

海南省香蕉黄胸蓟马田间种群的抗药性监测*

付步礼^{1,2**} 刘俊峰¹ 邱海燕¹ 唐良德¹ 林 军⁴
曾东强² 谢艺贤¹ 刘 奎^{1,3***}

(1. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101; 2. 广西大学农药与环境毒理研究所, 南宁 530005;
3. 农业部热带作物有害生物综合治理重点实验室, 海口 571101; 4. 陶氏益农农业科技中国有限公司上海分公司, 上海 201203)

摘要 【目的】 本文全面评估了香蕉黄胸蓟马 *Thrips hawaiiensis* 田间种群对杀虫剂的抗性水平, 旨在为更科学合理地防治该虫提供依据。【方法】 室内采用叶管药膜法 (TIBS), 分别在 2013、2015 年监测了昌江、澄迈、临高、东方 4 个地区香蕉黄胸蓟马田间种群对 10 种杀虫剂的抗性水平。【结果】 从 2013—2015 年, 总体上海南香蕉黄胸蓟马田间种群对大多数杀虫剂的敏感性均有不同程度的下降, 但仍处于敏感状态。其中, 香蕉黄胸蓟马田间种群对传统药剂甲维盐、毒死蜱和高效氯氟菊酯, 及新型杀虫剂乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺和螺虫乙酯均保持较敏感状态 (抗性倍数 < 5)。但监测的所有田间种群 (昌江、澄迈、临高、东方) 均对啶虫脒均已产生了中等水平抗性 (抗性倍数分别为 15.19、11.19、17.46、13.58 倍); 对阿维菌素均产生了低水平抗性 (抗性倍数分别为 9.06、8.95、13.35、6.57 倍); 另外, 东方种群对多杀菌素、吡虫啉, 以及临高种群对吡虫啉均产生了低水平抗性 (抗性倍数分别为 7.11、7.48、8.28 倍)。【结论】 因此, 建议在香蕉同一生长季节应避免重复使用或限用啶虫脒和阿维菌素, 应注意与其它药剂的混用、轮用, 以延缓香蕉黄胸蓟马抗药性的发展。

关键词 香蕉, 黄胸蓟马, 杀虫剂, 抗药性监测, 害虫治理

Monitoring insecticide resistance in field populations of *Thrips hawaiiensis* (Morgan) in Hainan

FU Bu-Li^{1,2**} LIU Jun-Feng¹ QIU Hai-Yan¹ TANG Liang-De¹
LIN Jun⁴ ZENG Dong-Qiang² XIE Yi-Xian¹ LIU Kui^{1,3***}

(1. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China;
2. Institute of Pesticide and Environment Toxicology, Guangxi University, Nanning 530005, China;
3. The Ministry of Agriculture Key Laboratory of Intergrated Pest Management of Tropical Crops, Haikou 571101, China;
4. Dow AgroSciences Co. Ltd. Shanghai Branch, Shanghai 201203, China)

Abstract [Objectives] To evaluate current levels of insecticide resistance in *Thrips hawaiiensis*, and provide information to improve the management of this pest. [Methods] The resistance of *T. hawaiiensis* collected from four populations on Hainan; Changjiang, Chengmai, Lingao and Dongfang, to ten insecticides was tested using the leaf-tube residual bioassay (TIBS) from 2013 to 2015. [Results] Although decreased susceptibility was observed in all four populations from 2013 to 2015, all four were still relatively sensitive to the most insecticides tested. All populations were sensitive to traditional insecticides, including emamectin-benzoate, chlorpyrifos and betacy permethrin, and novel insecticides such as spinetoram, cyantraniliprole, and spirotetramat (resistance ratios < 5). However, all four populations developed moderate resistance (resistance ratios of 15.19, 11.19, 17.46, 13.58 fold, respectively) to acetamiprid compared to a susceptible laboratory strain. All four populations had low resistance to abamectin (resistance ratios of 9.06, 8.95, 13.35, 6.57 fold, respectively). Moreover, the Dongfang population had

*资助项目 Supported projects: 海南省自然科学基金 (20153066); 中央级科研院所基本业务费项目 (NO.2015hzs1J027); 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-32-04)

**第一作者 First author, E-mail: fubuli@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: lk0750@163.com

收稿日期 Received: 2015-10-14, 接受日期 Accepted: 2015-12-28

low resistance to spinosad and imidacloprid (resistance ratios of 7.11, 7.48 fold, respectively), and the Lingao population also had low (8.28 fold) resistance to imidacloprid. **[Conclusion]** Excessive use of acetamiprid and abamectin should be avoided. To delay the development of insecticide resistance in *T. hawaiiensis*, insecticides should be used in rotation, and in combination, to control this pest.

