



司品法, 周琼, 尤克西, 等. 柑橘大实蝇对不同颜色和糖类的偏好及对糖类的嗅觉反应 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1266–1272.

柑橘大实蝇对不同颜色和糖类的偏好 及对糖类的嗅觉反应

司品法, 周 琼*, 尤克西, 刘 路

(湖南师范大学生命科学学院, 长沙 410081)

摘 要: 为探明影响柑橘大实蝇 *Bactrocera minax* (Enderlein) 成虫取食偏好的因素, 本文研究了其对不同颜色和糖类物质的选择及其嗅觉反应。结果表明: 柑橘大实蝇成虫明显偏好黄色和橙色基质的食物, 对绿、白、蓝、黑、红色食物趋性较弱; 对不同糖类的选择顺序是: 红糖 > 蜂蜜 > 蔗糖和白糖; 不同采集地间和不同性别间的柑橘大实蝇对颜色、糖类物质的选择差异不显著。嗅觉行为测试结果, 柑橘大实蝇雌雄虫对所测试几种糖的气味均表现明显趋性, 其中, 雌虫对红糖和蜂蜜气味的嗅觉反应比雄虫更敏感。研究结果可以为柑橘大实蝇成虫食诱剂的研究和诱捕器的设计提供重要参考依据。

关键词: 柑橘大实蝇; 取食选择; 颜色; 嗅觉反应; 诱捕

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 06-1266-07

Feeding preference of *Bactrocera minax* adults to different color of foods and sugars and their olfactory response to sugars

SI Pin-Fa, ZHOU Qiong*, YOU Ke-Xi, LIU Lu (College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: In order to investigate the influence factors of feeding selection of the citrus fruit fly *Bactrocera minax* (Enderlein), this paper studied their choice to different food colors and sugars, their olfactory response to sugars. The results showed that *B. minax* displayed the most preference to yellow and orange food, meanwhile, weaker preference to green, white, blue, black and red foods. The flies preferred the brown sugar > honey > sucrose and white sugar. There were no significantly difference between the flies which were collected from different habitats and between male and female. The olfactory behavior tests showed that the citrus fruit flies obviously were attracted by the odors of the tested sugars, and female was more sensitive than the male to the brown sugar and honey. These results provides the important basis in developing food lures and traps for controlling citrus fruit fly.

Key words: *Bactrocera minax*; feeding choice; color; olfactory response; traps

柑橘大实蝇 *Bactrocera minax* (Enderlein) 是 2009)。主要为害甜橙、酸橙、柚子、温州蜜橘、我国柑橘类的主要毁灭性害虫 (陈世骧和谢蕴贞, 红橘、柑、京橘、葡萄柚、佛手等植物 (张小亚, 1955; 汪兴鉴和罗禄怡, 1995; 王小蕾和张润杰, 等, 2007; 刘路等, 2014)。雌蝇将卵产在柑橘

基金项目: 国家自然科学基金 (31672094); 湖南省自然科学基金省市联合基金重点项目 (14JJ5029); 湖南省生态学重点学科建设项目 (0713); 湖南省研究生科研创新项目 (CX2016B212)

作者简介: 司品法, 男, 1992年生, 山东人, 研究生, 研究方向为昆虫行为与化学生态学, E-mail: sipinfa@sina.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zhoujoan@hunnu.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-11-13; 接受日期 Accepted: 2017-06-21

内, 单雌怀卵量最多 109 粒, 最少 47 粒, 平均 71 粒 (谢天宝等, 2006)。幼虫在果瓢内蛀食, 破坏瓢囊, 柑橘果实的部分或全部腐烂并成糊状, 果实从内向外腐烂、萎焉、脱水, 尽管基本上能保持果实的整体外形, 但已完全丧失了果实的食用价值; 或造成果实未熟先黄而脱落, 其为害损失一般在 10% - 20%, 严重时达 50% 以上, 甚至绝收 (鲁红学等, 1997; Dorji and Drew, 2006)。

