

金 菊, 阮赞誉, 黄珍富, 等. 莲雾果实挥发物对橘小实蝇的引诱作用[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(3): 71-77.

莲雾果实挥发物对橘小实蝇的引诱作用

金 菊¹, 阮赞誉^{1,2}, 黄珍富¹, 赖贵炎^{1,3}, 黄颂颂¹, 范晓凌¹

(1 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642;

2 海宁市植保土肥技术服务站, 浙江 海宁 314400; 3 南沙出入境检验检疫局, 广东 广州 511457)

摘要:【目的】研究莲雾 *Syzygium samarangense* 果实挥发物对橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 的引诱作用.【方法】利用 Y 型嗅觉仪测试橘小实蝇对 5 个莲雾品种(黑珍珠、印度红、大叶、泰国红钻石、巴掌)的成熟果及黑珍珠果的 5 个不同发育阶段挥发物的行为反应,并通过室内接虫研究该虫对 5 个莲雾品种的产卵选择性;利用固相微萃取法 (SPME)和气质联用 (GC-MS) 技术对 5 个莲雾品种成熟果的挥发物成分进行分析;依据黑珍珠不同发育阶段挥发物成分的变化,并结合 5 个莲雾品种挥发物成分,测试 9 种合成的单体化合物对橘小实蝇的引诱效果.【结果和结论】5 个莲雾品种及黑珍珠果不同发育阶段的挥发物对雄虫无引诱作用 ($P > 0.05$);不同品种对雌虫具有不同的引诱作用,其相对引诱率为黑珍珠 (40.75%) > 印度红 (39.40%) > 大叶 (34.76%) > 泰国红钻石 (23.02%) > 巴掌 (15.54%);黑珍珠果不同发育阶段的挥发物质对雌虫的引诱作用随着果实成熟逐渐增强;橘小实蝇的产卵选择性结果[黑珍珠 (517.0 头) > 大叶 (433.0 头) > 印度红 (357.0 头) > 泰国红钻石 (305.7 头) > 巴掌 (200.0 头)]与嗅觉反应结果基本一致.各品种的挥发物主要成分及相对含量分别是黑珍珠 (12 种, 80.27%);印度红 (6 种, 23.56%);大叶 (6 种, 69.90%);泰国红钻石 (11 种, 96.97%);巴掌 (9 种, 95.1%),表明品种间挥发物成分差异很大.乙酸异丁酯、癸醛、 β -石竹烯、苧酮 4 种化合物对橘小实蝇雌虫有明显的引诱作用, γ -萜品烯、 α -法尼烯和邻苯二甲酸二异丁酯 3 种化合物仅对性成熟的雌虫有明显的引诱作用;这些化合物中乙酸异丁酯、 γ -萜品烯和苧酮对雄虫亦有引诱作用.同一种化合物,对性成熟橘小实蝇的引诱作用强于对性未成熟的引诱作用,对雌虫的引诱作用远大于对雄虫的引诱作用,尤其是对性成熟雌虫的引诱作用最强.

关键词:莲雾; 橘小实蝇; 引诱作用; 行为反应; 挥发物
中图分类号:S667.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2015)03-0071-07

Attractions of volatiles from wax-apple fruit to the oriental fruit fly

JIN Ju¹, RUAN Zanyu^{1,2}, HUANG Zhenfu¹, LAI Guiyan^{1,3}, HUANG Songsong¹, FAN Xiaoling¹

(1 College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Plant Protection Station of Haining County, Haining 314400, China; 3 Nansha Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Guangzhou 511457, China)

Abstract:【Objective】To study the attractions of volatiles from *Syzygium samarangense* (Blume) fruit to *Bactrocera dorsalis* (Hendel). 【Method】The ripe fruits of five wax-apple varieties (black pearl, Indian red, big leaf, Thailand red diamond, palm) and five different developmental stages of the black pearl fruit were selected as materials. The behavioral responses of the oriental fruit fly to their volatiles were examined with the Y-tube olfactometer, and ovipositional preference of the insect to five wax-apple varieties were conducted. The volatile components from the ripe fruit of five wax-apple varieties were analyzed with

收稿日期:2014-03-19 优先出版时间:2015-04-14
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20150414.0929.007.html>
作者简介:金 菊 (1989—), 女, 硕士研究生, E-mail: langmuir1115@qq.com; 通信作者: 范晓凌 (1966—), 女, 副教授, 博士, E-mail: fanxiaol66@scau.edu.cn
基金项目: 公益性行业(农业) 科研专项 (200903034)

