

桔小实蝇对五种芒果气味挥发性物质的行为反应^{*}

施 伟^{**} 刘 辉 叶 辉

(云南大学生命科学学院 昆明 650091)

Behavioral response of *Bactrocera dorsalis* to five kinds of odor volatile of mango. SHI Wei^{**}, LIU Hui, YE Hui (College of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract In order to explore behavioral responses of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) to host odor volatiles, the test of behavior of *B. dorsalis* to five kinds of odor volatiles of mango (ethyl acetate, α -pinene, terpinolene, 3-carene and caryophyllene) and the mixture of these five volatiles was conducted with Y-tube olfactometer in laboratory. The results showed that female and male adults of the fruit fly had no significantly different behavior response to five kinds of odor volatiles and their mixture. The results also revealed that adults of *B. dorsalis* preferred to ethyl acetate, but refused terpinolene significantly. Moreover, adults showed no distinct directional behavior to α -pinene, 3-carene, caryophyllene and the mixture of five volatiles. All results indicated that adults of fruit fly showed different behavior responses to odor volatiles of mango, which may provide useful information of studying new methods to control adults of fruit fly.

Key words *Bactrocera dorsalis*, odor volatile, mango, taxis response, repellency response

摘 要 为了探究寄主气味挥发物对桔小实蝇行为的影响,本研究应用 Y 型嗅觉仪测定了桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 成虫对 5 种芒果气味挥发性物质(乙酸乙酯, α -蒎烯, 异松油烯, 3-萜烯和石竹烯)及 5 种物质混合物的行为反应。结果表明,桔小实蝇雌、雄虫对 5 种物质及 5 种物质混合物的行为反应无显著性差异。结果还揭示,桔小实蝇成虫对乙酸乙酯有明显的趋性反应,对异松油烯有明显的忌避反应,而对 α -蒎烯、3-萜烯、石竹烯和 5 种物质的混合物均没有明显的行为定向反应。说明桔小实蝇成虫对芒果不同气味挥发物的行为反应存在差别,这可为研发桔小实蝇成虫防治新方法提供基础信息。

关键词 桔小实蝇, 气味挥发性物质, 芒果, 趋性反应, 忌避反应

桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel), 又名东方果实蝇, 可危害 250 多种水果和蔬菜, 属世界性的检疫害虫^[1,2]。桔小实蝇在我国属于头号实蝇类害虫, 广泛分布于华南、西南等 9 省区^[3]。目前国内对该虫的防治主要以化学防治和甲基丁香酚灭雄为主, 但化学防治对人体和生态环境有害, 而甲基丁香酚诱剂则不能诱杀雌虫^[4]。故探求高效环保的桔小实蝇防治新方法和新技术受到广泛的关注。

实蝇类昆虫主要借助寄主气味挥发物识别、搜寻并最终确定适宜寄主^[5]。基于寄主植物挥发物与实蝇定向行为的内在联系, 利用寄主植物

挥发性提取物诱捕实蝇已成为近年来实蝇防治研究的热点。目前, 从寄主中鉴别出的一些挥发物成分已成功应用于地中海实蝇 *Ceratitis capitata*、墨西哥实蝇 *Anastrepha ludens* 和苹果实蝇 *Rhagoletis pomonella* 的防治中^[6], 而可用于桔小实蝇防治的相关产品还处于探索阶段。

^{*} 资助项目: 国家自然科学基金 (30860055), 云南省自然科学基金 (2009CD010, 2106C0007M), 云南大学校基金 (K1059155)。

^{**} E-mail: shiwei55@126.com

收稿日期: 2009-07-07, 修回日期: 2009-08-10

芒果是桔小实蝇较喜欢的寄主,也是桔小实蝇危害较重的水果,在部分地区芒果的受害率可达 80%^[7]。本研究应用“Y”型嗅觉仪测试了桔小实蝇对 5 种芒果气味挥发性物质的行为反应,以期探索影响桔小实蝇趋性行为的主要化合物组份,为寻求可用于桔小实蝇防治的寄主植物挥发性物质积累基础数据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