Key words banana, *Thrips hawaiiensis*, insecticide resistance, monitoring, pest management

黄胸蓟马 *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae) 隶属于缨翅目锯尾亚目蓟马科, 又名香蕉花蓟马、夏威夷蓟马 (Ostmark, 1974; 蔡云鹏等, 1992), 是一种重要的栖花害虫。因该虫具有较强的扩散能力、适生性和繁殖力, 是一种潜在的危险性害虫 (Murai, 2001)。黄胸蓟马起源于环太平洋地区, 主要分布于亚洲热带、亚热带和北美南部, 近年在欧洲一些国家已有记录 (Reynaud and Balmes, 2008; Goldarazena, 2011)。在我国主要分布于海南、广西、广东、云南、福建和台湾等省区, 是香蕉、芒果及众多蔬菜等作物上的常见害虫 (曾鑫年和林进添, 1998; 林明光等, 2009; 郭志祥等, 2012)。该虫在蕉园中以香蕉花花蕾为活动中心, 在香蕉抽蕾后由外界聚集扩散至花苞, 短时期内蓟马数量迅速增加。该虫主要以雌成虫产卵于幼嫩的花蕾和果实内为害, 卵周围的植物组织细胞因受刺激, 生长异常而膨大突起, 受害的香蕉果实表现为果皮组织增生、木栓化, 后期呈突起小黑斑 (黑点), 严重时影响果实外观品质, 降低果品的经济价值 (蔡云鹏等, 1992; 曾鑫年和林进添, 1998; 付步礼等, 2014a, 2014b; 张帆等, 2014)。

目前香蕉黄胸蓟马的防治主要依靠化学防治。但因长期以来, 农业生产中化学药剂的滥用; 加之该虫具有世代重叠、周期短、繁殖力强和为害具隐匿性等特点 (Murai, 2001; 付步礼等, 2014a, 2014b; 张帆等, 2014), 所以, 香蕉黄胸蓟马田间种群的潜在抗药性风险极大。然而, 国内外至今尚无香蕉黄胸蓟马抗药性方面的研究报道。海南省是全国优质香蕉生产基地, 黄胸蓟马近年常暴发为害, 已严重影响香蕉产业。笔者走访了解到, 许多香蕉种植区长期、频繁地施用单一化学药剂防治香蕉黄胸蓟马。这势必促进

该虫抗药性的发展与发生。为明确目前海南香蕉黄胸蓟马田间种群对传统化学药剂及新型杀虫剂的抗药性水平, 我们分别在 2013、2015 年监测了海南 4 个香蕉主要种植区的香蕉黄胸蓟马对 10 种不同杀虫剂的抗性现状, 旨在为利用化学药剂更科学合理地防治该虫提供参考和指导意义。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

敏感品系: 虫源于 2011 年采自海南省儋州市宝岛新村, 采集地为农户自种自给的蕉园, 园内没有喷施任何杀虫剂。在实验室以香蕉花瓣进行继代饲养, 将田间采集试虫, 在室内挑选雌雄成虫各 20 头左右至一塑料管 (TK943-Y, 50 mL), 并放入 3 个新鲜幼嫩香蕉花瓣供其取食和产卵, 用棉花团封口。每隔 3 d 将虫转移至另一管, 继续放入新鲜香蕉花瓣。旧管中的花瓣继续培养, 直至成虫出现。每隔 3 d 更换食物。如此重复, 在不接触任何杀虫剂饲养至今, 建立起室内敏感种群。试虫饲养环境为: PYX-400Q-A 人工气候培养箱, 条件控制温度为 $(26 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 光周期为 16 L: 8 D, 光照强度为 3 500 lx, 相对湿度 $75\% \pm 2\%$ 。

田间种群: 虫源采自海南的主要香蕉种植市县, 包括: 昌江、澄迈、临高和东方 4 个地区, 栽培作物为巴西蕉 *Musa formosana* 和贡蕉 *Musa acuminnata*。将田间采集的香蕉黄胸蓟马种群, 分别在室内进行大批量饲养, 选取生长一致的子代 2 龄若虫进行试验。分别在 2013、2015 年进行香蕉黄胸蓟马田间种群的抗药性监测。