the method of solid phase microextraction (SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technology. Based on the change of volatile components of different developmental stages of black pearl and combined with the volatile components of five varieties, lure experiments of *B. dorsalis* to 9 types of synthetic monomer compounds were performed. 【Result and conclusion】 Five wax-apple varieties and different developmental stages of the black pearl fruit had no attraction to males ($P > 0.05$). Different varieties had different degrees of attractions to females: black pearl (40.75%) > Indian red (39.40%) > big leaf (34.76%) > Thailand red diamond (23.02%) > palm (15.54%). Attractions of different developmental stages of the black pearl fruit to mature females increased gradually with the maturity. The results of ovipositional preference [black pearl (517.0), Indian red (433.0), big leaf (357.0), Thailand red diamond (305.7), palm (200.0)] were basically the same as olfactory responses. Main components and relative contents of volatiles were black pearl (12, 80.27%), Indian red (6, 23.56%), big leaf (6, 69.90%), Thailand red diamond (11, 96.97%) and palm (9, 95.1%), which indicated that their volatile components had great differences. Isobutyl acetate, decanal, β -caryophyllene and camphor had significant attractions to females. γ -terpinene, α -farnesene and 1,2-benzenedicarboxylic acid bis(2-methylpropyl) ester had obvious attractions to the mature females. Isobutyl acetate, γ -terpinene and camphor had attractions to males. As for the same compound, the attraction to the mature adults was stronger than that to the immature adults, while the attraction to females was considerably greater than that to males, with the attraction to the mature females being the strongest.

Key words: wax-apple; oriental fruit fly; attraction; behavioral response; volatile

莲雾 *Syzygium samarangense* (Blume) 系桃金娘科 Myrtaceae 蒲桃属常绿乔木, 又名金山蒲桃、洋蒲桃、爪哇蒲桃、水蒲桃等, 原产马来半岛和安达曼群岛, 17 世纪由荷兰人自印尼引入台湾栽培^[1]. 该果树除观赏外, 更重要的是其食用与药用价值, 目前已栽培选育出大红色种、粉红种(黑珍珠)、青绿色种、白色种、黑金刚、黑钻石、黑霸王、黑导弹(黑弹头), 德男泰国红钻石等品种^[2]. 橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 是莲雾果期为害最严重的害虫^[3-4], 其雌虫产卵于果皮, 幼虫取食果肉, 致使果实未熟先黄、易脱落, 严重影响果实品质与产量. 目前主要的防治方法有套袋、诱杀和化学防治, 其中诱杀主要使用甲基丁香酚、水解蛋白、植物提取物等^[5-7]. 高效的类性引诱剂甲基丁香酚主要作用于橘小实蝇雄虫^[8], 关于雌虫的专用引诱剂报道比较少.

橘小实蝇主要借助寄主挥发物来识别、搜寻并确定适宜寄主^[9]. 本研究以莲雾为研究材料, 测试同一品种的不同发育阶段及不同品种对橘小实蝇的引诱作用, 分析鉴定其主要挥发物的成分, 探究主要挥发物成分对橘小实蝇引诱的内在联系, 为抗虫品种的选育及新型引诱剂的研发提供参考.

1 材料与方法

1.1 材料

供试莲雾为目前中国大陆主要种植的 5 个品种
<http://xuebao.scau.edu.cn>

(黑珍珠、印度红、巴掌、大叶和泰国红钻石) 的成熟果实及不同发育阶段的黑珍珠果(落花后每 15 d 取样, 分别以果 1、果 2、果 3、果 4 和果 5 表示). 根据果实的发育期, 分为幼果期(果 1 和果 2)、膨大期(果 3)、成熟期(果 4)和完熟期(果 5), 分别来源于广东省惠东县白花农场、珠海市果树科学技术推广站、珠海市斗门敏达农场和海南省儋州农场, 试验用果确保完好无虫. 橘小实蝇采自华南农业大学园艺学院教学实验基地的莲雾果上, 以 m (酵母粉): m (蔗糖) = 1:3 饲养. 试验温度为 23 ~ 26 °C, 相对湿度 50% ~ 70%, 光周期为 14 h 光: 10 h 暗.

1.2 方法

1.2.1 引诱试验 本测试采用 Y 型嗅觉仪. 嗅觉仪的臂长 20 cm, 内径 2 cm, 两臂夹角 90°, 柄长 20 cm, 接口均为标准 24 号磨口, 各部件之间以硅胶管连接. 嗅觉仪置于观察箱(40 cm × 40 cm × 30 cm)内, 在其正上方 40 cm 处悬 140 W 的日光灯. 两臂分别依次用无味硅胶管连接有气体流量计(控制气流速度)、气味源瓶(装有气味物质的 250 mL 洗气瓶)、加湿器(装有蒸馏水的 250 mL 洗气瓶)、干燥塔(装有活性炭的 250 mL 洗气瓶)、水循环式气泵. 调准流量计将两臂气流控制在 150 mL · min⁻¹. 将其中一端的气味源瓶中装入气味源(25 g 莲雾果碎粒), 另一边以空白为对照, 并连接好胶管, 开动气泵, 先抽气

10 min,使气味源的挥发物质充满处理臂.测试的实验室环境条件为密闭不透光,温度(25±1)℃,相对湿度75%±5%,更换气味源时测试实验室需通风换气至无异味.供试橘小实蝇为性成熟的成虫,每次测试数量为1头,测试过后的虫不再使用,测试的时间为10 min.记录其在规定时间内的选择反应,标准是橘小实蝇爬至某臂的1/2处,则为对该臂的气味源作出选择反应,同时记录反应的总时间.重复30次,雌雄比例为1:1,相互交替进行.每测定5头虫后调换嗅觉仪两管壁的方位,测完10头更换同样的Y型管,以消除管及管壁方位对试虫行为可能的影响^[10].

