



苏湘宁, 李传瑛, 廖章轩, 黄少华, 刘伟玲, 章玉苹. 基于性信息诱捕监测广东桔小实蝇和瓜实蝇发生动态及其对 2 种常用农药的抗药性评价 [J]. 环境昆虫学报, 2023, 45 (1): 226–232.

# 基于性信息诱捕监测广东桔小实蝇和瓜实蝇发生动态及其对 2 种常用农药的抗药性评价

苏湘宁, 李传瑛, 廖章轩, 黄少华, 刘伟玲, 章玉苹\*

(广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

**摘要:** 利用性信息素诱捕的方法对广东省茂名、佛山、梅州和韶关的桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 和瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) 种群动态进行监测; 并用药膜法测定了两种实蝇不同地理种群成虫对阿维菌素和甲维盐的抗药性情况。结果表明, 桔小实蝇和瓜实蝇在所监测的 4 个地市全年均有发生, 桔小实蝇和瓜实蝇种群数量发生高峰期集中在 5 月中旬至 8 月中旬, 从 4 月中旬开始田间种群数量开始增加, 10 月中旬以后种群数量急剧下降, 高峰期与果实成熟期基本吻合。抗药性监测结果表明, 桔小实蝇和瓜实蝇对阿维菌素和甲维盐的抗药性有逐年上升趋势, 广东 4 个地市桔小实蝇和瓜实蝇已对阿维菌素产生中等抗性水平; 2019 年 11 月监测梅州地区桔小实蝇种群和韶关瓜实蝇种群对甲维盐抗性倍数分别为 4.32 和 3.42 倍, 仍处于敏感水平, 其余地区种群对甲维盐均达到了低水平或中等水平抗性。

**关键词:** 桔小实蝇; 瓜实蝇; 发生动态; 抗药性

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2023) 01-0226-07

## Monitoring occurrence dynamics based on sexpheromone trapping and evaluation of two commonly used pesticides resistance of *Bactrocera dorsalis* and *Bactrocera cucurbitae* in the field of Guangdong

SU Xiang-Ning, LI Chuan-Ying, LIAO Zhang-Xuan, HUANG Shao-Hua, LIU Wei-Ling, ZHANG Yu-Ping\* (Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** A sex pheromone trapping method was used to monitor the adult population dynamics of *Bactrocera dorsalis* and *Bactrocera cucurbitae* in Maoming, Foshan, Meizhou and Shaoguan, Guangdong Province, China. The pesticides resistance of two kinds of fruit fly adults to two different types of pesticides (abamectin and emamectin benzoate) were tested with residual film method in different geographical populations. The results suggested that *B. dorsalis* and *B. cucurbitae* occurred all year round in the four monitoring points. The fastigium of population quantity of *B. dorsalis* and *B. cucurbitae* occurred from mid-May to mid-August. The amount of population went up from mid-April. After that, the fly population declined remarkably after mid-October, which was basically consistent with the ripening stage of fruit. The

基金项目: 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队 (2022KJ113); 农业外来入侵生物调查、监测与综合防治技术研究和示范 (入侵农田动物); 广东省农业科学院科技创新战略专项 (R2019YJ-YB2003)

作者简介: 苏湘宁, 男, 1990 年生, 博士, 助理研究员, 主要从事害虫抗药性、动态监测及绿色防控方面研究, E-mail: 851513723@qq.com

\* 通讯作者 Author for correspondence: 章玉苹, 女, 博士, 研究员, 主要从事研制、开发农作物病虫害防控的高效生物农药和低毒、环保绿色化学农药制剂, E-mail: zhangyp@gdppri.cn

收稿日期 Received: 2021-11-02; 接受日期 Accepted: 2021-12-15

resistance monitoring results showed that the resistance of *B. dorsalis* and *B. cucurbitae* to abamectin and emamectin benzoate increased year by year. The resistance to abamectin showed, *B. dorsalis* and *B. cucurbitae* had already been middle level in the four monitoring points in Guangdong Province. In November 2019, the resistance monitoring of *B. dorsalis* populations in Meizhou and *B. cucurbitae* populations in Shaoguan to emamectin benzoate were 4.32 and 3.42, respectively. The above resistance ratios indicated that these populations were still susceptible. The populations collected from other areas showed low-level or intermediate-level resistance.

