榴莲果肉挥发物对橘小实蝇雄虫的引诱作用*

莫如江** 欧阳倩 钟宝儿 吴伟坚***

（华南农业大学昆虫生态研究室，广州 510642）

摘 要 **【目的】**实蝇类雄成虫对某些含有甲基丁香酚或覆盆子酮等特殊化合物的花类具有强烈的趋性。具有强烈气味的水果挥发物对果实蝇属昆虫的引诱作用尚未有研究。**【方法】** 在杨桃园研究榴莲、菠萝蜜、菠萝及番荔枝 4 种新鲜水果气味对橘小实蝇的引诱作用，利用顶空固相微萃取和气质联用技术（GC-MS）提取并分析榴莲果肉挥发物成分。**【结果】** 结果显示，榴莲果肉挥发物对橘小实蝇雄虫的引诱效果最显著；榴莲果肉挥发物共得到 22 个峰，鉴别到 20 种化合物。绝大部分为酯类物质（>90%），少数为醇类（0.50%）、醛类（0.45%）和含硫化合物（4.23%）；诱捕试验显示，2-甲基丁酸乙酯对橘小实蝇雄虫的引诱数量显著高于 2-甲基丁酸甲酯、丙酸丙酯、二甲基硫醚、辛酸乙酯、己酸甲酯以及榴莲鲜果肉。**【结论】** 本试验结果将为下一步研发高效桔小实蝇引诱剂提供依据。

关键词 桔小实蝇，榴莲，挥发物，引诱剂，2-甲基丁酸乙酯

Attractiveness of durian fruit volatiles to *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

MO Ru-Jiang** OUYANG Qian ZHONG Bao-Er WU Wei-Jian***

(Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract **[Objectives]** Males of various tephritid fruit fly species are attracted to and feed on some flowers which contain particular chemical compounds, such as methyl eugenol or raspberry ketone. The attractiveness of strong smelling fruits to *Bactrocera* has never been investigated. **[Methods]** The attractiveness of the scent of durian, jackfruit, pineapple and cherimoya to *Bactrocera dorsalis* (Hendel) were investigated in a carambola orchard. The volatile components of durian flesh were extracted by solid phase microextraction (SPME) and analyzed by gas chromatographic-mass spectrometric (GC-MS). **[Results]** Fresh durian flesh was more attractive than the other fruit extracts tested. 22 peaks were isolated, and 20 compounds identified from durian fruit volatiles. The majority of compounds were esters (>90%), the remainder were alcohols (0.50%), aldehydes (0.45%) and sulfur compounds (4.23%). Trap using ethyl-2-methylbutyrate as a lure caught significantly more insects than those using methyl-2-methylbutyrate, propyl propionate, dimethyl sulfide, ethyl octmoate, methyl hexanoate and durian flesh. **[Conclusion]** These findings suggest that ethyl-2-methylbutyrate has potential for developing more effective attractants for *B. dorsalis* management.

Key words *Bactrocera dorsalis*, *Durio zibethinus*, volatiles, attractant, ethyl-2-methylbutyrate

橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis*（Hendel），又名东方果实蝇，隶属双翅目 Diptera 实蝇科 Tephritidae，是一种世界性检疫害虫，分布于东南亚及太平洋等地区。该虫寄主范围甚广，主要为害番石榴、芒果等 46 个科 250 种瓜果蔬菜（梁广勤和梁帆，1993；黄素青和韩日畴，2005；孔令斌等，2008）。近年来，随着我国南方瓜果蔬菜种植面积的不断扩大，橘小实蝇的为害也逐年加重，部分地区甚至受到毁灭性危害，严重威胁到我国的水果蔬菜生产及进出口贸易（王琳和潘志萍，2011）。目前，化学防治和引诱剂诱捕是防治该虫最常用的两种方法。化学防治方法容易

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201103026-4）；广东省科技计划项目（2012A020602034）

