

福建省烟粉虱田间种群抗药性发展及其影响因素*

郑 宇¹ 赵建伟¹ 何玉仙^{1**} 黄 建² 翁启勇¹

(¹福建省农业科学院植物保护研究所, 福州 350013; ²福建农林大学植保学院, 福州 350003)

摘要 采用成虫浸叶生测法对福建省不同地区烟粉虱田间种群的抗药性发展进行监测。结果表明:福建各地烟粉虱田间种群对氯氟氰菊酯、甲氰菊酯、毒死蜱仍保持较高水平抗性,对灭多威的抗性水平较低,对阿维菌素未产生明显的抗药性;烟粉虱田间种群对烟碱类杀虫剂的抗性发展极为迅速,其中漳州种群对吡虫啉、噻虫嗪已由2005年的中等水平抗性(抗性倍数分别为23和25倍)发展为2009年的高水平抗性(抗性倍数分别为103和228倍),其他地区种群对吡虫啉、噻虫嗪也由2005年的低水平抗性(抗性倍数分别为1.5~3.3倍和1.7~5.5倍)发展为2009年的中等水平抗性(抗性倍数分别为23~33倍和29~49倍)。采用mtDNA CO I分子标记技术对福建省不同地区和寄主植物上采集的8个烟粉虱种群的生物型进行鉴定发现,采自漳州变叶木上的烟粉虱种群为本地土著种(未知生物型),其他7个采自大田蔬菜作物的烟粉虱种群均为B型。寄主植物和温度对烟粉虱种群的药剂敏感性影响有限,吡虫啉等烟碱类杀虫剂高强度使用是B型烟粉虱田间种群对该类型药剂迅速形成抗性的重要原因。

关键词 烟粉虱 抗药性监测 生物型 寄主植物 温度

文章编号 1001-9332(2012)01-0271-07 **中图分类号** S481.4 **文献标识码** A

Development of insecticide resistance and its effect factors in field population of *Bemisia tabaci* in Fujian Province, East China. ZHENG Yu¹, ZHAO Jian-wei¹, HE Yu-xian¹, HUANG jian², WENG Qi-yong¹ (¹Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; ²College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350003, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2012, 23(1): 271–277.

Abstract: The development of insecticide resistance in field populations of *Bemisia tabaci* from different regions of Fujian Province, China were monitored with adult leaf-dipping bioassay. Compared with bioassay data of 2005, all field populations tested in 2009 still had high levels of resistance to the lambda-cyhalothrin, fenpropathrin and chlorpyrifos, low levels of resistance to methomyl, and no resistance to abamectin. However, resistance to the neonicotinoids imidacloprid and thiamethoxam had increased from moderate levels (23 folds and 25 folds, respectively) in 2005 to high levels (103 folds and 228 folds, respectively) in 2009 in Zhangzhou population, and low levels (1.5–3.3 folds and 1.7–5.5 folds, respectively) in 2005 to moderate levels (23–33 folds and 29–49 folds, respectively) in 2009 for other populations. The biotype of eight *B. tabaci* populations collected from different regions and hosts were determined according to the mitochondria cytochrome oxidase I (mtCO I) sequence, and two different biotypes (B-biotype and indigenous whitefly) were detected. The samples collected from geographical regions and hosts showed a prevalence of the B-biotype, and indigenous whitefly (unknown biotype) existed only in croton of Zhangzhou. Host plants and temperature had limited effects on insecticide development in *B. tabaci*, while extensive and high frequent use of neonicotinoids could be the most important factors responsible for rapid development of insecticide resistance in field populations of B-biotype *B. tabaci*.

Key words: *Bemisia tabaci*; pesticide resistance monitoring; biotype; host plant; temperature.

* 公益性行业(农业)科研专项(200803005)、福建省科技重点项目(2008N0114)、福建省属公益类科研院所专项(2010R1026-1)和福建省财政专项-福建省农业科学院科技创新团队建设基金项目(STIF-Y07)资助。

** 通讯作者. E-mail: hyx163@yahoo.com.cn

2011-04-02 收稿, 2011-10-03 接受.