1.2 供试药剂

供试药剂包括新型杀虫剂及传统药剂, 共 10 种药剂, 相关信息见表 1。

表 1 供试药剂信息
Table 1 Insecticides information

杀虫剂 Insecticides	含量/剂型 Content/Formulations	生产厂家 Manufacturers	类型 Types
溴氰虫酰胺 Cyantraniliprole	10%油悬浮剂 10% OD	美国杜邦 DUPONT	新型苯甲酰胺类 Benzamides
乙基多杀菌素 Spinetoram	60 g/L 悬浮剂 60 g/L SC	美国陶农 DOW AgroSciences	大环内酯类 Macrocylic lactones
螺虫乙酯 Spirotetramat	240 g/L 悬浮剂 240 g/L SC	德国拜耳 BAYER	季酮酸类 Tetrionic acids
多杀菌素 Spinosad	2.5%悬浮剂 2.5% SC	美国陶农 DOW AgroSciences	大环内酯类 Macrocylic lactones
阿维菌素 Abamectin	6%微乳剂 6% ME	海南博士威 BOSSWELL	大环内酯类 Macrocylic lactones
啶虫脒 Acetamiprid	5%乳油 5% EC	海南正业 ZYZN	新烟碱类 Neonicotinoids
吡虫啉 Imidacloprid	45%微乳剂 45% ME	海南正业 ZYZN	新烟碱类 Neonicotinoids
毒死蜱 Chlorpyrifos	48%乳油 48% EC	美国陶农 DOW AgroSciences	有机磷类 Organophosphate
甲维盐 Emamectin benzoate	5%微乳剂 5% ME	海南博士威 BOSSWELL	抗生素类 Antibacterial
高效氯氟菊酯 Betacy permethrin	15%微乳剂 15% ME	海南博士威 BOSSWELL	拟除虫菊酯类 Synthetic pyrethroids

1.3 生物测定方法

参考 Alfredo 和 Anthon (2003) 的 TIBS 法, 经适当修改建立叶管药膜法(付步礼等, 2014)。先将杀虫剂用足量丙酮溶解配成母液, 再用清水稀释至若干浓度梯度, 保证已配好药液为透明、分散均匀的药液。在配制好药液后, 首先制作离心管药膜(管壁扎有若干细孔), 取 1mL 药液加入管内, 来回摇动直至药液在管内着药均匀, 将多余药液倾出, 室内自然晾干。再用相同的药液浓度浸渍香蕉花花瓣, 待到药膜和浸药花瓣晾干后, 将带药花瓣放入药膜管内, 组成叶管药膜。最后, 接入参试试虫 30 头, 并培养观察, 48 h 后检查试虫的存活情况, 以细毛笔轻触不动为死亡。以水膜管和浸清水的香蕉花花瓣作为对照组, 每浓度处理 4 次重复。对照组死亡率 < 10% 为有效试验。

1.4 数据分析

根据香蕉黄胸蓟马虫体存活情况, 计算死亡率和校正死亡率, 并用 EXCEL 办公软件和 DPS 专业软件进行数据处理, 求得毒力回归方程、 LC_{50} 值、标准误 (SE)、95% 置信区间 (95% CI)、相关系数 (R) 和相对毒力指数 (TI)。

相对毒力指数 (TI) = (参试药剂最大的 LC_{50} / 其余供试药剂的 LC_{50}) × 100;

抗性倍数 (RR) = 田间地区种群的 LC_{50} 值 / 敏感品系的 LC_{50} 值。

2 结果与分析

2.1 敏感基线的建立

从表 2 的结果可以看出, 供试 10 种杀虫剂对香蕉黄胸蓟马敏感品系均具有较高的毒力。其中, 以乙基多杀菌素对香蕉黄胸蓟马敏感品系的 LC_{50} 最小, 为 0.11 mg/L, 表明其毒力最高, 而高效氯氟菊酯的 LC_{50} 最大, 为 4.89 mg/L, 表明其毒力最小。从相对毒力指数, 可以看出供试杀虫剂对香蕉黄胸蓟马敏感品系的毒力大小顺序为: 乙基多杀菌素 (0.11 mg/L) > 多杀菌素 (0.17 mg/L) > 溴氰虫酰胺 (0.23 mg/L) > 啶虫脒 (0.26 mg/L) > 甲维盐 (0.34 mg/L) > 螺虫乙酯 (0.43 mg/L) > 阿维菌素 (0.65 mg/L) > 毒死蜱 (1.22 mg/L) > 吡虫啉 (3.84 mg/L) > 高效氯氟菊酯 (4.89 mg/L)。