1.2.2 橘小实蝇对莲雾不同品种产卵选择性试验

选取莲雾品种成熟果60个(大小一致),每20个果平行放入90 cm×60 cm×90 cm的纱网养虫箱,每箱接入10对已开始大量产卵的橘小实蝇,产卵24 h后,取出供试水果,放入空的养虫箱中.室内温度(25±1)℃,相对湿度50%~70%.待幼虫跳出果实准备化蛹时,从莲雾果实中挑出幼虫并记数(包括死亡幼虫数),活虫放入底部铺有细沙的养虫盒中,沙要保持一定的湿度,并将其放入空养虫箱中,待其化蛹、羽化,完成其他试验.

1.2.3 供试莲雾品种挥发物成分分析 测定方法参考文献[11],黑珍珠莲雾的挥发物成分采用已发表数据^[11],其余试验在中国科学院广州化学研究所GC-MS联用分析实验室进行,室温25℃,相对湿度45%.

1.2.4 合成莲雾挥发物对橘小实蝇的引诱测试 以黑珍珠果实不同发育阶段挥发物成分^[11]为基础,结合不同品种挥发物成分,本试验选取不同发育阶段或品种间有明显变化的9种单体化合物:β-石竹烯、α-法尼烯、γ-萜品烯、苧烯、乙酸异丁酯、邻苯二甲酸二异丁酯、顺-3-壬烯-1-醇、癸醛、α-蒎烯.化学合成物购于天津希恩思生化科技有限公司,试剂纯度均≥95%,除苧烯为固体外,其余均为液体.昆虫诱瓶利用350 mL矿泉水瓶自制,在矿泉水瓶上上部打3个小孔,使得橘小实蝇能够进入但无法逃出.供试橘小实蝇雌雄各50头,日龄一致(性未成熟的成虫为羽化后7~10 d,性成熟的成虫为羽化后20~25 d),饥饿24 h.诱瓶内放入滴有10 μL单体化合物的滤纸条(长×宽为3 cm×1 cm),以清水为对照,苧烯则称量0.01 g置于滤纸条上.将处理瓶与对照瓶放于养虫箱中部,同时重复5次,养虫箱间隔2 m,1 h后统计进入诱瓶内橘小实蝇的数量.试验后先用无水乙醇清洗诱瓶,再用清水冲洗3次后置于通风干燥处晾干备用.试验温度(25±1)℃,相对

湿度75%±5%.

1.3 数据分析

采用SPSS 17.0进行数据处理,数据均采用平均值±标准误表示.

本研究用引诱率、相对引诱率和选择系数等指标进行橘小实蝇对莲雾果气味的趋性分析,计算公式参考文献[10],具体如下:

引诱率 = $t_1/t \times 100\%$ 或 $t_2/t \times 100\%$,

相对引诱率 = $(t_1 - t_2)/t \times 100\%$,

选择系数 = $(t_3 - t_2)/t \times 100\%$,

式中, t_1 和 t_2 分别为处理和对管壁选择区内活动时间; t_3 为处理管壁过选择区内活动时间; t 为总测试时间.评定标准以过管壁1/2处记为引诱并开始计算时间.橘小实蝇对不同品种的产卵选择性以该品种内的幼虫数为指标.

选择系数>0,表示橘小实蝇对相应寄主有正趋性,数值越大,表示趋向性越强;选择系数<0,表示橘小实蝇对相应寄主的气味有负趋性.