于试验前 1 个半月从元江芒果园中收集受到桔小实蝇危害的芒果若干,在室内条件下获得桔小实蝇成虫。本研究选取其第 2 代有 3 ~ 5 d 产卵龄的成虫供试。桔小实蝇室内饲养方法及条件参见施伟等^[4]。

1.2 测试化合物及其配制

本测试选取了芒果气味挥发物中的 5 种化合物及 5 种化合物的混合物。5 种待测化合物的种类、纯度及来源见表 1。5 种挥发性组分及其混合液均配成 1% (V/V) 石蜡油溶液。混合液中 5 种化合物所占比例按照 GC-MS 方法所测定出的 5 种物质的百分含量^[8],分别为乙酸乙酯 (16.74%)、 α -蒎烯 (21.44%)、异松油烯 (35.08%)、3-萜烯 (1.68%)、石竹烯 (2.08%)。

1.3 测试方法

采用“Y”型嗅觉仪测试桔小实蝇对挥发性化合物的行为反应。该仪器由增氧仪、接口、空气加湿器、活性炭空气过滤装置和“Y”型管组成,各部件之间以硅胶管连接。“Y”型管基臂直管长 50 cm,两测试臂长分别为 40 cm,内径 8 cm,两臂夹角 75° (图 1)。

供试桔小实蝇分为 6 组,其中 5 组所提供的受试化合物分别为乙酸乙酯、 α -蒎烯和异松油烯等 5 种单一化合物 (表 1),第 6 组为上述 5 种化合物的混合组份,其配制浓度配比见前述。采用 1cm² 的定性滤纸为载体,受试化合物溶液均匀滴在滤纸上,将滤纸放入测试臂 1 的接口中,测试剂量为 5 μ L。将含有相同剂量石蜡油的滤纸放入测试臂 2 的接口中作为空白对照。测试臂中空气流量为 200 mL/min。从“Y”型

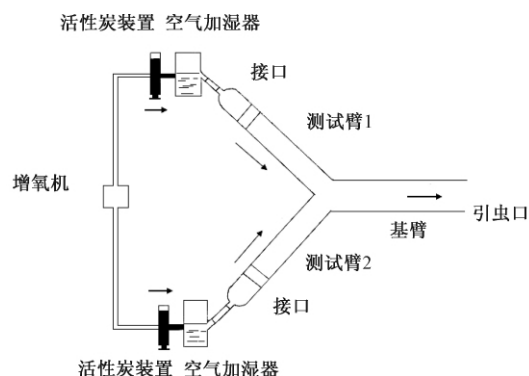


图 1 “Y”型嗅觉仪装置简图

注:箭头指向气流流向。

嗅觉仪基臂末端引入 2 雌、2 雄供试成虫,观察成虫的反应,每次观察 5 min。测试过程中,停留在基臂的成虫视为未发生反应,进入测试臂 1 中的成虫视为选择性反应,而进入测试臂 2 中的成虫则记为驱避性反应。每组测试重复 10 次,每次测试后互换样品和对照在两臂中位置,并更换滤纸。每次测试之后,均需用酒精 (分析纯,75%) 冲洗嗅觉仪所有管道,并用电风吹干,以避免前后 2 次测试化合物的气味产生相互影响。测试在室温 26 ~ 28℃ 条件下进行,在嗅觉仪上方提供 2 盏 30 W 以上的日光灯作为均匀光源。

1.4 数据分析

雌、雄虫反应差异用 SPSS 中的配对 T 检验分析比较。桔小实蝇成虫对各挥发性组分的选择反应率和忌避反应率的计算方法见下面公式^[9],并且用 χ^2 检验统计各挥发性组分对成虫的引诱和驱避作用之间差异的显著性。

反应率 (%) =

$$\frac{\text{味源管中虫数量} + \text{对照管中虫数量}}{\text{测试虫数量}} \times 100,$$

$$\text{选择反应率}(\%) = \frac{\text{味源管中虫数量}}{\text{测试虫总量}} \times 100,$$

$$\text{忌避反应率}(\%) = \frac{\text{对照管中虫数量}}{\text{测试虫总量}} \times 100。$$

2 结果与分析

2.1 桔小实蝇成虫对不同挥发性物质的趋性反应

桔小实蝇成虫对不同挥发性组分的行为反应结果见表2。 χ^2 检验结果表明,桔小实蝇成虫对乙酸乙酯的选择反应率和忌避反应率之间的差异显著,说明桔小实蝇成虫对乙酸乙酯有明显的选择性反应。桔小实蝇成虫对异松油烯的选择反应率和忌避反应率之间的差异显著,表现出对异松油烯明显的忌避反应。对表2的分析还表明,桔小实蝇对 α -蒎烯、3-蒎烯、石竹烯和混合物均没有明显的选择或忌避反应。