2.2 2013 年监测结果

从表 3 的结果中可以看出, 相比敏感种群, 2013 年所监测的香蕉黄胸蓟马 4 地 (昌江、澄迈、临高、东方) 田间种群对 10 种供试杀虫剂的敏感性均有不同程度的下降, 但对大多数药剂包括新型杀虫剂中的乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺和螺虫乙酯, 以及传统杀虫剂中的毒死蜱、甲维盐和高效氯氟菊酯仍处于敏感状态 (抗性倍数 < 5)。然而, 4 个田间种群对啶虫脒的抗性倍数达到 9.73~11.73 之间, 表明这些田间种群对啶虫

表 2 不同杀虫剂对香蕉黄胸蓟马敏感品系的敏感基线
 Table 2 Sensitivity of *Thrips hawaiiensis* reference strain to ten insecticides

杀虫剂 Insecticides	斜率±SE Slope±SE	LC ₅₀ 95%置信区间 95% CL (mg/L)	相关系数 R	相对毒力指数 TI
乙基多杀菌素 Spinetoram	1.1065±0.02	0.11 (0.08-0.16)	0.9868	100
溴氰虫酰胺 Cyantraniliprole	0.9053±0.05	0.23 (0.15-0.34)	0.9865	209
螺虫乙酯 Spirotetramat	1.1225±0.08	0.43 (0.30-0.61)	0.9771	391
多杀菌素 Spinosad	1.0172±0.03	0.17 (0.11-0.24)	0.9684	155
阿维菌素 Abamectin	0.9784±0.13	0.65 (0.44-0.97)	0.9558	591
啶虫脒 Acetamiprid	1.1913±0.05	0.26 (0.18-0.36)	0.9778	236
吡虫啉 Imidacloprid	2.0299±0.38	3.84 (3.17-4.65)	0.9904	3 491
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.0150±0.13	1.22 (1.00-1.50)	0.9804	1 109
甲维盐 Emamectin-benzoate	1.0095±0.06	0.34 (0.23-0.49)	0.9751	309
高效氯氟菊酯 Beta-cypermethrin	2.3751±0.42	4.89 (4.13-5.79)	0.9913	4 445

表 3 海南省 4 个地区香蕉黄胸蓟马田间种群对 10 种杀虫剂的抗药性水平 (2013)
 Table 3 Resistance of four field populations of *Thrips hawaiiensis* to ten insecticides in Hainan in 2013

杀虫剂 Insecticides	种群 Populations	斜率±SE Slope±SE	LC ₅₀ 95%置信区间 95% CL (mg/L)	相关系数 R	抗性倍数 RR
乙基多杀菌素 Spinetoram	昌江 CJ	1.1404±0.05	0.28 (0.20-0.40)	0.9822	2.55
	澄迈 CM	1.2574±0.03	0.20 (0.15-0.28)	0.9889	1.82
	临高 LG	1.1921±0.05	0.31 (0.22-0.42)	0.9989	2.82
	东方 DF	1.3407±0.02	0.15 (0.11-0.21)	0.9779	1.36
溴氰虫酰胺 Cyantraniliprole	昌江 CJ	1.4302±0.06	0.36 (0.26-0.50)	0.9999	1.57
	澄迈 CM	1.0485±0.07	0.29 (0.19-0.46)	0.9963	1.26
	临高 LG	1.6897±0.06	0.51 (0.39-0.65)	0.9977	2.22
	东方 DF	1.4168±0.07	0.53 (0.40-0.70)	0.9994	2.30
螺虫乙酯 Spirotetramat	昌江 CJ	1.7729±0.05	0.42 (0.33-0.52)	0.9913	0.98
	澄迈 CM	1.7427±0.05	0.50 (0.40-0.62)	0.9938	1.16
	临高 LG	1.6212±0.06	0.47 (0.37-0.59)	0.9655	1.09
	东方 DF	2.1560±0.05	0.58 (0.49-0.69)	0.9758	1.35
多杀菌素 Spinosad	昌江 CJ	2.1583±0.05	0.56 (0.46-0.66)	0.9393	3.29
	澄迈 CM	1.5953±0.07	0.64 (0.51-0.81)	0.9642	3.76
	临高 LG	2.0205±0.05	0.53 (0.44-0.64)	0.9620	3.12
	东方 DF	1.2002±0.21	1.14 (0.80-1.63)	0.9593	6.71
阿维菌素 Abamectin	昌江 CJ	1.6594±0.48	3.76 (2.92-4.84)	0.9992	5.78
	澄迈 CM	1.1382±0.78	4.21 (2.93-6.06)	0.9934	6.48
	临高 LG	1.4561±0.87	5.18 (3.73-7.20)	0.9953	7.97
	东方 DF	1.7761±0.33	2.92 (2.34-3.64)	0.9847	4.49
啶虫脒 Acetamiprid	昌江 CJ	1.7292±0.46	3.39 (2.60-4.41)	0.9864	13.04
	澄迈 CM	1.8755±0.27	2.53 (2.06-3.13)	0.9350	9.73
	临高 LG	2.0955±0.30	2.86 (2.34-3.51)	0.9835	11.00
	东方 DF	1.3445±0.47	3.05 (2.25-4.13)	0.9855	11.73