**E-mail: mrjazy@163.com

***通讯作者，E-mail: weijwu@scau.edu.cn

收稿日期：2013-12-17，接受日期：2014-03-14

导致害虫抗药性的产生，污染环境，破坏生态平衡（王玉玲，2013）。而采用雄虫引诱剂甲基丁香酚诱捕虽然是比较环保、安全的一种防治方法，但据报道甲基丁香酚对橘小实蝇雄虫的引诱效果在不断减弱（黄素青和韩日畴，2005）。因此，开发一种既环保安全又持续有效的实蝇引诱剂是当前防治该虫的迫切需要，也是近年来国内外学者的研究热点。实蝇科雄虫对某些含有甲基丁香酚或覆盆子酮等特殊化合物的花类有强烈趋性（Tan and Nishida，2000；Shelly，2010），国内专家学者也对橘小实蝇寄主植物的挥发物对其的引诱作用进行了相关研究（张淑颖等，2007；刘桂清等，2010）。然而具有强烈气味的非寄主水果挥发物对橘小实蝇的引诱作用，国内甚少见有报道。本研究试图从榴莲【*Durio zibethinus*（Murr）】、菠萝蜜【*Artocarpus heterophyllus*（Lam）】、菠萝（*Ananas comosus*）以及番荔枝（*Annona squamosa*）等几种具有强烈气味的热带水果中，筛选出对橘小实蝇有引诱作用的挥发物成分，以期为进一步研发高效实蝇引诱剂提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　供试水果　泰国金枕榴莲、菠萝蜜、菠萝、番荔枝（均为超市购买）。

1.1.2　试剂　见表 1。

1.1.3　仪器设备　Sarlorius BSA224S-CW 电子天平（北京赛多利斯科学仪器有限公司）；Finnigan TRACE GC-MS 气相色谱-质谱联用仪，HP-INNOWAX 石英毛细管柱（30 m×0.25 mm）；实蝇诱捕瓶（广州盛韵园艺公司）。

1.2　试验方法

1.2.1　几种具有浓郁香味热带水果果肉对橘小实蝇的诱集试验　试验地点选在广州市天河区杨桃公园，试验面积约 1 hm^2，采取随机化完全区组试验设计，将试验杨桃园分为 4 个区组，每个区组内挂 5 个实蝇诱捕瓶，瓶间距约 20 m，挂瓶高度约 1.6 m。其中 4 个瓶分别装以上 4 种水果果肉各 50 g，另一个瓶为空白处理。24 h 后记录各瓶诱捕到桔小实蝇的数量。

1.2.2　榴莲果肉挥发物化学成分分析　顶空固相微萃取：取榴莲果肉小份密封于顶空样品瓶，固相微萃取纤维 DVB/CAR/PDMS（50/30mm），顶空萃取 30 min，230℃解吸 3 min 进样；GC-MS 成分分析条件：进样口温度 230℃，采用高纯氦气 He 作为载气，载气流速为 1.0 mL/min；柱温 40℃（保持 2 min），5℃/min 升到 100℃（保持 2 min），10℃/min 升到 220℃（保持 4 min）；

表 1　化学标准品及试剂
Table 1　Chemical standards and reagent

化合物 Chemicals	纯度 Purity	来源 Source
2-甲基丁酸乙酯 Ethyl-2-methylbutyrate	≥99%	美国 Sigma 公司
丙酸丙酯 Propyl propionate	≥99%	美国 Sigma 公司
二甲基硫醚 Dimethyl sulfide	≥99%	美国 Sigma 公司
2-甲基丁酸甲酯 Methyl-2-methylbutyrate	≥99%	德国 DR 公司
辛酸乙酯 Ethyl caprylate	≥99%	德国 DR 公司
己酸甲酯 Methyl caproate	≥99%	德国 DR 公司
液体石蜡 Liquid paraffin	分析纯	天津市大茂化学试剂厂

离子源 EI70 eV，电压 350 V，扫描质量范围为 35~335 amu。化合物于 Willey，NIST library 谱库定性检索。

1.2.3　榴莲果肉挥发性酯类对橘小实蝇的诱集试验　将化学标准品用液体石蜡稀释为 20%浓度的试剂。试验地点选在广州市天河区杨桃公园。试验面积约 1 hm^2，采取随机化完全区组试验设计，将试验杨桃园分为 4 个区组，每个区组内挂 8 个实蝇诱捕瓶，瓶间距约 20 m，挂瓶高度约 1.6 m。其中 6 个瓶分别滴加表 1 中的 6 种标准品试剂各 1 mL，剩下两个瓶一个装 50 g 榴莲果肉，另一个为空白处理。24 h 后记录各瓶诱捕到橘小实蝇的数量。