**Key words:** *Bactrocera dorsalis* (Hendel); *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett); occurrence dynamics; resistance

桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)、瓜实蝇 *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) 属双翅目 Diptera 实蝇科 Trypetidae 果实蝇属 *Bactrocera* Maequar, 其食性杂, 为害作物广, 是水果、蔬菜的重要害虫, 幼虫在果实内取食为害, 致使果实未熟先黄、落果, 严重时落果率可达 65% ~ 87%, 甚至绝收, 造成严重的经济损失。由于容易随寄主调运做远距离传播, 严重影响农业收益和对外贸易, 该类害虫已成为国际检疫性害虫 (姚文国, 1997; Louisa *et al.*, 2020)。因此, 加强实蝇发生动态和抗药性监测迫在眉睫。目前, 国内外对于桔小实蝇和瓜实蝇已有不少研究, 我国也非常重视对这 2 种害虫发生规律的监测, 吕欣等 (2008) 通过性信息素诱捕的方法对广州市桔小实蝇发生动态进行监测, 表明其在广州全年发生, 且每年 6-9 月是盛发期。刘建宏等 (2005) 对云南省元江干热河谷的桔小实蝇成虫种群数量动态进行诱捕监测, 发现该地区桔小实蝇种群在当年 12 月至次年 2 月较低, 3 月以后逐渐上升, 于 6-8 月形成高峰, 9-11 月种群迅速下降。陈海东等 (1995) 利用 Steiner 诱捕器对广州地区的桔小实蝇和瓜实蝇田间种群进行诱捕监测, 发现 2 种实蝇在广州地区每年有 2 个发生高峰期, 其高峰期均出现在 1-3 月和 7-11 月。江昌木等 (2005) 监测表明三明地区瓜实蝇在 8 月份发生数量是全年的最高峰。

广东省地处低纬度的热带和亚热带区域, 是我国水果、蔬菜的重要产地, 桔小实蝇和瓜实蝇为害严重。目前化学防治是桔小实蝇和瓜实蝇田间防治常用的方法, 主要防治药剂有敌百虫、阿维菌素、氯氰菊酯、辛硫磷等 (Hsu and Feng, 2002), 但杀虫剂的多次、大量使用将不可避免地使其产生抗药性, 而抗药性监测是对其进行科学防控工作的首要任务。国内已在桔小实蝇种群抗药性监测、抗药性发展规律等方面进行了研究。

如 2003-2004 年监测显示广东、广西、海南、福建等大部分地区桔小实蝇种群对敌百虫、高效氯氰菊酯、阿维菌素的抗性尚处于敏感阶段, 而 2006 年监测结果显示大部分地区种群对以上 3 种农药的抗性已达到中等水平抗性, 有的地区种群甚至达到高水平抗性 (潘志萍等, 2005; 章玉苹等, 2007; 潘志萍等, 2008; Jin *et al.*, 2011)。在瓜实蝇抗药性监测方面, 据报道, 台湾瓜实蝇田间种群对氟氯氰菊酯已产生了中等水平抗性, 对部分有机磷类杀虫剂有低水平抗性 (Hsu and Feng, 2002)。谷世伟等 (2015) 采用局部药膜法测定广州、无锡、南宁等 7 个地区瓜实蝇种群对高效氯氰菊酯、敌百虫、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯氟氰菊酯、阿维菌素、多杀霉素的抗药性, 结果显示其对这些药剂均产生了不同程度的抗药性。目前, 广东省佛山市、茂名市、韶关市和梅州市桔小实蝇和瓜实蝇种群发生动态的研究较少, 同时近年对桔小实蝇和瓜实蝇抗药性现状知之甚少。因此, 随着桔小实蝇和瓜实蝇连年为害果蔬加重和可能存在的抗药性, 本文采用性信息素诱捕法和药膜法开展对广东省 4 个地市桔小实蝇和瓜实蝇田间种群发生动态以及抗药性水平检测, 以期为该类害虫制订科学防控措施提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

G004 桔小实蝇性信息素引诱剂和 S003 瓜实蝇性信息素引诱剂及实蝇桶型诱捕器购自北京中捷四方生物科技股份有限公司。

抗药性监测对照种群: 桔小实蝇相对敏感品系 (SS) 由华南农业大学昆虫系陆永跃教授团队提供; 瓜实蝇相对敏感品系 (SS) 由广西壮族自治区农业科学院植物保护研究所姜建军老师提供。

均在室内不接触任何药剂连续多代饲养，以羽化后 3 日龄健康的成虫作为供试虫源。

供试种群：分别于每年 6 月和 11 月采集佛山市、茂名市、韶关市、梅州市监测点落果、落瓜老熟幼虫，室内饲养一代，选取羽化 3 d 大小一致健康的成虫进行毒力测定。

饲养条件：温度  $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，光照周期为 L:D = 16 h:8 h，相对湿度  $70\% \pm 5\%$ 。

药剂：96.2% (w) 阿维菌素、71.3% (w) 甲维盐，均由河北省石家庄市龙汇精细化工有限责任公司提供。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 桔小实蝇和瓜实蝇发生动态监测

于 2019 年 9 月 - 2021 年 9 月将诱捕器悬挂于树冠中部空气流通和避免阳光直射处，每个监测点设置 5 个诱捕器，每个诱捕器的距离在 300 m 以上。每 1 个月收集并记录所诱获的桔小实蝇和瓜实蝇雌虫数量，清理诱捕器，并添加 2 mL 诱剂。