续表 3 (Table 3 continued)

杀虫剂 Insecticides	种群 Populations	斜率±SE Slope±SE	LC ₅₀ 95%置信区间 95% CL (mg/L)	相关系数 R	抗性倍数 RR
吡虫啉 Imidacloprid	昌江 CJ	1.4129±1.99	13.65 (10.25-18.17)	0.9593	3.55
	澄迈 CM	1.1549±2.11	12.69 (9.16-17.58)	0.9699	3.30
	临高 LG	1.1341±5.16	23.49 (15.28-36.13)	0.9608	6.12
	东方 DF	1.1647±5.88	25.96 (16.05-40.47)	0.9728	6.76
毒死蜱 Chlorpyrifos	昌江 CJ	2.3433±0.14	1.69 (1.44-1.98)	0.9601	1.39
	澄迈 CM	2.4788±0.15	1.87 (1.60-2.18)	0.9708	1.53
	临高 LG	2.3418±0.18	2.19 (1.86-2.57)	0.9943	1.80
	东方 DF	2.3052±0.14	1.64 (1.40-1.94)	0.9789	1.34
甲维盐 Emamectin-benzoate	昌江 CJ	0.9758±0.09	0.45 (0.30-0.68)	0.9576	1.32
	澄迈 CM	0.9036±0.08	0.39 (0.26-0.60)	0.9667	1.15
	临高 LG	0.7117±0.10	0.43 (0.26-0.72)	0.9821	1.26
	东方 DF	0.7719±0.09	0.37 (0.23-0.59)	0.9964	1.09
高效氯氟菊酯 Betacy-permethrin	昌江 CJ	1.6660±1.13	10.26 (8.26-12.74)	0.9943	2.10
	澄迈 CM	2.0378±1.04	10.89 (9.03-13.14)	0.9724	2.23
	临高 LG	2.0445±1.11	11.53 (9.56-13.92)	0.9915	2.36
	东方 DF	2.0530±0.87	9.30 (7.74-11.17)	0.9991	1.90

CJ、CM、LG、DF 分别代表香蕉黄胸蓟马昌江、澄迈、临高、东方种群。下表同。

CJ, CM, LG, DF indicate *Thrips hawaiiensis* populations of Changjiang, Chengmai, Lingao, Dongfang. The same below.

脒已产生了低水平抗性; 4 地香蕉花田间种群对阿维菌素已经产生低水平抗性 (抗性倍数 4.49~7.97); 东方种群对多杀菌素的抗性倍数达 6.71, 临高和东方种群对吡虫啉的抗性水平分别达 6.12 倍、6.76 倍, 表明均已产生低水平抗性。

2.3 2015 年监测结果

与 2013 年相比, 所测定的 4 个种群香蕉花蓟对 10 种杀虫剂的抗性水平均有不同程度的下降 (表 4)。所监测的 4 地田间种群对啶虫脒的抗性均已超过 10 倍, 表明已达到中等水平的抗性, 其中以临高种群的抗性最强, 为 17.46 倍。4 个种群对阿维菌素的抗性介于 6.57~13.35 倍, 其中以临高种群的抗性倍数最大, 为 13.35 倍; 东方种群对多杀菌素的抗性倍数为 7.11 倍, 临高和东方种群对吡虫啉的抗性倍数分别为 8.28 倍和 7.48 倍, 均为低水平抗性。所监测的 4 地田间种群对高效氯氟菊酯处于敏感性下降阶段,

对毒死蜱和甲维盐仍保持较敏感的现状。临高种群对新型杀虫剂乙基多杀菌素已产生了 4.09 倍的抗性水平, 其余种群对该药剂均保持较敏感的状态; 4 个田间种群对新型杀虫剂溴氰虫酰胺和螺虫乙酯仍保持较高的敏感性。