由于柑橘大实蝇在果实内产卵, 幼虫钻蛀取食果实, 并在土壤中化蛹, 造成防治困难, 在其整个生活史中, 需要补充营养和进行生殖行为的成虫阶段是防治的关键时期。目前国内防治柑橘大实蝇成虫的措施主要有: 农业措施, 通过果实套袋、清理果园、翻耕挖园灭蛹、砍树改种等减少成虫数量 (王小蕾和张润杰, 2009), 但劳动强度大, 不适合大规模操作; 昆虫不育, 通过投放大量不育雄虫与野生雄虫竞争配偶, 不育雄虫与野生雌虫交配后将导致雌虫不能产生后代, 从而减少下一代害虫的种群数量 (王金涛等, 2013), 但这个技术目前只是在初级阶段, 且昆虫不育技术的实际应用受到成本费用高昂、大量饲养技术以及辐照不育设备等方面的制约; 或直接喷施杀虫剂, 对成虫有一定防治效果, 但容易造成环境污染和健康问题 (张宏健和黄发蓉, 2006; 黄大树等, 2007)。柑橘大实蝇羽化后需要补充营养 (Dong *et al.*, 2014), 利用对食物的趋性行为来诱杀成虫, 既可以有效控制实蝇类的种群数量, 又能减少环境污染, 操作简单, 应用广泛, 前景看好 (Landolt and Quilici, 1996)。我们在前期工作 (尤克西等, 2012; Liu and Zhou, 2016) 的基础上, 研究了颜色和食物气味物质对柑橘大实蝇成虫的取食选择以及趋向行为的影响, 以期为进一步研制和改进柑橘大实蝇成虫食诱剂、诱捕器和诱捕方法, 增强田间诱捕防治效果提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试虫来源

柑橘大实蝇成虫: 2011 年和 2012 年 4 月下旬, 分别从湘西和湘北的受害橘园中挖取柑橘大实蝇蛹带回实验室, 5 月上中旬羽化出成虫, 将同一天羽化出的成虫放入养虫笼 (50 cm × 50 cm × 50 cm 铝合金不锈钢纱网笼, 底板和顶板均为透明玻璃, 自制) 中, 每天往笼内壁喷适量蒸馏水

(小心勿喷虫体), 以提供饲水和保持笼内湿度。所有的试验供试虫源均不重复使用。

1.2 材料

蜂蜜 (上海冠生园蜂制品有限公司, 含糖量 79.8%); 红糖 (长沙市湘特食品有限公司, 含糖量 76%); 白糖 (汕头市动心一族食品实业有限公司, 含糖量 98.4%); 蔗糖 (国药集团化学试剂有限公司, 含糖量 99%); 酵母 (北京奥星生物技术有限公司)。颜色海绵块 (脱普日用化学品中国有限公司)。百洁布 (长沙市金宾日用有限公司) 等均购自市场。

1.3 研究方法

将饱食后的雌、雄成虫在养虫笼中饥饿处理 12 h, 供试。L:D = 14 h: 10 h, 25℃ ± 1℃。

1.3.1 柑橘大实蝇成虫对不同糖类物质的取食选择

采用杯碟法 (梁丹辉等, 2016), 将浸透 5% 红糖水、5% 蜂蜜水、5% 白糖水和 5% 蔗糖水的棉球 (用矿泉水瓶盖盛) 放入 Φ12 cm 的培养皿内, 均匀排列在皿四周, 用内径 9 cm、高 12 cm 的一次性透明塑料杯 (剪去底部, 用 40 目筛网封住以通气) 倒扣在培养皿上, 将经饱食 - 饥饿处理的柑橘大实蝇成虫接入其中。测试时, 每杯碟接入 1 头虫, 观察记录 10 min 内对不同糖类物质选择的虫数, 根据虫源分湘西、湘北, 以及雌、雄虫进行测试, 每 5 头为一组 (均为 1 头/杯碟), 重复 3 次, 不同地区和不同性别各试 15 头, 共测试 60 头。分析成虫对不同糖类的选择差异, 以及雌、雄虫间和不同地区间的选择差异。

将上述 4 种糖水棉球替换为 1%、5%、10% 和 20% 红糖水棉球, 同法处理分析柑橘大实蝇成虫对不同浓度红糖水的嗜嗜性。

1.3.2 柑橘大实蝇成虫对不同颜色糖水的选择

方法同 1.3.1, 分两组进行: 一组以黄色、红色、白色、绿色海绵块为基质, 均匀排列在皿四周, 另一组以黄色、橙色、蓝色、黑色海绵块为基质, 均匀排列在皿四周。两组均浸以 5% 白糖水 (避免糖类自身颜色影响实验效果) 为食物, 测试柑橘大实蝇成虫对不同颜色的选择。

1.3.3 柑橘大实蝇成虫对不同糖类的嗅觉反应

Y 型嗅觉仪实验参照周琼等 (2011) 的方法改进, Y 型管公共管长 7 cm, 臂长 20 cm, 壁内直径 3 cm, 测试在 9:00 - 21:00 进行, 保持实验室温度 25℃。取 2 cm × 2 cm 滤纸置于 Y 型管臂的一