2 结果与分析

2.1 莲雾果实对橘小实蝇的引诱作用

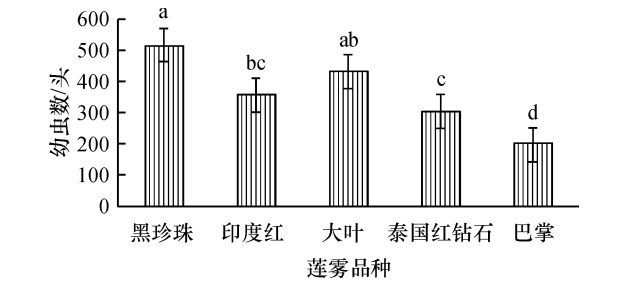
同一品种的不同发育阶段以及不同品种的莲雾对橘小实蝇的引诱测试(表1)显示,黑珍珠不同发育阶段:果1对雄性橘小实蝇成虫的引诱率远低于空白对照($P<0.05$),选择系数<0,说明果1对橘小实蝇的雄性成虫有趋避作用,而其余4个果对雌虫均无显著的趋性影响($P>0.05$);对性成熟的雌虫而言,果1、果2的引诱差异不显著($P>0.05$),其相对引诱率分别为-46.17%、-17.05%,而果3、4和5的引诱率与对照差异显著($P<0.05$),其相对引诱率分别为31.48%、24.52%、40.75%,说明果1、果2对橘小实蝇雌虫无引诱作用,但随着果实成熟引诱作用增强,果3开始具有引诱作用,果5引诱作用最强.其他4个莲雾品种:与空白对照比较,对雄性成虫的引诱率差异均不显著($P>0.05$);对雌性成虫的引诱率均大于对照,说明4个莲雾品种果实都对橘小实蝇的雌成虫有引诱作用,这与实际中各品种都会被虫蛀的事实相一致; t 检验表明黑珍珠果5、大叶、印度红对橘小实蝇雌性成虫的引诱差异显著,巴掌、泰国红钻石对橘小实蝇雌虫的引诱差异不显著;相对引诱率(黑珍珠,40.75%;印度红,39.40%;大叶,34.76%;泰国红钻石,23.02%;巴掌,15.54%)表明对橘小实蝇雌性成虫的引诱作用依次为黑珍珠>印度红>大叶>泰国红钻石>巴掌.

表1 莲雾果实对橘小实蝇的引诱作用
Tab.1 Attraction of the wax-apple fruits to the oriental fruit fly

品种	雄虫引诱率/%		雌虫引诱率/%		P 值		相对引诱率/%		选择系数	
	处理	对照	处理	对照	雄虫	雌虫	雄虫	雌虫	雄虫	雌虫
黑珍珠果1	9.70 ± 6.64	55.89 ± 7.73	33.51 ± 9.43	31.35 ± 9.12	0.04	0.90	-46.17	-46.17	-0.46	0.02
黑珍珠果2	21.53 ± 8.93	34.63 ± 7.16	20.74 ± 8.37	37.79 ± 8.30	0.39	0.26	-13.01	-17.05	-0.13	-0.17
黑珍珠果3	31.54 ± 8.14	25.12 ± 8.29	45.69 ± 7.84	14.21 ± 5.16	0.54	0.02	9.18	31.48	0.09	0.32
黑珍珠果4	23.01 ± 4.04	25.89 ± 5.11	37.82 ± 7.20	13.30 ± 3.96	0.73	0.03	-2.89	24.52	-0.03	0.25
黑珍珠果5	28.61 ± 6.56	35.71 ± 7.35	48.40 ± 7.40	7.64 ± 2.40	0.59	0.01	-7.10	40.75	-0.07	0.41
印度红	37.58 ± 8.97	35.96 ± 8.40	54.94 ± 7.20	15.57 ± 5.29	0.60	0.05	-8.38	39.40	-0.08	0.39
大叶	26.74 ± 5.79	19.07 ± 5.92	44.20 ± 8.78	9.45 ± 5.68	0.45	0.02	7.16	34.76	0.07	0.35
泰国红钻石	26.30 ± 5.21	21.87 ± 3.43	41.75 ± 8.21	18.73 ± 6.74	0.56	0.12	4.43	23.02	0.04	0.23
巴掌	20.51 ± 8.67	30.70 ± 8.40	27.89 ± 7.42	12.34 ± 4.49	0.53	0.15	-9.60	15.54	-0.10	0.16

2.2 橘小实蝇对莲雾不同品种产卵选择性

室内接虫试验显示,橘小实蝇在5个莲雾品种上都能产卵,并能完成其生长发育.本研究用幼虫数评判产卵选择性,结果表明,橘小实蝇对不同的品种产卵选择性不同:黑珍珠(517.0头)>大叶(433.0头)>印度红(357.0头)>泰国红钻石(305.7头)>巴掌(200.0头)(图1),此结果与Y型管测试基本一致.黑珍珠是橘小实蝇最喜欢产卵的莲雾品种,最不喜欢的品种是巴掌,说明橘小实蝇雌虫对莲雾果实的产卵选择性与品种有关.