3 讨论

香蕉是全球四大主栽作物之一, 是深受人们喜爱的果品。海南是全国重要的优质香蕉生产基地, 然而香蕉黄胸蓟马近年时常在蕉园内为害, 严重暴发时导致田间防治面临难题, 影响香蕉产业健康发展。抗药性一直是农业生产中无法避免的难题, 抗药性研究也一直是植保研究的重点。本论文首次对香蕉黄胸蓟马的抗药性进行研究报告, 以期运用化学药剂更科学合理地防治该虫提供参考和指导意义, 促进香蕉产业发展。

本研究在室内测定了海南香蕉黄胸蓟马田间种群对 10 种杀虫剂的抗药性水平年度变化。

表 4 海南省 4 个地区香蕉黄胸蓟马田间种群对 10 种杀虫剂的抗药性水平 (2015)
 Table 4 Resistance level of four field population of *Thrips hawaiiensis* to ten insecticides in Hainan in the year of 2015

杀虫剂 Insecticides	种群 Populations	斜率±SE Slope±SE	LC ₅₀ 95%置信区间 95% CL (mg/L)	相关系数 R	抗性倍数 RR
乙基多杀菌素 Spinetoram	昌江 CJ	1.1381±0.04	0.32 (0.25-0.42)	0.9836	2.91
	澄迈 CM	1.4865±0.03	0.25 (0.19-0.33)	0.9771	2.27
	临高 LG	1.2496±0.07	0.45 (0.34-0.61)	0.9837	4.09
	东方 DF	1.1295±0.03	0.12 (0.08-0.18)	0.9912	1.01
溴氰虫酰胺 Cyantraniliprole	昌江 CJ	1.1936±0.07	0.43 (0.32-0.58)	0.9689	1.87
	澄迈 CM	1.3131±0.04	0.31 (0.24-0.41)	0.9651	1.35
	临高 LG	0.9523±0.11	0.54 (0.37-0.79)	0.9952	2.35
螺虫乙酯 Spirotetramat	东方 DF	1.1328±0.11	0.60 (0.43-0.85)	0.9963	2.61
	昌江 CJ	1.2609±0.06	0.43 (0.32-0.57)	0.9925	1.00
	澄迈 CM	0.9151±0.10	0.51 (0.35-0.76)	0.9594	1.12
多杀菌素 Spinosad	临高 LG	0.8702±0.16	0.71 (0.45-1.12)	0.9882	1.65
	东方 DF	0.9684±0.13	0.63 (0.42-0.94)	0.9510	1.47
	昌江 CJ	0.9809±0.18	0.79 (0.50-1.24)	0.9751	4.65
阿维菌素 Abamectin	澄迈 CM	1.1287±0.16	0.83 (0.56-1.22)	0.9680	4.88
	临高 LG	1.0909±0.17	0.82 (0.55-1.22)	0.9694	4.82
	东方 DF	1.0105±0.31	1.21 (0.74-1.98)	0.9899	7.11
啶虫脒 Acetamiprid	昌江 CJ	1.4422±0.76	5.89 (4.57-7.58)	0.9958	9.06
	澄迈 CM	1.1796±0.89	5.82 (4.31-7.86)	0.9969	8.95
	临高 LG	1.0644±1.69	8.68 (5.93-12.72)	0.9992	13.35
	东方 DF	1.2810±0.59	4.27 (3.25-5.61)	0.9922	6.57
吡虫啉 Imidacloprid	昌江 CJ	1.2445±0.57	3.95 (2.98-5.23)	0.9868	15.19
	澄迈 CM	1.2174±0.46	2.91 (2.13-3.97)	0.9930	11.19
	临高 LG	1.2473±0.64	4.51 (3.41-5.95)	0.9994	17.46
	东方 DF	1.3632±0.48	3.53 (2.70-4.60)	0.9776	13.58
毒死蜱 Chlorpyrifos	昌江 LJ	1.5084±1.94	15.82 (12.43-20.13)	0.9852	4.12
	澄迈 CM	1.3256±1.92	12.99 (9.73-17.35)	0.9966	3.38
	临高 LG	1.8624±3.62	31.81 (25.44-39.77)	0.9890	8.28
	东方 DF	1.7387±3.29	28.71 (22.94-35.93)	0.9902	7.48
甲维盐 Emamectin-benzoate	昌江 CJ	1.3231±0.47	2.39 (1.62-3.52)	0.9670	1.96
	澄迈 CM	1.2786±0.49	2.42 (1.62-3.61)	0.9817	1.98
	临高 LG	1.0439±1.03	3.57 (2.03-6.30)	0.9725	2.92
	东方 DF	1.2964±0.36	1.95 (1.36-2.79)	0.9723	1.60
高效氯氟菊酯 Betacy-permethrin	昌江 CJ	2.1313±0.06	0.65 (0.54-0.79)	0.9968	1.91
	澄迈 CM	1.5492±0.06	0.53 (0.42-0.68)	0.9964	1.56
	临高 LG	1.5485±0.06	0.48 (0.38-0.60)	0.9837	1.41
	东方 DF	1.6762±0.05	0.45 (0.36-0.55)	0.9948	1.32
高效氯氟菊酯 Betacy-permethrin	昌江 CJ	1.4464±2.15	17.21 (13.47-21.99)	0.9980	3.52
	澄迈 CM	2.0281±1.66	17.58 (14.61-21.14)	0.9997	3.60
	临高 LG	2.2310±1.82	20.86 (17.59-24.75)	0.9895	4.27
	东方 DF	2.0377±1.34	12.50 (10.12-15.43)	0.9927	2.56