监测点分布：4 个监测点分别为佛山市高明区白石村（东经  $112^\circ 29' 48''$ ；北纬  $22^\circ 47' 48''$ ），田间主要种植苦瓜、南瓜、柑橘和玉米等作物；茂名市电白区鲤鱼岭（东经  $111^\circ 4' 37''$ ；北纬  $21^\circ 26' 54''$ ），主要种植苦瓜、杨桃、番石榴和柑橘等；韶关市曲江区长塘村（东经  $113^\circ 37' 32''$ ；北纬  $24^\circ 40' 45''$ ），主要种植茄子、玉米、苦瓜和南瓜等；梅州梅江区田心村（东经  $116^\circ 12' 35''$ ；北纬  $24^\circ 31' 58''$ ），主要种植苦瓜、南瓜、西红柿、包菜和上海青等，每个监测点面积约为  $100 \text{ hm}^2$ 。

标本处理及鉴定方法：将每次诱集获得的实蝇标本按地点用玻璃小瓶分装，依据吴佳教等 (2009) 《实蝇类重要害虫鉴定图册》和梁广勤等 (1996) 《亚太地区寡毛实蝇》等资料在体视显微镜下对标本进行形态学鉴定。

### 1.2.2 抗药性监测

采用局部药膜法测定桔小实蝇、瓜实蝇对药剂的敏感性 (潘志萍等, 2005)。用丙酮将供试药剂配制成 10 g/L 的母液，密封保存在  $-20^\circ\text{C}$  冰箱内，用丙酮将母液稀释 5 个浓度梯度，取 5 mL 药液加入到 250 mL 的洁净三角瓶中，转动三角瓶，使药液在内壁形成均匀的药膜，弃去剩余药液，待丙酮完全挥发后，引入桔小实蝇或瓜实蝇成虫，并放入含 10% 蜜糖水的棉球，然后用透气封口膜封住瓶口，倒置于  $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$  的人工气候箱内。对照用丙酮处理，每处理 20 头实蝇成虫，重复 3 次，24 h 后检查死亡率，触动虫体后 10 s 内不见其活

动即视为死亡，对照组死亡率小于 5% 为有效试验。计算公式如下：

$$\text{死亡率}(\%) = (\text{死亡虫数} / \text{供试虫数}) \times 100$$

$$\text{校正死亡率}(\%) = (\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}) / (1 - \text{对照死亡率}) \times 100$$

## 1.3 数据处理

采用 SPSS 20.0 软件对调查数据进行统计分析，应用 Origin 2018 软件作图。计算各种药剂的毒力回归方程和标准误、致死中浓度 ( $\text{LC}_{50}$ ) 及 95% 置信区间。抗性倍数按以下公式计算，以相对敏感品系 (SS) 的  $\text{LC}_{50}$  为参照，参考潘志萍等 (2005) 的研究，抗性水平划分标准： $0 \leq$  相对抗性倍数  $< 5$  为敏感水平；5.1 ~ 10 为低水平抗性；10.1 ~ 40 为中等水平抗性；40.1 ~ 160 为高水平抗性。抗性倍数计算公式如下：

$$\text{抗性倍数}(\text{RR}) = \text{供试种群的 } \text{LC}_{50} / \text{敏感品系的 } \text{LC}_{50}$$

## 2 结果与分析

### 2.1 桔小实蝇发生规律

2019 年 9 月 - 2021 年 9 月监测结果显示，4 个监测点全年皆有桔小实蝇发生，韶关、佛山和梅州 3 个监测点桔小实蝇雄成虫全年呈单高峰，茂名监测点成双高峰 (图 1)。种群消长与监测点杨桃、番石榴和柑橘等水果的果实挂果期有关。如佛山监测桔小实蝇成虫盛发期在 5 月中旬至 8 月中旬，此时正是园内柑橘挂果期，而 9 月中旬后果实已采摘，由于食物减少，桔小实蝇种群数量开始下降。其中韶关监测点 2019 年 9 月中旬到 2020 年 5 月中旬桔小实蝇发生水平较低，由于该监测点果树种植较少，园内桔小实蝇种群基数较低。2020 年 5 月中旬到 6 月中旬出现发生高峰，诱捕数量为 270 头。2021 年全年种群数量较低。佛山监测点 2020 年 6 月中旬到 8 月中旬桔小实蝇发生量大，6 月中旬到 7 月中旬种群数量最高，诱捕量高达 687 头。茂名监测点桔小实蝇发生密度大于韶关、佛山和梅州 3 个监测点，主要由于园内果树种植面积大，园内桔小实蝇种群基数较大，加之各种果树成熟期不同，大批实蝇成虫长期有产卵寄主以及幼虫有充足的食物供给，使得园内实蝇种群数量保持相对较高水平。该园区内实蝇种群变化呈双峰型，两个高峰期分别在 2020 年 7 月中旬至 8 月中旬和 9 月中旬至 10 月中旬，诱捕量分别为 641 头和 675 头。梅州监测点在