烟粉虱(*Bemisia tabaci*)广泛分布于全球除南极洲以外的各大洲,是热带、亚热带及相邻温带地区的一种重要害虫^[1]. 目前烟粉虱的防治措施仍然主要依靠杀虫剂的应用,然而,过度使用杀虫剂导致烟粉虱对许多常规杀虫剂迅速形成抗药性,对吡虫啉、噻虫嗪、蚊蝇醚等新型杀虫剂也产生不同程度的抗药性^[2-3]. 本课题组于2005年对福建省不同地区烟粉虱田间种群的抗药性进行监测,结果发现全省范围烟粉虱种群对有机磷、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯等常规杀虫剂普遍产生抗药性,而且除了漳州种群对吡虫啉产生中等抗性外,其他地区种群对烟碱类杀虫剂均未形成明显抗性^[4]. 但在随后3~4年,农业生产上普遍反映,吡虫啉等烟碱类杀虫剂对烟粉虱的防治效果明显下降,甚至在一些地区对烟粉虱失去防治效果. Wang等^[5]研究结果证实,福州种群已对吡虫啉和噻虫嗪产生中等水平抗性(抗性倍数分别为28和34倍),漳州种群已对吡虫啉产生高水平抗性(抗性倍数高达120倍). 上述研究结果说明,烟粉虱田间种群的抗药性发展不容忽视.

害虫抗药性是一种动态的,涉及生态学、生理生化及分子生物学等诸多学科领域的现象,其发生、发展受到众多因素的影响. 何玉仙等^[6-7]已对福建省不同地区烟粉虱田间种群对有机磷(毒死蜱、敌敌畏)和拟除虫菊酯类杀虫剂抗性的生化和分子机制进行研究,发现烟粉虱田间种群对拟除虫菊酯杀虫剂的高水平抗性除了多功能氧化酶和羧酸酯酶的解毒作用这一重要因素外,神经不敏感因子可能也起着重要作用,由变构引起的乙酰胆碱酯酶不敏感是烟粉虱田间种群对毒死蜱和敌敌畏产生抗性的重要原因. 本文通过烟粉虱田间种群的抗药性监测和生物型鉴定,并结合不同寄主和不同温度条件对烟粉虱药剂敏感性的影响研究,来了解和掌握烟粉虱田间种群的抗药性发展情况,并从生态学角度探讨影响烟粉虱抗药性发展的原因,为制定和实施烟粉虱抗药性治理提供依据.

1 材料与方法

1.1 供试虫源

从福建省不同地理区域和寄主上采集烟粉虱成虫,作为生物型鉴定和抗药性监测的供试虫源. 烟粉虱虫样采集时间、地点和寄主见表1. 其中,用于生物型鉴定的虫样于-20℃下用无水乙醇保存,用于抗药性测定的试虫在网室内无虫棉花苗上饲养1代,取混合日龄成虫进行毒力测定. 对照为国际公认

表1 烟粉虱供试虫源

Table 1 Source of *Bemisia tabaci*

种群名称 Population name	采集地点 Sampling location	寄主植物 Host plant	采集时间 Sampling date
LY *	龙岩市红坊镇 Hongfang Town, Longyan City	黄瓜 Cucumber	2009-09-04
ZZ-1 *	漳州龙海市 Longhai County, Zhangzhou City	黄瓜 Cucumber	2009-09-03
ZZ-2	漳州龙海市 Longhai County, Zhangzhou City	变叶木 Croton	2009-09-02
PT	莆田市黄石镇 Huangshi Town, Putian City	冬瓜 Chinese water-melon	2009-09-04
NP	南平市沙溪口 Shaxikou of Nanping City	黄瓜 Cucumber	2009-09-01
SM *	三明市洋溪镇 Yangxi Town, Sanming City	茄子 Eggplant	2009-09-01
FZ *	福州市新店镇 Xindian Town, Fuzhou City	黄瓜 Cucumber	2009-09-07
ND	宁德市六都镇 Liudu Town, Ningde City	黄瓜 Cucumber	2009-09-06

* 抗药性监测种群 Sample population used for resistance monitoring.