结果表明,从 2013 年至 2015 年,总体上香蕉花蓟马田间种群对大多数杀虫剂的敏感性均有不同程度的下降,但仍处于敏感状态。香蕉黄胸蓟马田间种群对传统药剂甲维盐、毒死蜱和高效氯氟菊酯对仍具有较高的敏感性,这可能与以上药剂在该虫上的抗性风险低相关,但其抗性风险评估仍需进一步研究确定。另外,我们在田间了解到,甲维盐和高效氯氟菊酯较少用于田间防治香蕉黄胸蓟马,所以无法形成抗性选择。最后,这可能与寄主转移相关,寄主转移与抗药性的相关性研究在西花蓟马上已有报道 (Jensen, 2000; Bielza et al., 2007, 2008; 王泽华等, 2011)。综合两年监测结果,香蕉黄胸蓟马田间种群对新型杀虫剂乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺和螺虫乙酯处于较敏感的状态。以上这些药剂均可推荐用于香蕉黄胸蓟马的田间防治,特别是新型杀虫剂乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺和螺虫乙酯因其作用机理新颖独特,可优先推荐,田间防治时应注意药剂间轮用与混用。然而,新型杀虫剂在香蕉黄胸蓟马上的抗性风险评估及抗性机理仍需进一步研究。

本研究结果同时表明,监测的所有田间种群(昌江、澄迈、临高、东方)对啶虫脒均已产生了低偏中的抗性水平,对阿维菌素均有产生低水平抗性的趋势,另外,东方种群对多杀菌素、吡虫啉,以及临高种群对吡虫啉均有低水平抗性发展的趋势。长期以来,啶虫脒、阿维菌素和多杀菌素是防治蓟马类害虫的常规药剂,至今仍被普遍使用。香蕉黄胸蓟马对这些药剂产生了一定水平的抗性,这与以上监测地区是海南香蕉的主要种植区,用药相对频繁相关。我们在田间走访了解到,在临高香蕉产区在花期几乎每天都要施药防治蓟马,如此高频率的用药水平势必促进了当地种群对一些杀虫剂的抗性。本研究结果证实这一点,临高种群对啶虫脒、阿维菌素和吡虫啉均具有较高的抗性倍数。因此,在田间生产防治中,应避免以上单一药剂在一个作物生长季节的频繁使用,以延缓香蕉黄胸蓟马抗药性的发展与发生。另外,有必要进一步深入开展以上药剂在香蕉黄胸蓟马上的抗性机理或交互抗性的研究。

综上所述,在田间生产中,关于香蕉黄胸蓟马的防治和抗性治理我们提出以下建议:(1)把握好防治时期,提前施药,香蕉花刚抽花蕾时即用药;(2)选择好杀虫剂,科学合理用药。因香蕉黄胸蓟马几乎一生具有隐匿性,需选择一些内吸性较强的杀虫剂,如:乙基多杀菌素、溴氰虫酰胺、吡虫啉等,多样化施药方式如:喷雾法、灌根法、注射法等,以及结合农业防治、物理防治和生物防治进行综合防治;(3)进行长期的抗药性监测,确定当地抗性水平,以制定实际的用药方案;(4)杀虫剂的限用、混用与轮用。对于已具有一定抗性水平的杀虫剂需减少使用,具有增效作用不同机理杀虫剂间的混用,根据施药次数以制定药剂间的轮用情况,避免同一生长季节重复使用单一药剂;(5)新型农药的创制与研发,以及深入开展抗药性机理研究。

参考文献(References)