2.2 桔小实蝇雌、雄虫对不同挥发性物质的趋向反应

尽管除 α -蒎烯外,每种挥发性物质包括混合物所引诱到的雌虫平均数量均略高于雄虫平均数量(表3),但经T检验发现,桔小实蝇雌、雄虫对5种挥发性组分及其混合物的趋性行为无显著性差异,(对于雌虫, $P=0.051$;对于雄虫, $P=0.835$),说明就所测试的化学物质而言趋性行为在两性之间没有差别。

3 讨论

昆虫由于性别不同,在气味识别器官的构造和数量上也会存在一定差异,从而导致其对不同气味物质的识别及趋性反应的差异^[10]。本文的结果显示,桔小实蝇雌、雄虫对5种挥发性物质及其混合物组分的趋性反应均无明显差异,表明这些物质对该虫的刺激反应与其性别无关联。类似的现象在棉铃虫 *Helicoverpa armigera*^[11]、柑橘木虱 *Diaphorina citri*^[12]、松墨天牛 *Morochamus alternatus*^[13]等昆虫中也有发现。

5种芒果气味挥发物的混合组分未能增加对桔小实蝇的吸引作用。这说明,仅仅用这5种主要物质,或这些物质按照这样的比例组合可能还不足以产生类似芒果的气味。寄主水果的特征性气味是由于多种挥发性成分混合而成的,其合成的机理非常复杂,并非几种物质的简单加和^[14]。这为人工模拟芒果气味用于桔小实蝇的防治增加了难度。比较而言,利用单一组分的挥发性物质来诱杀或驱赶桔小蝇可能更易实现,此种方法已成功应用于其它实蝇的防

治中,例如:利用香茅油(其中含有甲基丁香酚)来监测、诱杀地中海实蝇利用悬钩子酮(4-对羟基苯基-2-丁酮)对瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* 的强烈引诱作用,已用来诱杀防治该虫^[15]。

表1 挥发性组分名称及其纯度和来源

化合物	纯度	来源
乙酸乙酯	$\geq 99.5\%$	天津化学试剂有限公司
α -蒎烯	$\geq 98\%$	Aldrich
异松油烯	$\geq 97\%$	Fluka
3-蒎烯	$\geq 100\%$	Fluka
石竹烯	$\geq 98.5\%$	Fluka
石蜡油	分析纯	北京化工一厂

表2 桔小实蝇成虫对不同挥发性组分的行为反应

化合物	反应率 (%)	选择反应 率(%)	忌避反应 率(%)	χ^2
乙酸乙酯	52.5	40.0	12.5	2.9*
α -蒎烯	30.0	20.0	10.0	2ns
异松油烯	62.5	15.0	47.5	3.8**
3-蒎烯	22.5	15.0	7.50	1.8ns
石竹烯	12.5	5.00	7.50	0.7ns
混合物	75.0	45.0	30.0	1.2ns

注: χ^2 检验中“ns”表示 $P>0.05$,”*”表示 $P<0.05$,”**”表示 $P<0.01$ 。(下表同)

表3 桔小实蝇雌、雄成虫对不同挥发性物质的行为趋性反应比较

挥发性组分	平均诱虫量		配对T检验概率
	雌虫	雄虫	
乙酸乙酯	0.64 $\pm$ 0.152	0.50 $\pm$ 0.196	0.635ns
α -蒎烯	0.25 $\pm$ 0.164	0.75 $\pm$ 0.212	0.139ns
异松油烯	0.92 $\pm$ 0.164	0.67 $\pm$ 0.212	0.389ns
3-蒎烯	0.20 $\pm$ 0.148	0.13 $\pm$ 0.152	0.553ns
石竹烯	0.16 $\pm$ 0.153	0.25 $\pm$ 0.153	0.356ns
混合物	0.64 $\pm$ 0.152	0.57 $\pm$ 0.196	0.671ns