端的膨部内，将不同糖类气味源物质用蒸馏水稀释成相应浓度后，滴在滤纸上；另一管臂端的膨部置相同滤纸滴加相应量蒸馏水作为空白对照；比较两种不同的糖类物质时，两臂分别为对应的糖水。用无色无味透明硅胶管依次连接大气采样器、活性炭洗气瓶、玻璃转子流量器和 Y 型嗅觉仪。用 Y 型嗅觉仪箱体把 Y 型嗅觉仪罩住，在 Y 型嗅觉仪箱体的正上方放置白炽灯，照度为 435 lux。通过大气采样器和玻璃转子流量器（设定 600 mL/min），每种气味物质测试 30 头虫，每次测试放入一头柑橘大实蝇成虫，3 min 时记录柑橘大实蝇成虫停留管臂的位置，若超过臂的前 1/2 处，则记该虫选择了对应的糖类。每次做完试验，均用清水清洗 Y 型管后在用 75% 的酒精润洗，并用电吹风吹干，冷却后备用。

1.3.4 数据处理方法

实验数据采用 Excel 2013 和 SPSS 19.0 软件处理。采用 Duncan 氏新复极差多重比较法、成对数据 *T*-检验和卡方检验进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 柑橘大实蝇成虫对不同糖类物质的选择

提供浓度为 5% 的红糖水、蜂蜜水、白糖水和蔗糖水供柑橘大实蝇成虫选择，结果见图 1，可以看出，成虫对红糖水的选择最多，平均每组达到 3.08 头，与其它 3 种糖水的选择虫数之间差异显

著 ($P < 0.05$)；选择 5% 蜂蜜水、5% 白糖水和 5% 蔗糖水的虫数分别为每组平均 0.67 头、0.58 头和 0.58 头，三者之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

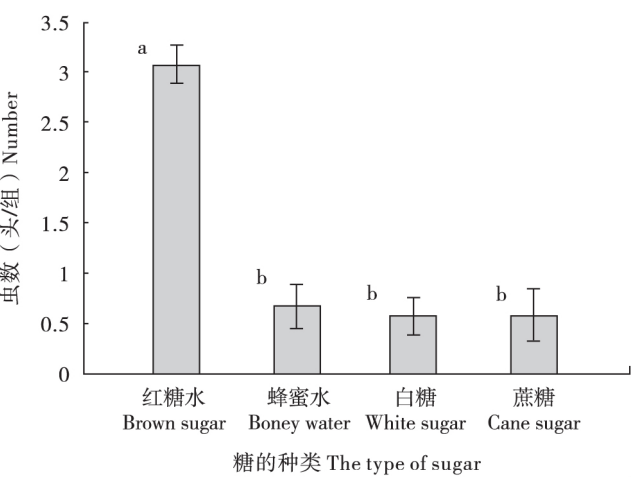


图 1 柑橘大实蝇成虫对不同糖类物质的选择
Fig. 1 Choice of *Bactrocera minax* adult to different carbohydrate

对采自湘西和湘北的柑橘大实蝇成虫选择 4 种糖类虫数的分析（表 1），可以看出，柑橘大实蝇对 4 种糖类物质的选择趋势与总的趋势一致，即取食红糖的虫数最多，且两地区间选择相同糖类的虫数差异均不显著 ($P > 0.05$)，同时雌、雄虫间对相同糖类选择的虫数也差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 不同采集地及性别对柑橘大实蝇取食选择的比较

Table 1 Comparison of feeding selection preference of *Bactrocera minax* from different collection places and of different sexes ($\bar{x} \pm s$)

分组 Groups		停留虫量 (头/组) The amount of insects			
		5% 红糖水	5% 白糖水	5% 蔗糖水	5% 蜂蜜水
		5% brown sugar water	5% white sugar water	5% cane sugar water	5% honey water
采集地 Collecting places	湘北 North Hunan	3.00 ± 0.37 a	0.50 ± 0.34 b	0.67 ± 0.42 b	0.50 ± 0.22 b
	湘西 Western Hunan	3.00 ± 0.26 a	0.67 ± 0.21 b	0.50 ± 0.34 b	0.83 ± 0.40 b
性别 Sex	雄虫 Male	2.83 ± 0.31 a	0.83 ± 0.30 b	0.33 ± 0.33 b	0.67 ± 0.33 b
	雌虫 Female	3.17 ± 0.31 a	0.33 ± 0.21 b	0.83 ± 0.40 b	0.67 ± 0.33 b

注：同行数据后小写字母不同，表示经 Duncan's 多重比较，在 0.05 水平差异显著；采集地或性别纵列的成对数据后小写字母相同，表示经成对数据 *T* 检验，在 0.05 水平差异不显著。下表同。Note: The different lowercase letters paired in the same line means significantly difference at 0.05 level by Duncan's multiple comparison analysis ($P < 0.05$)；The same lowercase letters paired in the collected or sex column means no difference at 0.05 level by paired *T*-test. The same belows.