2019 年 10 月中旬至 2020 年 5 月中旬园内桔小实蝇种群密度较低。2020 年 5 月中旬到 7 月中旬为成虫发生高峰期，诱捕量达 224 头和 230 头。2021 年 4 月中旬到 5 月中旬诱捕量为 73 头，形成高峰期。

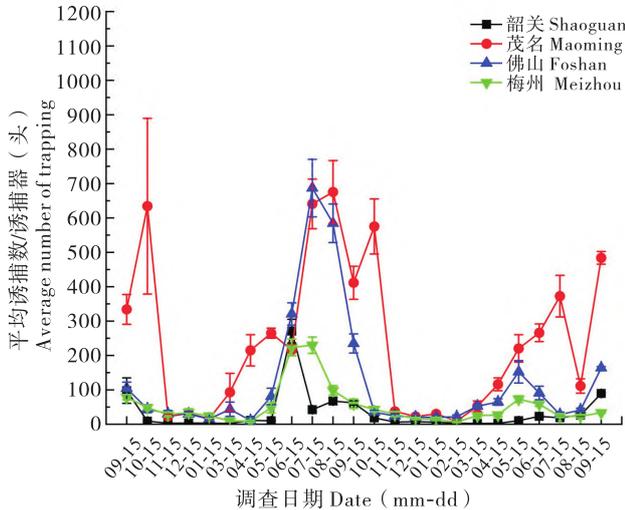


图 1 2019 年 9 月 - 2021 年 9 月广东省桔小实蝇田间种群动态监测

Fig. 1 Monitoring for field population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in the field of Guangdong in September 2019 to September 2021

## 2.2 瓜实蝇发生规律

2019 年 9 月 - 2021 年 9 月监测结果显示，瓜实蝇在 4 个监测点均全年发生（图 2）。韶关、佛山和梅州 3 个监测点成虫动态数量在春季开始上升，夏季发生数量较多并达到高峰期，秋季后数量逐渐降低，冬季的虫口密度保持较低水平。韶关监测点每年 9 月中旬到 10 月中旬瓜实蝇种群数量最高，形成高峰期，2019 年当月诱捕量高达 682 头。9 - 10 月份正是该监测点苦瓜收获期，瓜田有大量落瓜、烂瓜，以及苦瓜生长期丰富的食物孕育了大量个体，因此形成了一个诱捕高峰期。佛山监测点 2019 年 9 月中旬到 10 月中旬瓜实蝇种群数量形成高峰期，平均诱捕量为 796 头。10 月中旬后瓜实蝇诱捕量迅速下降，但田间虫口密度仍较高，2019 年 12 月中旬至 2020 年 1 月中旬是低峰期，平均诱捕量为 44 头，而后发生量逐渐上升，形成多个高峰期，2020 年 10 月中旬发生量迅速下降，2021 年 6 月中旬虫量逐渐上升。茂名监测点 2019 年 8 月中旬至 10 月中旬，2020 年 12 月中旬到 2021 年 2 月中旬瓜实蝇发生量相对较低，其它月份田间种群发数量较多。由于该监测点种

植苦瓜、南瓜、节瓜等瓜类作物，田间丰富的果实食料供应和适宜的气候条件导致虫口密度大。梅州监测点诱捕高峰期出现在 6 月中旬至 7 月中旬，其中 2020 年该月诱捕数量高达 1 183 头，这期间园内种植瓜类作物，瓜田有很多落瓜、烂瓜，因此形成了一个诱捕量的高峰期。

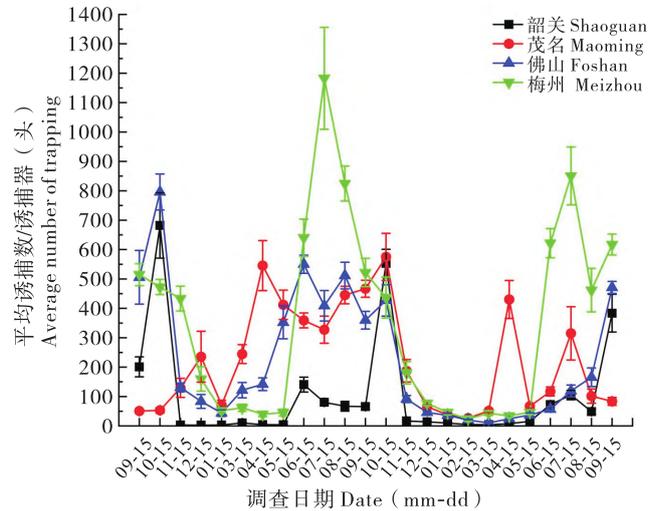


图 2 2019 年 9 月 - 2021 年 9 月广东省瓜实蝇田间种群动态监测

Fig. 2 Monitoring for field population dynamics of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) in the field of Guangdong in September 2019 to September 2021