本试验结果揭示乙酸乙酯对桔小实蝇有明显的引诱作用而异松油烯则有明显的驱避作用,这些物质今后在桔小实蝇的防治中都可能具有重要的应用前景。乙酸乙酯是许多成熟水果中存在的挥发性物质^[16],刘玉章等提出,在糖蜜引诱剂中加入乙酸乙酯或丁酸乙酯,可增强对桔小实蝇的引诱作用^[17]。当然,该物质作为桔小实蝇诱剂配方中的有效成分还待进一步

开发和测试。异松油烯是松树气味挥发物中的重要成分^[13],鉴于其对桔小实蝇有明显的驱避作用,可以作为桔小实蝇趋避剂的有效成分加以深入研究。另外,在实际的防治过程中,可以考虑在一些果园周围适当种植松针类树木,或实行果木与松木的间隔种植,可能会有助于驱避桔小实蝇而起到控制防治的作用。

参 考 文 献

- 1 康芬芬,李志红,杨定,等. 利用微卫星标记初步分析桔小实蝇 4 个地理种群的遗传多态性. 昆虫知识, 2006, **43** (3): 371 ~ 374.
- 2 孔令斌,林伟,李志红,等. 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, 2008, **45** (4): 528 ~ 536.
- 3 黄素青,韩日畴. 桔小实蝇的研究进展. 昆虫知识, 2005, **42** (5): 479 ~ 484.
- 4 施伟,张智英,叶辉. 桔小实蝇对寄主水果气味的趋向反应测试. 云南大学学报(自然科学版), 2003, **25** (1): 77 ~ 80.
- 5 Cornelius M. L., Jian J. D., Messing R. H. Volatile host fruit odors as attractants for the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 2000, **93** (1): 93 ~ 100.
- 6 Robacker D. C., Heath R. R. Attraction of Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) to lures emitting host fruit volatiles in a citrus orchard. *Fla. Entomol.*, 1996, **79** (4): 600 ~ 602.
- 7 刘建宏,叶辉. 光照、温度和湿度对桔小实蝇飞翔活动的影响. 昆虫知识, 2006, **42** (2): 211 ~ 214.
- 8 施伟,刘辉,叶辉. 桔小实蝇对两芒果品种的趋性反应. 西南农业学报, 2009, **22** (2): 332 ~ 336.
- 9 丁红建,郭予元,吴才宏. 用于昆虫嗅觉行为研究的四臂嗅觉仪的设计、制作和应用. 昆虫知识, 1996, **33** (4): 241 ~ 243.
- 10 严善春,程红,杨慧,等. 青杨脊虎天牛对植物源挥发物的 EAG 和行为反应. 昆虫学报, 2006, **49** (5): 759 ~ 767.
- 11 方宇凌,张钟宁. 植物气味化合物对棉铃虫产卵及田间诱蛾的影响. 昆虫学报, 2002, **45** (1): 63 ~ 67.
- 12 岑伊静,叶峻铭,徐长宝,等. 柑橘木虱对几种非嗜食植物挥发油的趋性反应测定. 华南农业大学学报, 2005, **26** (3): 41 ~ 44.
- 13 郝德君,马凤林,王焱,等. 松墨天牛对不同生理状态黑松挥发物的触角电生理和行为反应. 应用生态学报, 2006, **17** (6): 1 070 ~ 1 074.
- 14 闫凤鸣. 化学生态学. 北京: 科技出版社, 2003. 12 ~ 19.
- 15 刘辉. 两种农林害虫与寄主植物间的化学通讯. 硕士学位论文. 昆明: 云南大学生命科学学院, 2008.
- 16 汪秋安,廖头根,单扬. 水果特征香料与果香香精的调配. 食品工业科技, 2003, **36** (8): 78 ~ 80.
- 17 刘玉章,黄任豪. 改良糖蜜引诱剂对东方果实蝇之引诱效果. 植物保护学会(台湾), 2000, **42** (4): 223 ~ 232.