2.2 柑橘大实蝇成虫对不同浓度红糖水的选择

柑橘大实蝇成虫对不同浓度红糖水的选择结果见图 2，可以看出，选择 1%、5%、10% 和 20% 红糖水的平均虫数分别为 1.17 头、2.58 头、0.83 头和 0.42 头，其中选择 5% 红糖水的虫数最多，与其它浓度的虫数之间差异显著 ($P < 0.05$)；选择 1% 红糖水与选择 10% 红糖水的虫数之间差异不显著 ($P > 0.05$)，与选择 20% 红糖水虫数之间差异显著 ($P < 0.05$)；选择 10% 和 20% 红糖水的虫数之间差异不显著 ($P > 0.05$)。说明柑橘大实蝇对食物的浓度有明显选择性，浓度偏高或偏低，均影响其选择。

对分别采自湘西和湘北的柑橘大实蝇成虫对糖类物质选择虫数的分析（表 2），可以看出，柑橘大实蝇对不同浓度糖类物质的选择趋势与总的

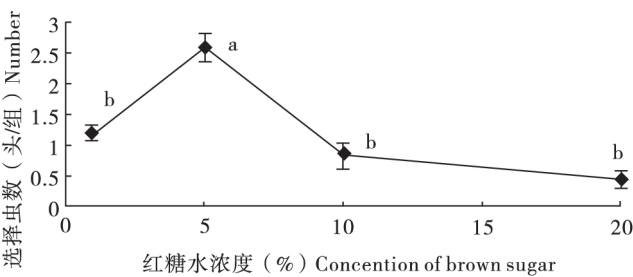


图 2 不同浓度红糖水对柑橘大实蝇取食选择的影响
Fig. 2 Feeding choice of *Bactrocera minax* on different concentration of brown sugar

趋势一致，即取食 5% 红糖的虫数最多，且两地区间选择相同糖类的虫数均表现差异不显著 ($P > 0.05$)，同时雌、雄虫间对相同浓度糖类选择的虫数也差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 不同采集地及性别的柑橘大实蝇对不同浓度红糖的选择比较
Table 2 Comparison of brown sugar concentrations preference of *Bactrocera minax* from different places and of different sexes ($\bar{x} \pm s$)

分组 Groups		停留虫量 (头/组) The amount of insects			
		1% 红糖	5% 红糖	10% 红糖	20% 红糖
		1% brown sugar	5% brown sugar	10% brown sugar	20% brown sugar
采集地 Collecting places	湘北 Northern Hunan	1.33 ± 0.21 b	2.33 ± 0.33 a	1.00 ± 0.37 bc	0.33 ± 0.21 c
	湘西 Western Hunan	1.00 ± 0.00 b	2.83 ± 0.31 a	0.67 ± 0.21 bc	0.50 ± 0.22 c
性别 Sex	雄虫 Male	1.17 ± 0.17 b	2.67 ± 0.33 a	0.83 ± 0.31 bc	0.33 ± 0.21 c
	雌虫 Female	1.17 ± 0.17 b	2.50 ± 0.34 a	0.83 ± 0.31 bc	0.50 ± 0.22 c

2.3 柑橘大实蝇成虫对不同颜色食物的选择

对分别采自湘西和湘北的柑橘大实蝇成虫选择不同颜色虫数进行分析（表 3、表 4），可以看出，在黄、绿、白、红色测试组，柑橘大实蝇成虫选择黄色的虫数最多（2.75 头），明显高于选择绿色、白色和红色的虫数（分别为 0.92 头、0.92 头、0.41 头） ($P < 0.05$)；在黄、橙、蓝、黑色测试组，柑橘大实蝇成虫对黄色和橙色的选择虫数最多（分别为 2.08 头、1.83 头），两者之间差异不显著 ($P > 0.05$)，但与其它两种颜色（蓝色和黑色）的虫数（分别为 0.67 头和 0.45 头）之间差异显著 ($P < 0.05$)。两地区柑橘大实蝇对不同颜色的选择趋势均与总的趋势一致，