## 2.3 桔小实蝇对阿维菌素、甲维盐抗药性监测结果

毒力测定结果显示，桔小实蝇敏感品系对阿维菌素的室内毒力回归方程为  $Y = 1.8955x + 0.5470$ ,  $LC_{50} = 0.51$  mg/L；桔小实蝇敏感品系对甲维盐的室内毒力回归方程为  $Y = 2.4868x + 1.3644$ ,  $LC_{50} = 0.28$  mg/L。桔小实蝇种群对阿维菌素的敏感性监测结果（图 3-A）表明，4 个监测点桔小实蝇种群对阿维菌素的抗性均处于中等水平抗性，其中 2021 年 11 月份测得广东佛山地区的桔小实蝇对阿维菌素抗性最高，抗性达到 28.42 倍，其次是韶关、茂名、梅州，抗性分别为 26.89、22.68 和 18.59 倍，由于阿维菌素目前仍是我国大多数地区防治桔小实蝇的主要化学药剂，因此在 2019 - 2021 年间桔小实蝇对阿维菌素的抗性发展呈上升趋势，所有监测点种群均为中抗水平。桔小实蝇种群对甲维盐的敏感性监测结果（图 3-B）表明，2019 年 11 月韶关、茂名和佛山地区桔小实蝇种群对甲维盐均产生了一定的抗药性，抗性水平均为低水平抗性，梅州监测点抗性倍数为 4.32，仍处于敏感水平。2020 年 6 月测得韶关地区桔小实蝇种群抗药性略有下降，抗性倍

数为 3.38。2021 年 11 月除韶关地区桔小实蝇种群为低水平抗性外, 茂名、佛山和梅州地区桔小实

蝇种群均为中等水平抗性, 抗性分别为 13.50、11.90 和 10.80 倍。

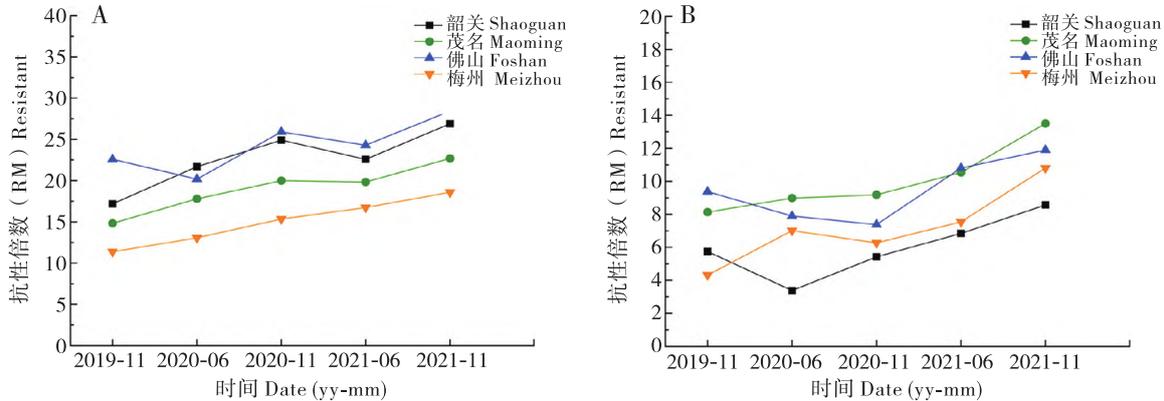


图 3 2019–2021 年桔小实蝇田间种群对阿维菌素 (A) 和甲维盐 (B) 抗性变化

Fig. 3 Resistance of populations of *Bactrocera dorsalis* to abamectin (A) and emamectin benzoate (B) in different fields from 2019 to 2021

#### 2.4 瓜实蝇对阿维菌素、甲维盐抗性监测结果

毒力测定结果显示瓜实蝇敏感品系对阿维菌素的室内毒力回归方程为  $Y = 1.7709x + 0.6398$ ,  $LC_{50} = 0.43$  mg/L; 瓜实蝇敏感品系对甲维盐的室内毒力回归方程为  $Y = 2.0898x + 1.0104$ ,  $LC_{50} = 0.33$  mg/L。瓜实蝇种群对阿维菌素的敏感性监测结果 (图 4-A) 表明, 4 个监测点瓜实蝇种群对阿维菌素的抗性均处于中等水平抗性, 其中 2019 年 11 月–2021 年 6 月茂名地区瓜实蝇对阿维菌素的抗性最高, 抗性倍数为 18.15 ~ 26.43。2021 年

6 月至 11 月, 佛山地区种群抗性上升速度较快, 已从中抗水平上升到近高抗水平, 抗性达 35.23。瓜实蝇种群对甲维盐的敏感性监测结果 (图 4-B) 表明, 2019 年 11 月韶关瓜实蝇种群对甲维盐抗性倍数为 3.42, 仍处于敏感水平, 其余地区种群对甲维盐均达到了低水平或中等水平抗性。2021 年 11 月佛山、梅州、茂名和韶关瓜实蝇种群对甲维盐的抗性分别为 19.80、13.09、12.38 和 10.60 倍, 均已达中等抗性水平。