图柱中凡具有一个相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$, Duncan's 法)

图1 橘小实蝇在5个莲雾品种上的产卵情况
Fig.1 Quantity of the oriental fruit fly laying eggs in 5 wax-apple varieties

2.3 不同莲雾品种成熟果实挥发物成分分析

应用GC-MS分析表明,不同品种的莲雾挥发物成分不尽相同,同种物质相对含量(表2)在不同品种中也有很大的差异.黑珍珠的挥发物主要由12种化合物组成,主要成分有反式-β-紫罗酮-5,6-环氧化物、茛酮、乙酸异丁酯、(-)-α-(1E)(1B)烯、顺-3-壬烯-1-醇和β-石竹烯,共占总相对含量的69.15%;印度红的挥发物主要由6种化合物组成,主要成分有γ-萜品烯、2,4-二(三甲基硅氧基)苯甲醛和β-石竹烯,共占总相对含量的

<http://xuebao.scau.edu.cn>

17.39%;大叶的挥发物主要由6种化合物组成,主要成分有γ-萜品烯、4-异丙基甲苯、α-水芹烯、萜品油烯和α-蒎烯共占总相对含量的68.40%;泰国红钻石的挥发物主要由11种化合物组成,主要成分有2,4,5-三甲基二苯基甲烷、茛酮、5,6-二氢-5,6-二甲基苯并[C] 喹啉、癸醛和γ-萜品烯,共占总相对含量的82.13%;巴掌的挥发物主要由9种化合物组成,主要成分有γ-萜品烯、4-异丙基甲苯、α-蒎烯、萜品油烯、α-水芹烯、茛酮和β-石竹烯,共占总相对含量的92.36%.此外,每个品种都有其特有成分.黑珍珠独有(-)-α-(1E)(1B)烯、乙酸异丁酯、反式-β-紫罗酮-5,6-环氧化物、顺-3-壬烯-1-醇等9种成分;印度红独有2,4-二(三甲基硅氧基)苯甲醛和2,4,6-三甲基-1-壬烯2种成分;泰国红钻石独有5,6-二氢-5,6-二甲基苯并[C] 喹啉、1-(2-乙基苯基)-1-苯基乙烷等成分;大叶和巴掌独有成分少且含量很低.

进一步分析表明,5个莲雾品种化合物成分中共有8类挥发物,分别是烯类、烷类、酮类、苯类、醛类、酯类、萜类和醇类化合物(图2).黑珍珠的挥发物有5类化合物,酮类2种,占总相对含量的43.61%;烯类6种,占总相对含量的19.27%;酯类2种,占总相对含量的11.39%;醇类和烷类各1种,分别占总相对含量3.50%和2.50%.印度红的挥发物有2类化合物,烯类4种,占总相对含量的16.66%;醛类2种,占总相对含量的6.90%.大叶的挥发物有2类化合物,烯类5种,占总相对含量的48.53%;苯类1种,占总相对含量的21.40%.泰国红钻石的挥发物有6类化合物,烷类4种,占总相对含量的54.62%;酮类2种,占总相对含量的15.63%;萜类1种,占总相对含量的14.16%;苯类、烯类和醛类各2种,彼此

间的相对含量差异很小,分别是 4.45%、4.07% 和 4.04%。巴掌的挥发物有 4 类化合物,烯类 5 种,占总相对含量的 65.00%;苯类 2 种,占总相对含量的 25.33%;酮类 2 种,占总相对含量的 4.27%;酯类 1 种,占总相对含量的 0.49%。其中烯类是 5 种莲雾品种共有的,但在不同品种间差异较大。

表 2 5 种莲雾品种成熟果挥发物主要成分及相对含量¹⁾

Tab.2 Main components and relative contents of volatiles from ripe fruits in five varieties of wax-apple varieties %						
化合物	分子式	黑珍珠 ²⁾	印度红	大叶	泰国红钻石	巴掌
β -石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	3.01	4.82	1.53	0.89	3.53
γ -蒎品烯	C ₁₀ H ₁₆	...	7.45	32.38	3.18	42.16
蒎品油烯	C ₁₀ H ₁₆	...	...	4.10	...	6.14
α -水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	...	2.12	6.78	...	4.39
α -蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	...	...	3.74	...	8.78
(-)- α -(玳)(玳)烯	C ₁₅ H ₂₄	9.50	...	...	...	...
α -芹子烯	C ₁₅ H ₂₄	2.00	...	...	...	...
α -芹子烯	C ₁₅ H ₂₄	2.10	...	...	...	...
α -依兰油烯	C ₁₅ H ₂₄	0.90	...	...	...	...
δ -杜松烯	C ₁₅ H ₂₄	1.76	...	...	...	...
2,4,6-三甲基-1-壬烯	C ₁₂ H ₂₄	...	2.27	...	...	...
邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	1.86	...	...	...	...
亚硫酸-2-乙基己基己基酯	C ₁₄ H ₃₀ O ₃ S	...	...	...	...	0.49
乙酸异丁酯	C ₆ H ₁₂ O ₂	9.53	...	...	...	...
2,4-二(三甲基硅氧基)苯甲醛	C ₁₃ H ₂₂ O ₃ Si ₂	...	5.12	...	...	...
壬醛	C ₈ H ₁₈ O	...	...	...	0.83	...
癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	...	1.78	...	3.21	...
蒎酮	C ₁₀ H ₁₆ O	15.82	...	...	14.22	3.88
反式- β -紫罗酮-5,6-环氧化物	C ₁₃ H ₂₀ O ₂	27.79	...	...	...	...
(E)-6,10-二甲基-5,9-十一碳二烯-2-酮	C ₁₃ H ₂₂ O ₂	...	...	...	1.41	...
2,3-庚二酮	C ₇ H ₁₂ O ₂	...	...	...	...	0.39
4-异丙基甲苯	C ₁₀ H ₁₄	...	...	21.40	2.45	23.48
间二氯苯	C ₆ H ₄ Cl ₂	...	...	...	2.00	1.85
2,4,5-三甲基二苯基甲烷	C ₁₆ H ₁₈	2.50	...	...	50.65	...
十五烷	C ₁₅ H ₃₂	...	...	...	0.96	...
1,6-异丙基-1-甲基-二环[3.1.0]己烷	C ₁₀ H ₁₆	...	...	...	0.97	...
1-(2-乙基苯基)-1-苯基乙烷	C ₁₆ H ₁₈	...	...	...	2.04	...
顺-3-壬烯-1-醇	C ₉ H ₁₈ O	3.50	...	...	...	...
5,6-二氢-5,6-二甲基苯并[C] 喹啉	C ₁₄ H ₁₄ N ₂	...	...	...	14.16	...