1.3　数据统计与分析

数据采用 SPSS 软件中的 General Linear Model（GLM）进行方差分析，并以 Duncan's 法作多重比较。

2　结果与分析

2.1　几种具有浓郁气味的热带水果果肉对橘小实蝇雄虫的引诱作用

4 种具浓郁气味的热带水果中，番荔枝为橘小实蝇的寄主水果，榴莲、菠萝蜜和菠萝均为非寄主水果。实验结果显示，榴莲果肉和番荔枝果肉对橘小实蝇雄成虫的引诱效果最显著，分别诱到 32 头/瓶、29.75 头/瓶，远高于菠萝蜜果肉的 18.75 头/瓶及菠萝果肉的 9.75 头/瓶。由图 1 可看出，榴莲果肉与寄主水果番荔枝间差异不显著，但它们均与菠萝蜜果肉达到差异显著水平；菠萝蜜果肉与菠萝果肉间差异显著。因此下一步试验选用榴莲作为试验水果。

2.2　榴莲果肉挥发物的化学成分

分析结果共得到 22 个峰，鉴别到 20 种化合物。绝大部分为酯类物质（>90%），少数为醇类（0.50%）、醛类（0.45%）和含硫化合物（4.23%）。其中，2-甲基丁酸乙酯（36.54%）和丙酸乙酯（15.10%）为占比最大的两种酯类。同时还有少量的含硫化合物，如二甲基硫醚（3.94%）和 3、5-二甲基-1、2、4-三硫环戊烷（0.15%），具体鉴定成分见表 2。

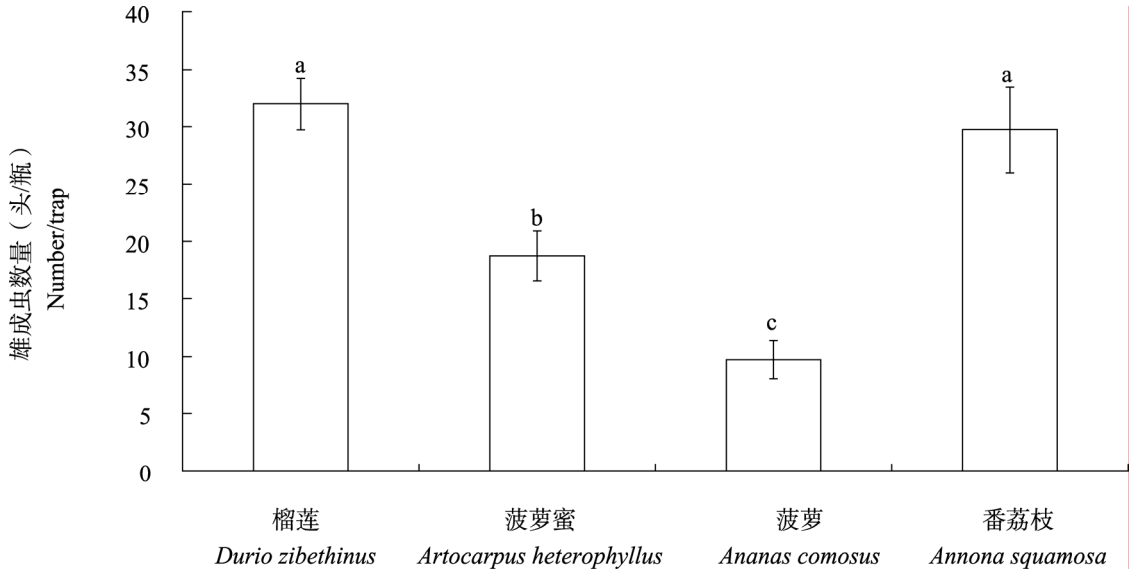

图 1　几种水果果肉对橘小实蝇的诱捕量（广州）

Fig. 1　Adult male of *Bactrocera dorsalis* caught on different strong smelling fruits (Guangzhou)

柱上标有相同字母者差异不显著（Duncan's 多重比较, P>0.05）。下图同。

Histograms with the same letters indicate no significant difference by Duncan's multiple range test, P>0.05. The same below.