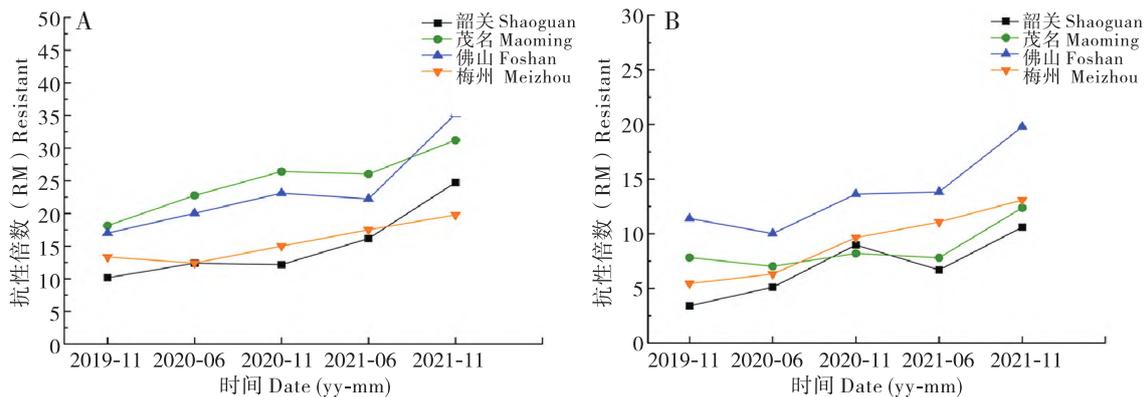


图 4 2019–2021 年瓜实蝇田间种群对阿维菌素 (A) 和甲维盐 (B) 抗性变化

Fig. 4 Resistance of populations of *Bactrocera cucurbitae* to abamectin (A) and emamectin benzoate (B) in different fields from 2019 to 2021

### 3 结论与讨论

桔小实蝇和瓜实蝇一直是国内外重要检疫害

虫, 严重威胁我国南方热带和亚热带地区果蔬生产, 给农业生产造成了巨大的经济损失, 且部分地区种群已对常用药剂产生了抗性 (姚文国, 1997; 谷世伟等, 2015; Louisa *et al.*, 2020)。开展

桔小实蝇和瓜实蝇的发生动态和抗性监测是科学防控和抗性治理的基础，对保障农业安全生产具有重要意义。

气候是影响实蝇发育的重要因素，桔小实蝇和瓜实蝇的种群数量变化受降雨量、光照以及温湿度等气候环境的影响（陈鹏等，2006）。当温度低于 15℃ 时，桔小实蝇成虫、幼虫大量死亡；温度低于 18℃ 会延长卵、幼虫、蛹的发育历期，同时蛹羽化率下降（蒋小龙等，2001；和万忠等，2002）。本研究结果显示，4 个监测点 1-2 月和 12 月温度较低不适合桔小实蝇和瓜实蝇的生长发育，因此田间诱捕量较少，这与已有的研究结果一致（刘建宏等，2005；陈鹏等，2006；陈鹏和叶辉，2007；王涛等，2015）。寄主成熟期对桔小实蝇和瓜实蝇种群数量有较大的影响。本研究中发现，瓜果成熟期与桔小实蝇和瓜实蝇大量发生期关系密切。4 个监测点的实蝇发生高峰期均在瓜果成熟期。比如梅州种植的瓜果在 5 月中旬至 6 月中旬相继大量成熟，并不断发生落瓜、落果，为桔小实蝇和瓜实蝇持续提供食物资源，使其具有最佳的生长和繁殖场所，因此 6 月中旬至 7 月中旬形成了桔小实蝇和瓜实蝇的诱捕最高峰期。这表明寄主对桔小实蝇和瓜实蝇种群数量增长有重要影响。这一结果与广西南宁市 3 个监测点莲雾上桔小实蝇种群动态监测调查结果一致（周双云等，2020）。

在应急防控有害生物方面，化学防治是防控害虫的重要手段（何凤梅等，2020）。阿维菌素作为全球生产量和使用量最大的生物农药，是当前农业害虫防治中理想的生物源农药，是目前用于防治实蝇的主要药剂（刘新兆，2017）。但有研究表明华南地区实蝇对阿维菌素均产生不同程度的抗性（章玉苹等，2007；潘志萍等，2008；谷世伟等，2015）。甲维盐属于新型农药，田间使用时间相对较短，且抗生素类杀虫剂对实蝇毒力普遍较高，但如果长时间连续使用依然面临着抗性增长的风险。本研究田间抗性监测结果显示，2019 年-2021 年广东 4 个地市桔小实蝇和瓜实蝇田间种群已对阿维菌素产生中等抗性，而 2019 年 11 月梅州地区桔小实蝇种群和韶关瓜实蝇种群对甲维盐抗性倍数分别为 4.32 和 3.42，仍处于敏感水平，其余地区种群对甲维盐均达到了低水平或中等水平抗性。由于阿维菌素使用初期防治实蝇效果很好，因此导致大部分地区大量使用该种药剂导致田间种群对阿维菌素抗性大幅度上升。对于抗阿