1) “...”表示未检测到; 2) 黑珍珠数据来源于阮赞誉等^[11]研究结果。

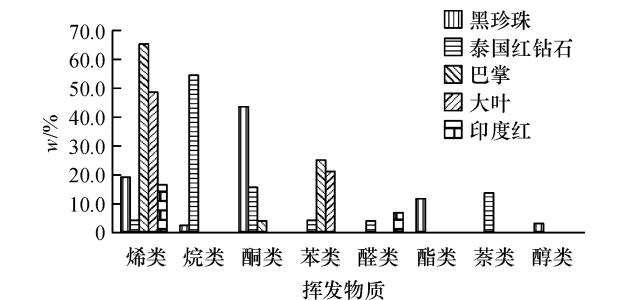


图 2 5 个莲雾品种的挥发物质种类的含量变化
Fig.2 Content variations of volatiles from five wax-apple varieties

2.4 9 种合成莲雾挥发物对橘小实蝇的引诱作用

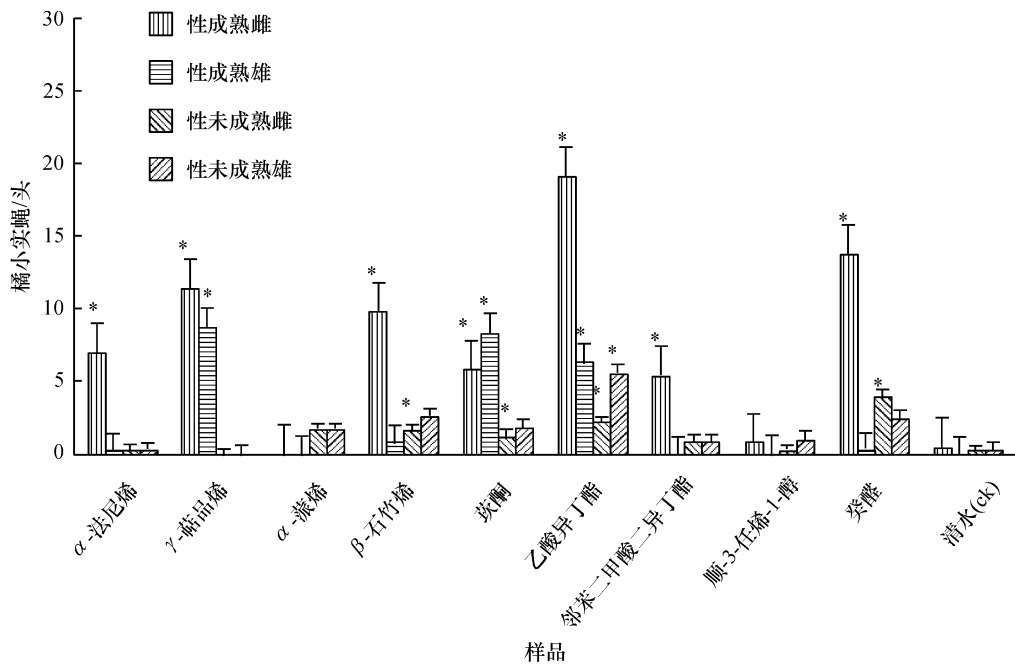
图 3 显示,9 种化合物对橘小实蝇成虫的引诱作

用存在明显的差异,且同一种化合物对该虫的不同性别以及同一性别不同发育状态的引诱作用也不相同。对性成熟的橘小实蝇:乙酸异丁酯、癸醛、 γ -蒎品烯、 β -石竹烯、 α -法尼烯、蒎酮和邻苯二甲酸二异丁酯 7 种化合物对雌虫的引诱作用明显高于对照,其中仅 γ -蒎品烯、蒎酮、乙酸异丁酯对雄虫有引诱作用,而这 3 种化合物中 γ -蒎品烯和乙酸异丁酯对雌虫的引诱作用明显强于对雄虫的。对性未成熟的橘小实蝇:癸醛、乙酸异丁酯、 β -石竹烯、蒎酮 4 种化合物对雌虫具有明显引诱作用,而仅有乙酸异丁酯对雄虫有引诱作用。很明显,有 4 种化合物均对