即选择黄色的虫数最多，且两地区间选择相同颜色的虫数间均表现差异不显著 ($P > 0.05$)，同时雌、雄虫间对相同颜色选择的虫数也差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.4 柑橘大实蝇对不同糖类气味物质的嗅觉反应

Y 型嗅觉仪嗅觉测试结果见图 3。可以看出，不同糖类组合影响柑橘大实蝇成虫的嗅觉选择。红糖、蜂蜜、白糖、蔗糖单独测试时，均对柑橘大实蝇有明显引诱作用 ($P < 0.05$)；当不同糖类组合测试时，红糖对雌、雄虫的吸引作用均最强，蜂蜜对雌虫的引诱效果强于雄虫，白糖和蔗糖对雌雄虫吸引效果相似。

表 3 不同采集地及性别的柑橘大实蝇对颜色的取食选择 (I)

Table 3 Color preference of *Bactrocera minax* from different collection places and of different sexes (I) ($\bar{x} \pm s$)

分组 Groups		停留虫量 (头/组) The amount of insects			
		黄色 Yellow	绿色 Green	红色 Red	白色 White
采集地 Collecting places	湘北 Northern Hunan	2.67 ± 0.33 a	1.17 ± 0.31 b	0.33 ± 0.21 b	0.83 ± 0.31 b
	湘西 Western Hunan	2.83 ± 0.31 a	0.67 ± 0.21 b	0.50 ± 0.22 b	1.00 ± 0.37 b
性别 Sex	雄虫 Male	2.83 ± 0.40 a	1.00 ± 0.32 b	0.33 ± 0.21 b	0.83 ± 0.40 b
	雌虫 Female	2.67 ± 0.21 a	0.80 ± 0.37 b	0.50 ± 0.22 b	1.00 ± 0.26 b

表 4 不同采集地及性别的柑橘大实蝇对颜色的取食选择 (II)

Table 4 Color preference of *Bactrocera minax* from different collection places and of different sexes (II) ($\bar{x} \pm s$)

分组 Groups		停留虫量 (头/组) The amount of insects			
		黄色 Yellow	橙色 Orange	蓝色 Blue	黑色 Black
采集地 Collecting places	湘北 Northern Hunan	2.00 ± 0.26 a	2.00 ± 0.67 a	0.50 ± 0.22 b	0.50 ± 0.22 b
	湘西 Western Hunan	2.14 ± 0.17 a	1.67 ± 0.21 a	0.83 ± 0.31 b	0.33 ± 0.21 b
性别 Sex	雄虫 Male	2.17 ± 0.17 a	1.37 ± 0.21 a	0.67 ± 0.33 b	0.50 ± 0.22 b
	雌虫 Female	2.00 ± 0.26 a	2.00 ± 0.37 a	0.67 ± 0.21 b	0.33 ± 0.21 b