的标准敏感品系SUD-S品系,由南京农业大学植保学院吴益东教授从英国引进并提供.

1.2 供试寄主植物

黄瓜(*Cucumis sativus*)、茄子(*Solanum melongena*)、棉花(*Gossypium* sp.)的种子由福州永菜种子有限公司提供,甘薯(*Ipomoea batatas*)种苗由福建省农业科学院作物研究所薯类研究室提供. 不同寄主植物于试验前均在育苗室种植,常规水肥管理,全生育期不施农药.

1.3 供试药剂和试剂

供试药剂:毒死蜱(40%毒丝本乳油,上海惠光化学有限公司)、甲氰菊酯(20%灭扫利乳油,日本住友化学工业株式会社)、灭多威(90%快灵可湿性粉剂,江苏龙灯化学有限公司)、氯氟氰菊酯(2.5%功夫水乳剂,先正达作物保护有限公司)、吡虫啉(10%吡虫啉可湿性粉剂,沈阳化工研究院试验厂)、噻虫嗪(25%阿克泰水分散粒剂,先正达作物保护有限公司)、阿维菌素(1.8%爱诺虫清3号乳油,华北制药集团爱诺有限公司)

供试试剂:Taq酶、dNTP等生化试剂均为Takara产品,所用引物由上海生物工程技术有限公司(Sangon)合成.

1.4 抗性测定

测定方法参照何玉仙等^[8]的成虫浸叶生测法.

1.5 生物型鉴定

1.5.1 烟粉虱DNA提取、PCR扩增引物及琼脂糖凝胶电泳 烟粉虱DNA提取和PCR反应程序参照何玉仙等^[9]和Frohlich等^[10]的方法. 一对引物为(5'-TTBATTTCGGTCATCCAGAAGT-3')和(5'-CTG-

表 2 引用 mtDNA CO I 基因序列代号及 GenBank 编码
Table 2 Code for reference mtCO I sequences and the respective GenBank accession number

生物型 Biotype	来源地 Location	GenBank 编码 Genbank accession number
B	法国 France	AJ550173
Q	西班牙 Spain	AF164676
A	美国亚利桑那 Arizona, USA	AY057122
未知 Unknown	中国 China	AF342777

AATATCGAGGCATTCC-3'). PCR 产物以 1.2% 琼脂糖凝胶电泳分离.

1.5.2 序列测定与分析 在电泳中检测到目标片段后,用 Promega DNA 纯化系统进行 PCR 产物纯化. 纯化后的样品送至上海生物工程技术有限公司测序. 将测得的烟粉虱 mtDNA CO I 基因片段序列结果与 GenBank 中已知烟粉虱生物型的 CO I 基因片段序列(表 2)进行聚类分析,采用 CLUSTALX (2.0)进行对位排列,并用 MEGA 5.0 软件的算数平均法(UPGMA)构建系统树,分析烟粉虱种群间的遗传关系.

1.6 取食不同寄主植物的烟粉虱后代对杀虫药剂的敏感性测定

以室内棉花苗上长期饲养的 B 型烟粉虱种群为供试虫源,分别移至各供试寄主植物上,在网室笼罩下隔离饲养,待下一代成虫羽化时进行室内生物测定,比较在不同寄主植物上完成世代发育的烟粉虱后代成虫对杀虫药剂的敏感性差异. 测定方法参照何玉仙等^[8]的成虫浸叶生测法.