2.3　榴莲果肉挥发性酯类对橘小实蝇的吸引

作用

对诱集到的橘小实蝇进行数据分析，结果表明，6 种酯类标准品及榴莲果肉对橘小实蝇雄成虫均有一定的吸引作用。其中，2-甲基丁酸乙酯效果最好，平均每瓶诱到 61.75 头，显著高于其余 5 种酯类标准品及榴莲果肉。榴莲果肉平均诱集到 22.5 头，2-甲基丁酸甲酯为 27.5 头，两者比较接近。其余 4 种酯类诱到的数量均小于 20 头，从图 2 可以看出丙酸丙酯效果最差，平均仅诱到 5.5 头。经显著性差异检验，除了 2-甲基丁酸乙酯，榴莲果肉及其他 5 种酯类之间均差异不显著。实验结果表明，2-甲基丁酸乙酯可作为下一步研究开发实蝇引诱剂的增效剂的潜在物质。

表 2　榴莲果肉挥发物成分
Table 2　Volatile components of durian pulp

保留时间 Retention time (min)	化合物 Chenmicals	相对含量 Relative content (%)
1.76	乙醛 Ethanal	0.45
1.91	乙醇 Ethyl alcohol	0.50
1.99	二甲基硫醚 Dimethyl sulfide	3.94
2.56	乙酸乙酯 Ethyl acetate	7.62
3.56	乙偶姻 Acetoin	0.36
3.65	丙酸乙酯 Ethyl propionate	15.10
4.88	2-甲基丁酸甲酯 Methyl-2-methylbutyrate	1.35
5.39	丁酸乙酯 Ethyl butyrate	1.98
5.58	丙酸丙酯 Propyl propionate	6.08
6.46	巴豆酸乙酯 Ethyl crotonate	0.20
6.68	2-甲基丁酸乙酯 Ethyl-2-methylbutyrate	36.54
7.94	2-甲基丁酸乙酯 Ethyl-2-methylbutyrate	0.43
8.76	己酸甲酯 Methyl caproate	0.17
9.19	2-甲基 2-巴豆酸乙酯 Ethyl 2-methyl-2-butenoate	0.21
9.41	2-甲基丁酸丙酯 Propyl 2-methylbutyrate	7.62
10.97	己酸乙酯 Ethyl hexanoate	12.68
13.87	己酸丙酯 Propyl hexanoate	1.37
14.22	2-甲基异戊酸丁酯 2-methylbutyl isovalerate	0.05
14.33	3-甲基丁酸戊酯 Pentyl 3-methylbutanoat	0.08
14.49	3、5-二甲基-1、2、4-三硫环戊烷 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane	0.15
14.71	3、5-二甲基-1、2、4-三硫环戊烷 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane	0.14
17.34	辛酸乙酯 Ethyl caprylate	1.79