<http://xuebao.scau.edu.cn>

性成熟与性未成熟的橘小实蝇雌虫有引诱作用,且对前者的引诱作用明显强于对后者的.说明莲雾果实挥发物对橘小实蝇性成熟的成虫引诱作用(121.2

头)强于性未成熟的成虫(59.2 头),对雌成虫的引诱作用(121.8 头)远大于雄成虫(58.6 头),其中对性成熟的雌虫引诱作用最强(95.4 头).



图柱中凡具有 * 表示与对照相比差异显著 ($P < 0.05$, Duncan's 法)

图 3 9 种合成莲雾挥发物对橘小实蝇的室内引诱作用

Fig. 3 Attractions of the 9 types of synthetic wax-apple compounds to adults of the oriental fruit fly in the laboratory

3 讨论和结论

橘小实蝇对寄主植物的选择是由雌性成虫决定的^[12-13],这种选择也表现在同一寄主的不同品种上^[14].本研究结果表明,莲雾 5 个品种对性成熟的橘小实蝇雌虫都有引诱作用,且品种间的引诱作用存在差异,黑珍珠莲雾对橘小实蝇的引诱作用最强,巴掌莲雾最弱.

通过黑珍珠果实发育不同阶段对橘小实蝇的引诱试验表明,果实膨大期对橘小实蝇雌性成虫有明显的引诱作用,且随着果实的成熟,引诱作用增强.这一结果与橘小实蝇对芒果、番石榴等成熟果实的趋性均大于未成熟果实相一致^[15-16].研究结果说明,实际生产中套袋预防橘小实蝇必须在莲雾果实膨大期完成.

橘小实蝇在搜寻寄主的过程中,寄主植物化学挥发物在定位中起主要作用^[17].许多热带水果挥发物对橘小实蝇有显著的引诱作用^[18-19].本研究通过对莲雾 5 个品种成熟果实挥发物成分及其含量的分析发现,品种间存在很大的差异.譬如对橘小实蝇引诱作用最强的黑珍珠与最弱的巴掌,它们的挥发物都有 5 类化合物,且都有烯类、酮类、酯类和烷类,但

是,黑珍珠以酮类的相对含量最高(43.61%),其次为烯类(19.27%)和酯类(11.39%),而巴掌以烯类的相对含量最高(65.00%),酮类(4.27%)和酯类(0.49%)的相对含量都很低;此外,黑珍珠的挥发物中有 1 种醇且含量很低(3.5%),而巴掌中有苯类,相对含量达 25.33%.另据阮赞誉等^[11]的研究,黑珍珠莲雾果实不同发育阶段挥发物成分,果 1、果 2(幼果期)和果 3(果实膨大期)以烯类化合物的相对含量最高,酮类和酯类含量很低,果 4(成熟期)烯类相对含量迅速下降,酮类和酯类逐渐增加,果 5(完熟期)以酮类化合物的相对含量最高,酯类的相对含量也有明显的升高.综合表明,莲雾不同品种以及同一品种的不同发育阶段对橘小实蝇的引诱作用与其挥发物成分酮类、烯类、酯类等的变化有着密切的关系.

9 种合成莲雾果实挥发物成分中对橘小实蝇雌性成虫的引诱成分(7 种)远多于对雄性成虫的引诱成分(3 种);对性成熟雌虫的引诱成分(7 种)多于对性未成熟雌虫的引诱成分(4 种);在引诱程度上,对橘小实蝇性成熟的成虫引诱作用强于性未成熟的成虫,对该虫雌成虫的引诱作用远大于雄成虫,其中对性成熟的雌虫引诱作用最强.对性成熟的橘小实