维菌素的实蝇种群处于突增阶段时，应予以足够重视，可采取使用抗性水平较低的甲维盐杀虫剂来治理。因此，在田间应用时，建议上述药剂与其他药剂轮换使用，防止抗性进一步上升。

本研究发现，不同地区桔小实蝇和瓜实蝇对同种药剂的抗药性发展情况不同，这与不同地区的药剂选择压力有关，药剂施用单一且频繁使其抗药性增长明显。另外，在同一地区实蝇盛发期后其对药剂的抗性会快速增长，这一结果与实蝇盛发期防治时频繁使用单一药剂有关。姚其等（2017）通过模型估算出高效氯氰菊酯处理桔小实蝇间隔时间与抗性发展水平的关系，结果表明，高效氯氰菊酯的使用间隔时间多于 99 d，桔小实蝇抗药性不再升高，但是短时间内多次使用高效氯氰菊酯再汰选时，桔小实蝇下一代抗药性将会升高。因此使用化学药剂防治桔小实蝇和瓜实蝇时应尽量选择不同类型药剂间隔施用，保证同一种药剂施药间隔时间足够长，因间隔时间越长其抗药性增长越缓慢，抗性治理效果就越好。

综上所述，本研究分别对粤东、粤西、粤北和珠三角地区桔小实蝇和瓜实蝇发生规律和抗药性进行全年监测，结果对实际生产具有较大参考价值。掌握桔小实蝇和瓜实蝇的发生规律和抗药性，在发生高峰期前合理进行绿色防治控制桔小实蝇和瓜实蝇对瓜果蔬菜的为害，不长期或单一使用一类杀虫剂，并逐步减少化学农药的使用量，不仅有助于农产品增产增收，而且能满足消费者对食品安全性的要求，对农作物安全绿色发展具有推动作用。

## 参考文献 (References)

- Chen HD, Zhou CQ, Yang PJ, et al. On the seasonal population dynamics of melon and oriental-fruit flies and pumpkin fly in Guangzhou area [J]. *Journal of Plant Protection*, 1995, 4: 62-68. [陈海东, 周昌清, 杨平均, 等. 瓜实蝇、桔小实蝇、南瓜实蝇在广州地区的种群动态 [J]. 植物保护学报, 1995, 4: 62-68]
- Chen P, Ye H, Liu JH. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) along with analysis on the factors influencing the population in Ruili, Yunnan Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (9): 2801-2809. [陈鹏, 叶辉, 刘建宏. 云南瑞丽桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因子分析 [J]. 生态学报, 2006, 26 (9): 2801-2809]
- Chen P, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Liuku, Yunnan with an analysis of the influencing factors [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2007, 50 (1): 38-45. [陈鹏, 叶辉. 云南六库桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因子分析 [J]. 昆虫学报, 2007, 50 (1): 38-45]