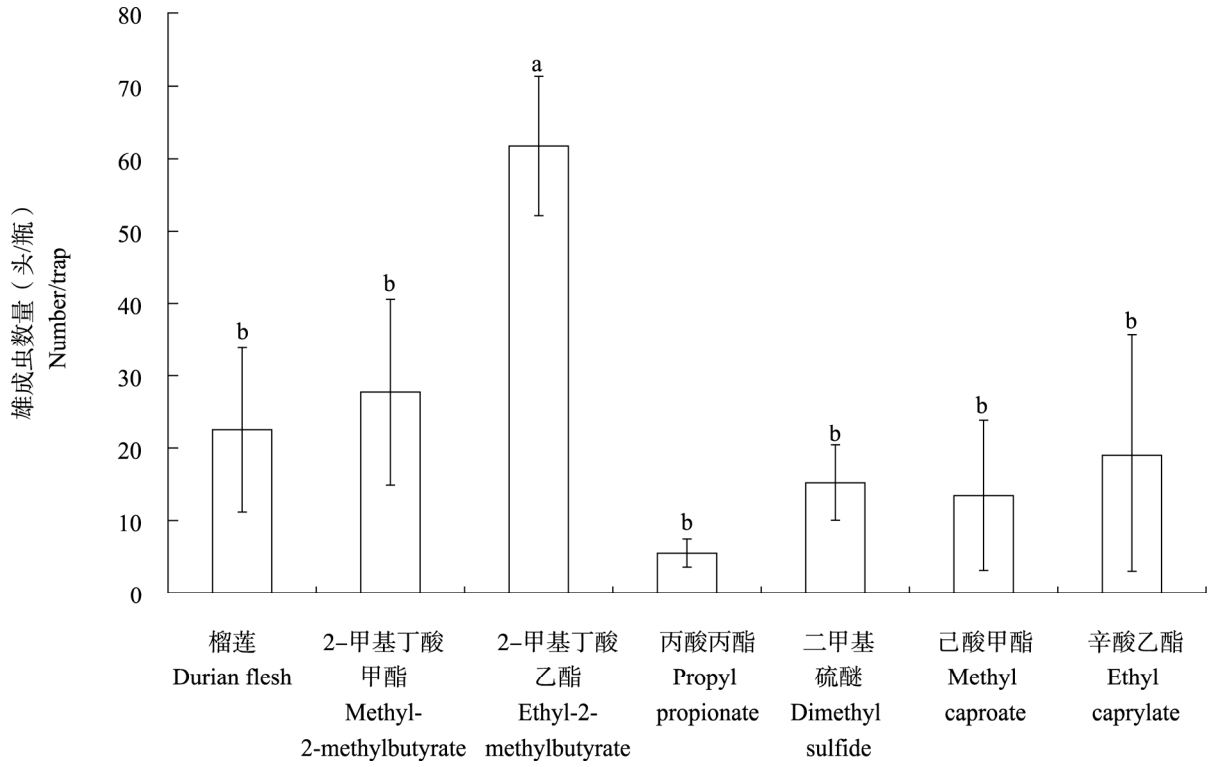

图 2　几种榴莲果肉挥发性酯类对橘小实蝇的诱捕量（广州）

Fig. 2　Adult male of *Bactrocera dorsalis* caught on esters from *Durio zibethinus* (Guangzhou)

3　结论与讨论

实蝇雄虫引诱物的研究早在 20 世纪初已有报道。Howlett（1912）首先发现了香茅油能够强烈吸引几种实蝇科雄虫。后来经证实其中起引诱作用的有效成分为甲基丁香酚（Methyl-eugenol，简称 ME）（Howlett，1915）。目前已经发现超过 200 种植物内含有 ME（Tan and Nishida, 1996），包括芒果（*Mangifera indica*）、鳄梨（*Persea americana*）、茶叶树（*Melaleuca* spp.）和紫苏（*Ocimum basilicum* L.）等几种广泛分布的植物（Sagrero-Nieves and Bartley，1995；Miele *et al.*，2001；Pino *et al.*，2005； Aboutabl *et al.*，2006）。植物组织气味挥发物在吸引橘小实蝇成虫中起着重要作用。因此，从寄主和非寄主植物的叶片或果实中筛选出对橘小实蝇具有较高引诱活性的物质，成为了目前重要的研究思路（Jang *et al.*，1997）。Siderhurst 和 Jang（2006）对杏仁气味挥发物研究发现，乙酸乙酯、乙酸己酯、乙酸芳樟酯、乙醇等 9 种醇酯类物质对橘小实蝇有引诱作用。酯醇类物质是大多数果实芳香气味的主要组分（乜兰春等，2006；张序等，2007），除酯类外，含硫化合物是榴莲具有特殊气味的主要物质，本研究表明二甲基硫醚并非引诱橘小实蝇的主要物质，而是酯类特别是 2-甲基丁酸乙酯，与 Siderhurst 和 Jang（2006）和施伟等（2009）的研究结果相类似。但是本试验中榴莲果肉及其挥发物均仅能引诱橘小实蝇的雄成虫，原因有待进一步研究。

某些兰花植物中的甲基丁香酚（ME），能吸引 ME 敏感型实蝇雄虫为其传粉。研究表明通过用 ME 等引诱物饲喂后，ME 敏感型实蝇雄虫能将这些物质以完整或代谢物的形式保存在其直肠中，然后在求偶时释放出来，从而有助于它们的交配成功，因此这些兰花与 ME 敏感型实蝇雄虫之间被认为是一种互利关系，而 ME 则为互利素（Synomones）（Tan and Nishida，1996）。非寄主植物如榴莲等中的酯类物质的作用有待进一步研究。