- Alfredo R, Anthony MS, 2003. Development of a bioassay system for monitoring susceptibility in *Thrips tabaci*. *Pest Management Science*, 59(5): 553-558.
- Bielza P, Quinto V, Fern'andez E, 2007. Genetics of spinosad resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 100 (3): 916-920.
- Bielza P, 2008. Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science*, 64(11): 1131-1138.
- Cai YP, Huang MD, Chen XP, 1992. Occurrence and damage of *Thrips hawaiiensis* in banana orchards. *Chinese Journal of Entomology*, 12(4): 231-237.[蔡云鹏, 黄明道, 陈新评, 1992. 香蕉园内花蓟马之发生及其为害. *中华昆虫*, 12(4): 231-237.]
- Fu BL, Zeng DQ, Liu K, Xie YX, Qiu HY, Tang LD, 2014a. Advance in insecticide resistance of Thripidae in Thysanoptera. *Journal of Agriculture*, 4(3): 28-34.[付步礼, 曾东强, 刘奎, 谢艺贤, 邱海燕, 唐良德, 2014. 蓟马类害虫抗药性研究进展. *农学学报*, 4(3): 28-34.]
- Fu BL, Zeng DQ, Liu K, Qiu Haiyan, Tang LD, Xie YX, 2014b. Effect of three bioassay methods on toxicity of insecticides against larvae of *Thrips hawaiiensis*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 30(13): 309-312.[付步礼, 曾东强, 刘奎, 邱海燕, 唐良德, 谢艺贤, 2014. 3 种种生物测定方法对香蕉花蓟马毒力测定的影响. *中国农学通报*, 30(13): 309-312.]
- Goldarazena A, 2011. First record of *Thrips hawaiiensis* (Morgan,

- 1913) (Thysanoptera: Thripidae) an Asian pest thrips in Spain. *Journal Compilation a 2011 OEPP/EPPO*, 41(2): 170–173.
- Guo ZX, Zeng L, Fan HC, Yang PW, Tang ZM, Bai JH, Guo BX, Duan C, 2012. Investigation on the species of insect pest and their damages in Yunnan Province. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 32(10): 42–45. [郭志祥, 曾莉, 番华彩, 杨佩文, 唐志敏, 石兆云, 白建华, 郭保兴, 段超, 2012. 云南香蕉害虫种类及发生危害调查. *热带农业科学*, 32(10): 42–45.]
- Jensen SE, 2000. Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Ph.D. thesis, Roskilde: Roskilde University.
- Lin MG, Liu FX, Peng ZQ, Li WD, Xu W, Wang XJ, 2009. Survey and identification of pest insects on banana crop in Hainan. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 22(6): 1619–1622. [林明光, 刘福秀, 彭正强, 李伟东, 徐卫, 汪兴鉴, 2009. 海南省香蕉作物害虫调查与鉴定. *西南农业大学学报*, 22(6): 1619–1622.]
- Murai T, 2001. Development and reproductive capacity of *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) and its potential as a major pest. *Bulletin of Entomological Research*, 91(3): 193–198.
- Ostmark HE, 1974. Economic insect pests of banana. *Annual Review of Entomology*, 19: 161–176.
- Reynaud PV, Balmes JP, 2008. *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae) an Asian pest thrips now established in Europe. *Journal Compilation a 2008 OEPP/EPPO*, 38(1): 155–160.
- Wang ZH, Hou WJ, Hao CY, Wu QJ, Xu BY, Zhang YJ, 2011. Monitoring the insecticide resistance of the field populations of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in Beijing area. *Journal of Applied Entomology*, 48(3): 542–547. [王泽华, 侯文杰, 郝晨彦, 吴青君, 徐宝云, 张友军, 2011. 北京地区西花蓟马田间种群的抗药性监测. *应用昆虫学报*, 48(3): 542–547.]
- Zeng XN, Lin JT, 1998. Hazards and prevention of *Thrips hawaiiensis*. *Plant Protection*, 24(6): 15–17. [曾鑫年, 林进添, 1998. 黄胸蓟马对香蕉的危害及其防治. *植物保护*, 24(6): 15–17.]
- Zhang F, Fu B L, Liu K, Qiu H Y, Wu Y, 2014. The effect of temperature on the development and survival of *Thrips hamaiensis* (Morgan). *Acta Ecologica Sinica*, 34(14): 3895–3899. [张帆, 付步礼, 刘奎, 邱海燕, 伍祎, 2014. 温度对香蕉花蓟马发育和存活的影响. *生态学报*, 34(14): 3895–3899.]