样本 不做
数量 选择
N %No
Choice

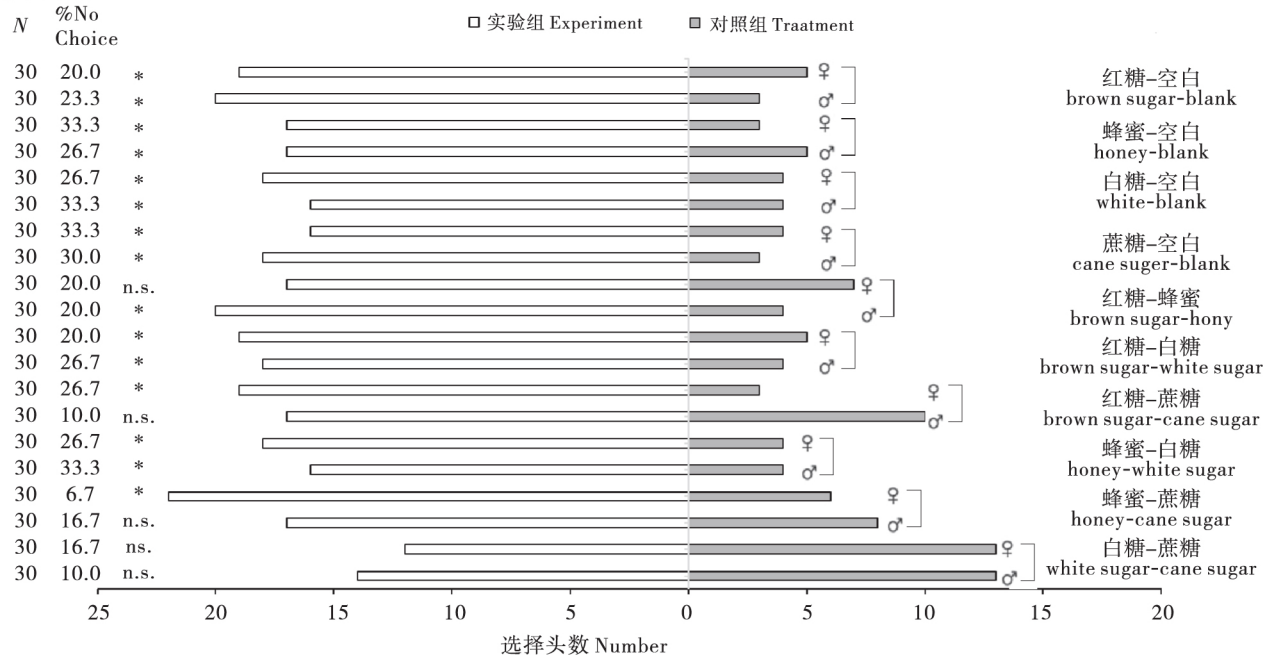


图 3 柑橘大实蝇对不同糖类气味的嗅觉反应

Fig. 3 Olfactory response of *Bactrocera minax* to different odorant

注: 同组柱图上的星号表示经卡方检验, 在 0.05 水平差异显著 ($P < 0.05$), n. s. 表示经卡方检验, 在 0.05 水平差异不显著。Note: The asterisk in the same group column chart means significantly difference at 0.05 level by Chi-square test analysis ($P < 0.05$), n. s. means no difference at 0.05 level by Chi-square test analysis.

3 结论与讨论

本研究的室内测试中,对红糖、蜂蜜、白糖和蔗糖等几种不同糖类物质的选择测试结果说明,红糖对柑橘大实蝇成虫的引诱效果最强;同时,柑橘大实蝇对不同浓度的红糖水的喜嗜顺序为:5%红糖水>1%红糖水>10%红糖水>20%红糖水,说明了红糖水浓度过高或者过低都会降低其取食的趋性。同时前期研究还发现,柑橘大实蝇对来自寄主植物的不同气味物质有明显偏好选择(刘路等,2014;Liu and Zhou,2016),因此,应用在田间诱捕时,由于田间环境复杂还应根据实际需要和配方成分决定配制适宜的浓度。

不同种昆虫、同种昆虫不同性别、以及成虫羽化后的不同阶段,对颜色和气味偏好有差异,桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* Hendel 成虫对不同颜色食物的选择趋性由高到低依次为绿色、橙色、黄色、红色,而对不同颜色产卵基质的选择趋性为黄色、绿色、白色(任荔荔等,2008;梁丹辉等,2016),说明昆虫的取食和产卵所偏好的颜色有不同。樱桃果蝇 *Drosophila suzukii* 对不同颜色有明显的趋性,蓝色、绿色和黄色具有较好诱集效果(熊伟等,2014;武海斌等,2016)。瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* Coquillett 对不同颜色食物的取食选择趋性由高到低依次为黄绿色、绿色、蓝色、橙色(Xue and Wu,2013)。橄榄实蝇 *Bactrocera (Dacus) oleae* (Gmelin) 雄虫喜欢黄色、橙色,而雌虫喜欢红色、黑色(Katsoyannos and Kouloussis,2001),说明不同性别的橄榄实蝇对颜色的取食选择也存在差异。核桃实蝇 *Rhagoletis juglandis* 倾向选择绿色果实,且随着果实成熟度视觉上的提高,受害果实中实蝇的数量明显增多(Henneman and Papaj,1999)。在4月底5月初柑橘大实蝇蛹开始羽化,大多数成虫在5月底成熟并交配产卵(Dorji et al.,2006),柑橘大实蝇雌雄虫更容易被黄色、橘色和黄绿色吸引(Richard et al.,2006)。我们的研究表明,柑橘大实蝇成虫对食物颜色的选择趋性由高到低依次为黄色、橙色、绿色、白色、蓝色、黑色、红色,不同地区和性别的结果均相似,这与Richard研究的结论一致。可以看出,几种实蝇均对黄色和橙色有明显偏好,这些为实蝇类害虫诱捕器的研制和改进提供了参考依据。