甲基丁香酚是目前应用最广的橘小实蝇雄

虫引诱剂，然而随着应用的推广，甲基丁香酚对橘小实蝇雄虫的引诱数量在不断减少，因此，通过改良现有引诱剂或研发一种对橘小实蝇雌虫有效的新型引诱剂，对防治橘小实蝇具有迫切的现实意义。刘玉章等（2000）提出，在糖蜜引诱剂中加入乙酸乙酯或丁酸乙酯，可增强对橘小实蝇的引诱作用。吴华等（2004）对橘小实蝇引诱剂进行改良时发现，香茅油、甜橙香精油及甲基丁香酚按 2.5∶47.5∶50 的配比时，对橘小实蝇诱杀总数与甲基丁香酚无显著差异，但对橘小实蝇雌虫有一定的引诱作用，引诱率达 5.36%。本研究结果表明，虽然榴莲果肉挥发物的 6 种成分中均未发现对橘小实蝇雌虫具有引诱效果，但是，2-甲基丁酸乙酯对橘小实蝇雄虫却具有较强烈的吸引作用。因此 2-甲基丁酸乙酯可作为引诱剂的潜在添加物，为下一步开发高效橘小实蝇雄虫引诱剂提供依据。

参考文献 (References)

Aboutabl EA, El Tohamy SF De Footer HL, De Buyck LF, 1991. A comparative study of the essential oils from three *Melaleuca* species growing in Egypt. *Flavour Fragr. J.* , 6(2): 139–141.

Howlett FM, 1912. The effects of oil of citronella on two species of *Dacus*. *Trans. Roy. Entomol. Soc. Lond.*, 60(2): 412–418.

Howlett FM, 1915. Chemical reactions of fruit flies. *Bull. Entomol. Res.*, 6(3): 297–305.

Jang EB, Lori AC, John DS, 1997. Attraction of female oriental fruit fly *Bactrocea dorsalis* to volative semiochemicals from leaves and exacts of a nonhost plant, Panax (*Polyscias guifoylei*) in laboratory and olfactometers assays. *J. Chem. Ecol*., 23(6): 2342–2358.

Miele M, Dondero R, Ciarallo G, Mazzei M, 2001. Methyl eugenol in *Ocimum basilicum* L. *cv. Genovese gigante*. *J. Agric. Food Chem.*, 49(1): 517–521.

Nojima S, Linn CJr, Roelofs W, 2003. Identification of host fruit volatiles from flowering dogwood (*Cornus florida*) attractive to dogwood-origin *Rhagoletis pomonella* flies. *J. Chem. Ecol*., 29(10): 2347–2357.

Pino JA, Mesa J, Muñoz Y, Pilar Martí M, Marbot R, 2005. Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Agric. Food Chem*., 53(3): 2213–2223.

Sagrero-Nieves L, Bartley JP, 1995. Volatile components of avocado leaves (*Persea americana* Mill) from the Mexican race. *J. Sci. Food Agric.*, 67(1): 49–51.

Shelly T, 2010. Effects of methyl eugenol and raspberry ketone/cue lure on the sexual behavior of *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae). *Appl. Entomol. Zool*., 45 (3): 349–361.

Siderhurst MS, Jang EB, 2006. Female-biased attraction of Oriental fruit fly, *bactrocera dorsalis*(Hendel), to a blend of host fruit volatiles from *Terminalia catappa* L. *J. Chem. Ecol*., 32(11): 2513–2524.

Tan KH, Nishida R, 2000. Mutual reproductive benefits between a wild orchid, *Bulbophyllum* patens, and *Bactrocera* fruit flies via a floral synomone. *J. Chem. Ecol.*, 26(2): 533–546.

Tan KH, Nishida R, 1996. Sex pheromone and mating competition after methyl eugenol consumption in the *Bactrocera dorsalis* complex // McPheron BA, Steck GJ (eds.). Fruit fly Pests: A World Assessment of Their Biology and Management. St. Lucie Press, Delray Beach, FL. 147–153.

陈健忠, 董耀仁, 2000. 伍种植物叶片萃取物对东方果实蝇 *Bactrocera dorsalis*(双翅目: 果实蝇科)之引诱效果. 中华昆虫, 20(1): 37–44. [CHEN CC, DONG YJ, 2000. Attraction of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel) (Diptera: Tephritidae), to leaf extracts of five plants. *Chinese Journal of Entomology*, 20(1): 37–44.]

杜家纬, 2001. 植物—昆虫间的化学通讯及其行为控制. 植物生理学报, 27(3): 193–200. [DU JW, 2001. Plant-insect chemical communication and its behavior control. *Acta Phytophysiologica Sinica*, 27(3): 193–200.]