- Gu SW, Zeng L, Liang GW. Monitoring for insecticide resistance of melon fly populations in the field of Southern China [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2015, 36 (4): 76–80. [谷世伟, 曾玲, 梁广文. 华南地区瓜实蝇田间种群的抗药性监测 [J]. 华南农业大学学报, 2015, 36 (4): 76–80]
- He FM, An CC, Zhang YK, et al. Toxicity of insecticides to adults of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) and insecticides resistance in field populations in Guangxi [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (5): 270–275. [何凤梅, 安长成, 张永魁, 等. 多种药剂对橘小实蝇成虫的毒力测定及田间抗性监测 [J]. 植物保护, 2020, 46 (5): 270–275]
- He WZ, Sun BZ, Li CJ, et al. Bionomics of *Bactrocera dorsalis* and its control in Hekou County of Yunnan Province [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2002, 39 (1): 50–52. [和万忠, 孙兵召, 李翠菊, 等. 云南河口县桔小实蝇生物学特性及防治 [J]. 昆虫知识, 2002, 39 (1): 50–52]
- Hsu JC, Feng HT. Susceptibility of melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) and oriental fruit fly (*B. dorsalis*) to insecticides in Taiwan [J]. *Plant Protection Bull*, 2002, 44 (4): 303–314.
- Huang SQ, Han RC. Advance in the research on the quarantine pest *Bactrocera dorsalis* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42 (5): 479–484. [黄素青, 韩日畴. 桔小实蝇的研究进展 [J]. 昆虫知识, 2005, 42 (5): 479–484]
- Jiang CM, Zhao SX, Zhang RS. Population dynamics survey of *Bactrocera cucurbitae* in Samming area [J]. *Plant Quarantine*, 2005, 19 (6): 372–373. [江昌木, 赵士熙, 张如盛. 三明地区瓜实蝇种群动态调查 [J]. 植物检疫, 2005, 19 (6): 372–373]
- Jiang XL, He WZ, Xiao S, et al. Study on the biology and survival of *Bactrocera dorsalis* in the border region of Yunnan [J]. *Journal of Southwest Agricultural University*, 2001, 23 (6): 510–513. [蒋小龙, 和万忠, 肖枢, 等. 桔小实蝇在云南边境生物学研究及适生性分析 [J]. 西南农业大学学报, 2001, 23 (6): 510–513]
- Jin T, Zeng L, Lin YY, et al. Insecticide resistance of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in mainland China [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67 (3): 370–376.
- Liang GQ, Yang GH, Liang F, et al. Fruit Flies in the Asia–Pacific Region [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1996. [梁广勤, 杨国海, 梁帆, 等. 亚太地区寡毛实蝇 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1996]
- Liu JH, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Yuanjiang dry–hot valley, Yunnan with an analysis of the related factors [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48 (5): 706–711. [刘建宏, 叶辉. 云南元江干热河谷桔小实蝇种群动态及其影响因子分析 [J]. 昆虫学报, 2005, 48 (5): 706–711]
- Liu XZ. Market situation of abamectin in recent ten years [J]. *Journal of China Agrochemicals*, 2017, 6: 36–39. [刘新兆. 阿维菌素近十年市场情况 [J]. 中国农药, 2017, 6: 36–39]
- Lü X, Han SC, Xu JL, et al. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Guangzhou, Guangdong Province, with analysis of the climate factors [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28 (4): 1850–1856. [吕欣, 韩诗畴, 徐洁莲, 等. 广州桔小实蝇发生动态及气象因子 [J]. 生态学报, 2008, 28 (4): 1850–1856]
- Pan ZP, Lu YY, Zeng L, et al. Development of resistance to trichlorophen, alphamethrin and abamectin in laboratory populations of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51 (6): 609–617. [潘志萍, 陆永跃, 曾玲, 等. 桔小实蝇实验种群对敌百虫、高效氯氰菊酯和阿维菌素的抗性增长规律 [J]. 昆虫学报, 2008, 51 (6): 609–617]
- Pan ZP, Zeng L, Lu YY. Monitoring of resistance of oriental fruit fly adults to insecticides in south China [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2005, 26 (4): 23–26. [潘志萍, 曾玲, 陆永跃. 华南地区桔小实蝇对几种农药的抗药性研究 [J]. 华南农业大学学报, 2005, 26 (4): 23–26]
- Wang T, Ren YL, Wang KJ, et al. Occurrence dynamics and influencing factor of *Bactrocera dorsalis* in Xingyi city, Guizhou Province [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2015, 46 (5): 806–812. [王涛, 任艳玲, 王珂佳, 等. 兴义桔小实蝇发生动态及影响因子研究 [J]. 南方农业学报, 2015, 46 (5): 806–812]
- Wu JJ, Liang F, Liang GQ. Atlas of Important Fruit Fly for Identification [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2009. [吴佳教, 梁帆, 梁广勤. 实蝇类重要害虫鉴定图册 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2009]
- Yao Q, Zeng L, Liang GW, et al. Dynamic of resistance of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) high–resistant strain under selection by beta–cypermethrin with different frequency [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (4): 791–799. [姚其, 曾玲, 梁广文, 等. 高效氯氰菊酯不同汰选频率条件下桔小实蝇高抗品系抗药性发展动态 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (4): 791–799]
- Yao WG. The Anthology of Entry Plant Quarantine Pests in China (Part of *Bactrocera dorsalis* and *Bactrocera zeugodacus*) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 179–216. [姚文国. 中国进境植物检疫有害生物选编 (果实蝇和寡鬃实蝇部分) [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 179–216]
- Zhang B, Liu YH, Zhao LL, et al. Advance in the research on the quarantine pest *Bactrocera dorsalis* [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 11: 391–397. [张彬, 刘映红, 赵岚岚, 等. 桔小实蝇研究进展 [J]. 中国农学通报, 2008, 11: 391–397]
- Zhang YP, Zeng L, Lu YY, et al. Monitoring of insecticide resistance of *Bactrocera dorsalis* adults in south China [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2008, 4: 456–459. [章玉苹, 曾玲, 陆永跃, 等. 华南地区桔小实蝇田间种群抗药性的监测 [J]. 华中农业大学学报, 2008, 4: 456–459]
- Zhang YP, Zeng L, Lu YY, et al. Monitoring of insecticide resistance of *Bactrocera dorsalis* adults in South China [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2007, 28 (3): 20–23. [章玉苹, 曾玲, 陆永跃, 等. 华南地区桔小实蝇抗药性动态监测 [J]. 华南农业大学学报, 2007, 28 (3): 20–23]
- Zhou SY, Liu ZL, Long X, et al. Study on the occurrence regularity and oviposition selectivity of *Bactrocera dorsalis* on lotus mist [J]. *South China Fruits*, 2020, 49 (1): 65–69. [周双云, 刘增亮, 龙兴, 等. 桔小实蝇在莲雾上的发生规律及产卵选择性研究 [J]. 中国南方果树, 2020, 49 (1): 65–69]