在植物与昆虫间的化学通讯中,植物气味物质起着决定性的作用,它调控着昆虫的多种行为,诸如引诱昆虫趋向寄主植物、刺激昆虫取食、引导昆虫选择产卵场所、进行传粉和防御昆虫、刺激雌雄交配、取食、聚集等(杜家伟,2001)。植物挥发性物质在害虫防治中的应用,多数是将人工合成的植物引诱剂和杀虫剂混合起来诱杀目标害虫。大面积应用较成功的例子是利用一种植物性引诱剂加上杀虫剂的强烈诱杀剂(97%甲基丁香酚+3%雄性杀虫剂)根治了Rota岛上的桔小实蝇(Metcalf,1988)。两种挥发性很强的化学物质3-苯基-1-丙醇和羟基肉桂醇都能强烈地引诱一种厩蝇 *Stomoxys calcitrans*,用这些化学挥发物在田间诱杀此种厩蝇得到良好的防治效果(Hammek et al.,1996)。我们结合前期对橘皮挥发油化学成分分析和嗅觉分析研究(刘路等,2014;Liu and Zhou,2016),进一步将其中活性成分和与本研究结果的食物和颜色进行适当组合以期研制和改进食诱剂和诱捕器,达到对柑橘大实蝇的高效诱捕的防控效果。

参考文献 (References)

- Chen SX, Xie YZ. Taxonomic notes on the chinese citrus fly *Tetracus citri* (Chen) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1955, 1: 123-126.
[陈世骧, 谢蕴贞. 关于橘大实蝇的学名及其种征 [J]. 昆虫学报, 1955, 1: 123-126]
- Dong YC, Wan L, Pereira R, et al. Feeding and mating behaviour of chinese citrus fly *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) in the field [J]. *Journal of Pest Science*, 2014, 87 (4): 647-657.
- Dorji C, Clark AR, Drew RAI, et al. Seasonal phenology of *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) in western bhutan [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2006, 96 (5): 531-538.
- Du JW. Plant-insect chemical communication and its behavior control [J]. *Acta Phytophysiological Sinica*, 2001, 27 (3): 193-200.
[杜家伟. 植物-昆虫的化学通讯及其行为控制 [J]. 植物生理学报, 2001, 27 (3): 193-200]
- Hammek L, Hesler LS. Phenylpropanoids as attractants for adult *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) [J]. *Dentomol.*, 1996, 33 (5): 859-862.
- Henneman ML, Papaj DR. Role of host fruit color in the behavior of the walnut fly *Rhagoletis juglandis* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1999, 93: 249-258.
- Huang DS, Xiao GZ, Yang YA, et al. Occurrence and control technology of *Bactrocera minax* in taoyuan county [J]. *Plant Quarantine*, 2007, 21 (4): 233-235. [黄大树, 肖桂章, 杨佑安, 等. 桃源县柑橘大实蝇的发生危害与防控技术 [J]. 植物检疫, 2007, 21 (4): 233-235]
- Katsoyannos I, Kouloussis NA. Captures of theolive fruit fly *Bactrocera*