黄素青, 韩日畴, 2005. 桔小实蝇的研究进展. 昆虫知识, 42(5): 479–484. [HUANG SQ, HAN RC, 2005. Advance in the research on the quarantine pest *Bactrocera dorsalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(5): 479–484.]

孔令斌, 林伟, 李志红, 黄冠胜, 梁忆冰, 2008. 气候因子对桔小实蝇生长发育及地理分布的影响. 昆虫知识, 45(4): 528–536. [KONG LB, LIN W, LI ZH, LIANG YB, 2008. Effects of climatic factors on the growth and geographical distribution of Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 528–536.]

梁广勤, 梁帆, 1993. 桔小实蝇三龄幼虫染色体的组型. 昆虫知识, 3(6): 356–357. [LIANG GQ, LIANG F, 1993. Karyotype of 3rd instar larva of *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Entomological Knowledge,* 3(6): 356–357.]

刘桂清, 黄鸿, 刘景业, 欧剑峰, 吴华, 郑基焕, 周卓颖, 简嘉亮, 陈勇辉, 2010. 番石榴挥发物对桔小实蝇成虫的引诱作用. 环境昆虫学报, 32(2): 291–294. [LIU GQ, HUANG H, LIU JY, OU JF, WU H, ZHENG JH, ZHOU ZY, JIAN JL, CHEN YH,

2010. Attraction of volatiles from guava for *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Environmental Entomoogy*, 32(2): 291–294.]

刘玉章, 黄任豪, 2000. 改良糖蜜引诱剂对东方果实蝇之引诱效果. 植物保护学会会刊, 42(4): 223–233. [LIU YC, HWANG RH, 2000. The Attractiveness of improved molasses attractant to *Bactrocera dorsalis* Hendel. *Plant Protection Bulletin*, 42(4): 223–233.]

乜兰春, 孙建设, 陈华君, 邹祥旺, 2006. 苹果不同品种果实香气物质研究. 中国农业科学, 39(3): 641–646. [NIE LC, SUN JS, CHEN HJ, ZOU XW, 2006. Study on fruit aroma of different apple cultivars. *Scientia Agricultura Sinica*, 39(3): 641–646.]

施伟, 刘辉, 叶辉, 2009. 桔小实蝇对两芒果品种的趋性反应. 西南农业学报, 22(2): 332–336. [SHI W, LIU H, YE H, 2009. Tax is responses of oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) to the odors of two types of mango. *Southwest China Journal of Agriculural Science*, 22(2): 332–336.]

王琳, 潘志萍, 2011. 简述引诱剂在实蝇防治中的作用. 环境昆虫学报, 33(1): 117–121. [WANG L, PAN ZP, 2011. Description the role of baits on the control of fruit fly. *Journal of Environmental Entomoogy*, 33(1): 117–121.]

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. [WANG LL, 2013. Study advance in incidence and trap control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Environmental Entomoogy*, 35(2): 253–259.]

吴华, 黄鸿, 欧剑峰, 唐飞燕, 韩诗畴, 徐洁莲, 2004. 桔小实蝇引诱剂改良之探讨. 农药, 43(5): 224–225. [WU H, HUANG H, OU JF, TANG FY, HAN SC, XU JL, 2004. Improving efficacy of attractants for *Dacus dorsalis*. *Chinese Journal Pesiticides*, 43(5): 224–225.]

张淑颖, 肖春, 李正跃, 蒋小龙, 太红坤, 胡纯华, 王旭, 2007. 芒果挥发物对桔小实蝇成虫的引诱作用. 云南农业大学学报, 22 (5): 659–664. [ZHANG SY, XIAO C, LI ZY, JIANG XL, TAI HK, HU CH, WANG X, 2007. Attraction of the volatiles from mango fruits for oriental fruit Fly, *Dacus dorsalis* (Hendel). *Jouran Yunnan Agricultural Univesty*, 22 (5): 659–664.]

张序, 姜远茂, 彭福田, 何乃波, 李延菊, 赵登超, 2007. “红灯”甜樱桃果实发育进程中香气成分的组成及其变化. 中国农业科学, 40(6): 1222–1228. [ZHANG X, JIANG YM, PENG FT, HE NB, LI YJ, ZHAO DC, 2007. Changes of aroma components in 'Hongdeng' sweet cherry during fruit development. *Scientia Agricultura Sinica*, 40(6): 1222–1228.]