1.7 不同温度条件下烟粉虱对杀虫药剂的敏感性测定

以室内棉花苗上长期饲养的 B 型烟粉虱种群为供试虫源,分别在 20、27、34 ℃ 条件下,测定各供试药剂对供试烟粉虱成虫的毒力. 测定方法参照何玉仙等^[8]的成虫浸叶生测法.

1.8 数据处理

用 DPS 统计软件求出毒力回归方程的斜率、半致死浓度(LC_{50})及其 95% 置信限. 抗药性监测中的抗性倍数为各地区烟粉虱种群的 LC_{50} 值除以敏感毒力基线的 LC_{50} 值;寄主植物和温度对烟粉虱药剂敏感性的影响测定以 LD_{50} 值的 95% 置信区间是否重叠作为显著性差异的判断标准.

2 结果与分析

2.1 烟粉虱田间种群抗性发展动态监测

采用成虫浸叶生测法对福建省不同地区烟粉虱

田间种群的抗药性发展进行监测. 由表 3 可以看出,与 2005 年相比,2009 年福建省各地区烟粉虱田间种群对氯氟氰菊酯、甲氰菊酯和毒死蜱仍保持高水平抗性,但对氯氟氰菊酯和毒死蜱的抗性水平有所下降;对灭多威的抗性水平仍较低,对阿维菌素未产生明显的抗药性;各地区烟粉虱田间种群对烟碱类杀虫剂的抗性发展极为迅速,其中漳州种群对吡虫啉、噻虫嗪已由 2005 年的中等水平抗性(抗性倍数分别为 23 和 25 倍)发展为 2009 年的高水平抗性(抗性倍数分别为 103 和 228 倍),其他地区种群对吡虫啉、噻虫嗪也由 2005 年的低水平抗性(抗性倍数分别为 1.5~3.3 倍和 1.7~5.5 倍)发展为 2009 年的中等水平抗性(抗性倍数分别为 23~33 倍和 29~49 倍).

2.2 烟粉虱田间种群生物型分析

系统聚类图(图 1)结果显示,12 个不同地理的烟粉虱种群可分为 4 类,其中采自漳州龙海变叶木上的烟粉虱种群与 GenBank 中的中国未知生物型(unknown biotype, GenBank 编码为 AF342777)聚为一类,可能属于本地土著种;其他 6 个采自大田蔬菜作物的烟粉虱种群和法国 B 型聚为一类,属于 B 生物型;美国 A 型和西班牙 Q 型分别单独聚为一类.

2.3 不同寄主植物对烟粉虱药剂敏感性的影响

表 4、表 5 结果显示,在 4 种不同寄主植物上完成世代发育的烟粉虱后代成虫的药剂敏感性差异显著,其中茄子种群 F_1 代和 F_2 代对氯氟氰菊酯的敏感性与甘薯种群相比, LD_{50} 值分别相差 1.86 和 2.94 倍;茄子种群 F_1 代对毒死蜱的敏感性与黄瓜种群相比, LC_{50} 值相差 1.49 倍,甘薯、棉花和茄子种群 F_2 代对毒死蜱的敏感性与黄瓜种群相比, LC_{50} 值分别相差 2.10、1.82 和 1.67 倍. 表明寄主植物能显著影响烟粉虱对药剂的敏感性.

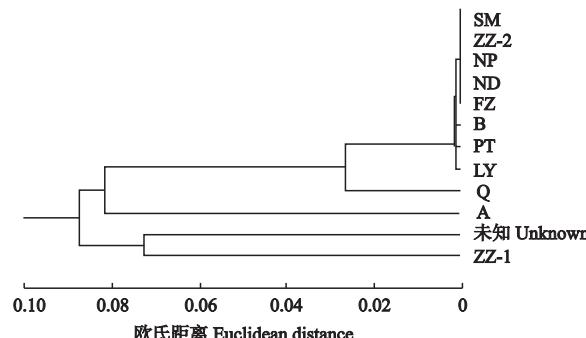


图 1 烟粉虱种群的系统遗传聚类树

Fig. 1 Phylogenetic tree for *Bemisia tabaci* populations.