- oleaeon spheres of different colours [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, 100 (2): 165–172.
- Landolt PJ, Quilici S. Overview of Research on the Behavior of Fruit Flies. In: *Fruit Fly Pests* [M]. Florida: St. Lucie Press, 1996: 19–26.
- Liang DH, Chen R, Zhou Q. Responsiveness of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) adult to different colours and odorants [J]. *Life Science Research*, 2016, 20 (1): 36–39, 62. [梁丹辉, 陈冉, 周琼. 桔小实蝇成虫对不同颜色和气味物质的趋性反应 [J]. 生命科学研究, 2016, 20 (1): 36–39, 62]
- Liu L, Zhou Q, Li TB. Volatile oil chemical composition analysis of *Citrus reticulata* [J]. *South China Fruits*, 2014, 43 (5): 33–35, 38. [刘路, 周琼, 李添宝. 南桔果皮挥发油化学成分分析 [J]. 中国南方果树, 2014, 43 (5): 33–35, 38]
- Liu L, Zhou Q. Olfactory response of female *Bactrocera minax* to chemical components of the preference host citrus volatile oils [J]. *Journal of Asia–Pacific Entomology*, 2016, 19 (3): 637–642.
- Liu L, Zhou Q, Song AQ, et al. Adult oviposition and larval feeding preference for different citrus varieties in *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2014, 57 (9): 1037–1044. [刘路, 周琼, 宋傲群, 等. 柑橘大实蝇对不同柑橘品种的产卵偏好和幼虫取食选择 [J]. 昆虫学报, 2014, 57 (9): 1037–1044]
- Lu HX, He KP, Ruan HF, et al. The biological features of Chinese citrus fly *Dacus citri* (Chen) [J]. *Journal of Hubei Agricultural College*, 1997, 17 (3): 169–173. [鲁红学, 何开平, 阮华芳, 等. 柑桔大实蝇生物学特性的研究 [J]. 湖北农学院学报, 1997, 17 (3): 169–173]
- Metcalf RL. Plant volatiles as insect attractants [J]. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 1988, 5 (3): 251–301.
- Ren LL, Qi LY, Jiang QG, et al. Oviposition preference of oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45 (4): 593–597. [任荔荔, 祁力言, 蒋巧根, 等. 植物果实、颜色和形状对橘小实蝇产卵选择的影响 [J]. 昆虫知识, 2008, 45 (4): 593–597]
- Richard AI, Drew, Chench Dorji, et al. Attractiveness of various combinations of colors and shapes to females and males of *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) in a commercial mandarin grove in Bhutan [J]. *Economic Entomology*, 2006, 99 (5): 1651–1656.
- Wang JT, Dong YC, Li ZK, et al. Overview of the use of the sterile insect technique to control the Chinese citrus fruit fly [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (3): 848–852. [王金涛, 董永成, 李宗锴, 等. 昆虫不育技术防治柑橘大实蝇研究概况 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (3): 848–852]
- Wang XJ, Luo LY. Research progress in Chinese citrus fruit fly [J]. *Entomology Knowledge*, 1995, 32 (5): 310–311. [汪兴鉴, 罗禄怡. 桔大实蝇的研究进展 [J]. 昆虫知识, 1995, 32 (5): 310–315]
- Wang XL, Zhang RJ. Review on biology ecology and control of *Bactrocera* (*Tetracus*) *minax* (Enderlein) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2009, 31 (1): 73–79. [王小蕾, 张润杰. 桔大实蝇生物学、生态学及其防治研究概述 [J]. 环境昆虫学报, 2009, 31 (1): 73–79]
- Wu HB, Sun Y, Gong QT, et al. Field trapping effect of sticky cards of different colors to adults of fruit fly in cherry garden [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2016, 48 (1): 99–102. [武海斌, 孙杨, 宫庆涛, 等. 不同颜色色板对樱桃园果蝇成虫的田间诱集效果研究 [J]. 山东农业科学, 2016, 48 (1): 99–102]
- Xie TB, Chen H, Lv ZZ. Observation on the oviposition behavior of *Bactrocera* (*Tetracus*) *minax* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43 (2): 242–244. [谢天宝, 陈煌, 吕志藻. 橘大实蝇的产卵行为观察 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (2): 242–244]
- Xiong W, Guan LL, Xiang B, et al. Sweet and sour liquid with different colored sticky trap and kill insects plate cherry fruit fly combination effect test [J]. *South China Fruits*, 2014, 43 (1): 67–69, 73. [熊伟, 寇琳玲, 向波, 等. 糖醋液与不同颜色黏虫板组合诱杀樱桃果蝇效果试验 [J]. 中国南方果树, 2014, 43 (1): 67–69, 73]
- Xue HW, Wu WJ. Preferences of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) to different colors: A quantitative investigation using virtual wavelength [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2013, 56 (2): 161–166.
- You KX, Zhou Q, Jing Q. Feeding, Mating and oviposition behaviours of the adults of *Bactrocera minax* (Enderlein) [J]. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 2012, 35 (5): 68–70. [尤克西, 周琼, 荆奇. 柑橘大实蝇成虫的取食、交配和产卵行为 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2012, 35 (5): 68–70]
- Zhang HJ, Huang FR. The cause analysing and the control strategy of the rising amount of *Bactrocera minax* in mount xing [J]. *Plant Quarantine*, 2006, 20 (2): 124. [张宏健, 黄发蓉. 兴山柑橘大实蝇回升原因分析与控制对策 [J]. 植物检疫, 2006, 20 (2): 124]
- Zhang XY, Yu FJ, Han QH, et al. Preference and performance of *Bactrocera* (*Tetracus*) *minax* on three host plants [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2007, 44 (3): 364–366. [张小亚, 喻法金, 韩庆海, 等. 橘大实蝇对三种寄主植物的偏好比较 [J]. 昆虫知识, 2007, 44 (3): 364–366]
- Zhou Q, Su X, Xiong ZY, et al. Effects of sterols from xanthium sibiricum on oviposition of *Plutella xylostella* and its behavioral choice [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2011, 33 (1): 52–57. [周琼, 苏旭, 熊正燕, 等. 苍耳甾醇类物质对小菜蛾的产卵及趋向行为选择的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (1): 52–57]