red mite *Panonychus citri*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 15(9): 1687–1690. [岑伊静, 庞雄飞, 周琼, 彭跃峰, 徐长宝, 2004. 非嗜食植物提取物对桔全爪螨产卵的驱避性测定. 应用生态学报, 15(9): 1687–1690.]

Hou BH, Xie RJ, 2006. Depth of pupation and survival of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae), pupae at selected soil moistures. *Applied Entomology & Zoology*, 41(3): 515–520.

Huang YZ, Lu YH, Li WJ, 2010. Repellent effect of the ethanol extracts from twelve herb plants on the adults of *Rhizopertha dominica* and *Tribolium castaneum*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 47(2): 387–392. [黄衍章, 卢燕会, 李文静, 2010. 十二种药用植物乙醇提取物对谷蠹和赤拟谷盗成虫的驱避效应. 应用昆虫学报, 47(2): 387–392.]

Lu YJ, Liu FJ, 2003. Study on effect of garlic and *Aloe* extract against stored grain insects. *Grain Storag*, 32(3): 14–17. [鲁玉杰, 刘凤杰, 2003. 大蒜和芦荟提取物防治几种储粮害虫效果的研究. 粮食储藏, 32 (3): 14–17.]

Matasyoh JC, Wathuta EM, Kariuki ST, Chepkorir R, Kavulani J, 2008. *Aloe* plant extracts as alternative larvicides for mosquito control. *African Journal of Biotechnology*, 7(7): 912–915.

Man YF, Zhang XM, Xu Y, Xiao C, 2016. Effect of *Lindera glauca* and its volatiles on the oviposition preferences of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(4): 843–850. [马艳粉, 张晓梅, 胥勇, 肖春, 2016. 山胡椒及其挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响. 应用昆虫学报, 53(4): 843–850.]

Stephens AE, Kriticos DJ, Leriche A, 2007. The current and future potential geographical distribution of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*, 97(4): 369.

Salari E, Ahmadi K, Dehyaghobi RZ, Purhematy A, Takalloozadeh HM, 2012. Toxic and repellent effecto of harmal (*Peganum harmala* L.) acetonic extract on several aphids and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1): 147–151.

Subramaniam J, Kovendan K, Mahesh KP, Murugan K, Walton W, 2012. Mosquito larvicidal activity of *Aloe vera* (Family: Liliaceae) leaf extract and bacillus sphaericus, against Chikungunya vector, *Aedes aegypti*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19(4): 503–509.

Wei J, 2011. Acaricidal activity of *Aloe vera* L. leaf extracts against *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae) and separation of the bioactivity substance. Master thesis. Chongqing: Southwest University. [魏杰, 2011. 芦荟的杀螨活性及活性化合物的追踪分离. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.]

Wan SH, 2007. The preparation and properties research of environment-friendly modified pva polymer films loaded with medicine. Master thesis. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology. [万四华, 2007. 环保型改性聚乙烯醇载药膜的制备及其性能研究. 硕士学位论文. 武汉: 华中科技大学.]

Wang T, Xia QL, Chen JB, Lu SM, 2012. Research progress on extraction, isolation and bioactivity of active ingredients from *Aloes*. *Food and Fermentation Technology*, 48(4): 7–11. [王涛, 夏其乐, 陈剑兵, 陆胜民, 2012. 芦荟有效成分的提取、分离纯化及生物活性研究进展. 食品与发酵科技, 48(4): 7–11.]

Wang YL, 2013. Study advance in incidence and trap control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Environmental Entomology*, 35(2): 253–259. [王玉玲, 2013. 桔小实蝇的发生与诱杀防治研究进展. 环境昆虫学报, 35(2): 253–259.]

Zhan GH, Fan XH, Gu ZY, Chen YF, Cai P, Yuan WM, Chu CR, Lin YJ, Hu BH, 2010. Living habits of orient fruit fly in Taihu area. *Plant Diseases and Pests*, 1(3): 47–50. [詹国辉, 樊新华, 顾忠盈, 陈云芳, 蔡平, 袁卫明, 储春荣, 林雅静, 胡斌华, 2010. 太湖地区桔小实蝇的生活习性. 植物病虫害研究, 1(3): 47–50.]

Zhan KR, Zhao SX, Zhu SF, Zhou WC, Wang NW, 2006. Study on viability of *Bactrocera dorsalis* in china. *Journal of South China Agricultural University*, 27(4): 21–25. [詹开瑞, 赵士熙, 朱水芳, 周卫川, 王念武, 2006. 桔小实蝇在中国的适生性研究. 华南农业大学学报, 27(4): 21–25.]

Zhong PS, Liang GW, Zeng L, 2010. Oviposition deterrent activity of ethanol extracts of the non-preferable plants to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Plant Protection*, 36(4): 85–89. [钟平生, 梁广文, 曾玲, 2010. 非嗜食植物乙醇提取物对褐飞虱产卵的驱避作用. 植物保护, 36(4): 85–89.]

Zhang Q, 2014. Acaricidal compounds isolated from *Aloe barbadensis* Miller leaf and their activity evaluation against *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae). Master thesis. Chongqing: Southwest University. [张倩, 2014. 库拉索芦荟杀螨化合物提取分离与活性评价. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.]

Zeng XN, Wu ML, Luo S, 2003. Effects of plant volatile constituents on oviposition of citrus leafminer (*Phyllocnistis citrella* Stainton). *Journal of Plant Protection*, 30(2): 198–202. [曾鑫年, 吴美良, 罗诗, 2003. 植物挥发性成分对柑桔潜叶蛾产卵行为的影响. 植物保护学报, 30(2): 198–202.]