蝇雌虫有明显引诱作用的7种化合物,根据虫数的多少,其引诱作用由大到小分别是乙酸异丁酯、癸醛、 γ -萜品烯、 β -石竹烯、 α -法尼烯、苧酮和邻苯二甲酸二异丁酯。 β -石竹烯是唯一在黑珍珠果实不同发育阶段以及莲雾5个品种中均存在的化合物,其相对含量在黑珍珠莲雾的果期,随着果实的成熟快速递减,而在不同品种中也有差异; α -法尼烯和癸醛仅存在于黑珍珠幼果期和果实膨大期;乙酸异丁酯和邻苯二甲酸二异丁酯为黑珍珠莲雾成熟期所特有。有研究表明橘小实蝇成虫对 α -法尼烯、石竹烯均没有明显的趋性反应^[20]; β -石竹烯对性成熟和性未成熟橘小实蝇有引诱作用,乙酸异丁酯对性成熟橘小实蝇雌、雄虫和性未成熟的雌虫引诱作用虽然高于对照,但差异均不显著^[21]; α -法尼烯对橘小实蝇雌雄虫均有作用,且交配产卵前后有所不同^[22]。本研究结果与上述研究结果相比, α -法尼烯、 β -石竹烯对橘小实蝇是具有引诱作用的;乙酸异丁酯对橘小实蝇性未成熟的雄虫具有显著引诱作用,且对其它生理状态的橘小实蝇均具有显著的引诱作用。以上研究中,均对试验中化合物的含量做了详细记录,但这些化合物的有无以及含量的变化如何影响橘小实蝇对寄主的选择是很复杂的,化合物单体剂量变化或混合对橘小实蝇的引诱作用尚在研究,如果能确定这些化合物剂量变化或混合后对橘小实蝇的引诱活性的变化,将对开发新型引诱剂具有很重要的实践意义。

参考文献:

[1] 韩剑,何凡,陈业光,等. 印泰莲雾的生物学特性及高产栽培技术[J]. 中国热带农业, 2007,27(6): 48-49.

[2] 杨荣萍,陈玲,张宏,等. 莲雾研究进展[J]. 中国果菜, 2009(1): 41-43.

[3] 廖燕澜. 黑珍珠莲雾在福建沿海的生产技术[J]. 中国南方果树, 2011,40(6): 77-78.

[4] 刘爱勤,林利波. 海南岛莲雾橘小实蝇的发生与防治[J]. 中国南方果树, 2007,36(4): 45-46.

[5] LIQUIDO N J, KHRIMIAN A P, DEMILO A B, et al. Monofluoro analogues of methyl eugenol: New attractants for males of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Dipt.: Tephritidae) [J]. J Appl Entomol, 1998, 122(1/2/3/4/5): 259-264.

[6] 姚忠琴. 不同引诱剂对橘小实蝇的引诱效果[J]. 林业科技开发, 2010, 24(4): 126-127.

[7] 刘奎,钟义海,卢辉,等. 几种诱剂对杧果园橘小实蝇的引诱作用测定[J]. 中国南方果树, 2010, 39(4): 45-46.

[8] 李鹏,伍书钦,王崇颖. 两种性诱剂对番石榴园橘小实蝇的田间防效试验[J]. 广东农业科学, 2011, 38(3): 72-73.

[9] CORNELIUS M L, DUAN J J, MESSING R H. Volatile host fruit odors as attractants for the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) [J]. J Econ Entomol, 2000, 93(1): 93-100.

[10] 林杰,孟凤霞,吴丹丹. Y型嗅觉仪在蚤类对宿主选择性研究中的应用[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011,22(2): 103-106.

[11] 阮赞誉,金菊,范晓凌. 黑珍珠莲雾果实不同发育阶段挥发物成分分析[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(2): 182-186.

[12] 张清源,林振基,刘金耀,等. 橘小实蝇生物学特性[J]. 华东昆虫学报, 1998(2): 68-71.

[13] 付佑胜,赵桂东,潘建平,等. 果实酸度对橘小实蝇羽化作用影响的初探[J]. 长江大学学报:自然科学版, 2005, 2(5): 15-16.

[14] 赵岚岚. 温度胁迫及土壤湿度、寄主对橘小实蝇种群的影响[D]. 重庆:西南大学, 2009.

[15] 王泽槐,马镭,张瑞萍,等. 番石榴腐烂果对橘小实蝇的引诱作用及挥发物化学成分分析[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(4): 32-35.

[16] 施伟,刘辉,叶辉. 橘小实蝇对两芒果品种的趋性反应[J]. 西南农业学报, 2009, 22(2): 332-336.

[17] PROKOPY R J, GREEN T A, VARGAS R I. *Dacus dorsalis* flies can learn to find and accept host fruit[J]. J Insect Behav, 1990, 3(5): 663-672.

[18] 刘桂清,黄鸿,刘景业,等. 番石榴挥发物对橘小实蝇成虫的引诱作用[J]. 环境昆虫学报, 2010, 32(2): 291-294.

[19] 张淑颖,肖春,李正跃,等. 芒果挥发物对橘小实蝇成虫的引诱作用[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(5): 659-664.

[20] 施伟,刘辉,叶辉. 橘小实蝇对五种芒果气味挥发性物质的行为反应[J]. 昆虫知识, 2010,47(2): 318-321.

[21] 马镭,张瑞萍,罗诗,等. 10种合成番石榴挥发物对橘小实蝇的引诱作用[J]. 果树学报, 2011, 28(2): 273-277.

[22] 涂蓉,季清娥,杨建全,等. 木瓜挥发物的分析及其对橘小实蝇的触角电位反应[J]. 福建林学院学报, 2013, 33(1): 78-81.

【责任编辑 霍 欢】