表3 烟粉虱田间种群对杀虫剂的抗性监测

Table 3 Resistance in field populations of *Bemisia tabaci* to different insecticides

药剂 Insecticide	种群/品系 Population /strain	2005 *			2009		
		斜率 Slope (±SE)	LC ₅₀ (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)	抗性倍数 RF	斜率 Slope (±SE)	LC ₅₀ (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)	抗性倍数 RF
氯氟氰菊酯	SUD-S	1.77±0.16	1.10(0.86~1.34)				
Lambda-cyhalothrin	FZ	4.58±0.49	2461.8(1720.5~4727.6)	2238	1.87±0.25	688.6(511.2~876.7)	626
	LY	4.76±0.51	1981.0(1502.7~3110.6)	1801	1.73±0.20	1156.3(914.5~1622.5)	1051
	ZZ	5.35±0.54	2706.6(1757.3~6706.0)	2461	0.87±0.20	938.7(594.1~1499.6)	853
	SM	3.03±0.51	922.2(692.0~1314.6)	838	0.93±0.18	770.1(432.0~1253.7)	700
甲氰菊酯	SUD-S	1.92±0.19	4.92(4.16~5.88)				
Fenpropathrin	FZ	1.35±0.24	4104.7(3225.7~5277.5)	834	2.20±0.34	3969.6(3094.0~4766.6)	807
	LY	3.33±0.30	3864.4(3141.9~4767.5)	785	3.28±0.36	4028.2(3503.7~4540.7)	819
	ZZ	1.64±0.21	3035.8(2476.2~3710.4)	617	2.29±0.34	3870.9(3063.3~4597.5)	787
	SM	1.76±0.28	1203.6(615.1~1744.9)	245	2.16±0.29	4003.0(3234.6~4853.6)	814
毒死蜱	SUD-S	2.53±0.25	19.5(16.6~22.6)				
Chlorpyrifos	FZ	4.53±0.45	1483.8(1362.9~1611.1)	76	2.40±0.32	771.0(613.1~1014.1)	40
	LY	3.39±0.31	1491.9(1361.0~1647.5)	77	1.91±0.36	816.4(716.3~976.0)	42
	ZZ	3.38±0.36	1525.5(1375.0~1691.5)	78	3.43±0.44	804.1(655.2~919.6)	41
	SM	3.12±0.39	1060.7(893.4~1202.3)	55	2.06±0.28	1037.3(835.3~1123.5)	53
灭多威	SUD-S	2.13±0.20	313.6(267.3~375.2)				
Methomyl	FZ	3.00±0.29	1534.3(1364.3~1702.8)	4.9	3.34±0.62	2568.6(1904.1~4798.5)	8.2
	LY	2.64±0.35	1561.9(1297.4~1786.7)	5.0	1.20±0.35	3315.2(2075.4~9513.6)	11.0
	ZZ	3.37±0.43	1786.5(1434.5~2069.8)	5.7	3.85±0.58	1953.3(1496.7~2676.9)	6.2
	SM	2.54±0.37	1275.9(980.6~1510.7)	4.1	2.92±0.44	2103.9(1720.3~2789.7)	6.7
噻虫嗪	SUD-S	1.81±0.20	1.69(1.30~2.08)				
Thiamethoxam	FZ	1.30±0.14	9.21(7.26~11.7)	5.5	2.93±0.27	45.8(31.3~60.3)	27
	LY	0.98±0.12	6.70(4.85~8.91)	4.0	2.34±0.17	55.2(48.6~68.6)	33
	ZZ	1.56±0.24	41.6(29.8~51.8)	25.0	1.20±0.25	384.9(232.3~908.3)	228
	SM	1.31±0.15	2.79(1.83~3.79)	1.7	2.04±0.20	38.1(29.4~42.1)	23
吡虫啉	SUD-S	2.05±0.23	1.94(1.66~2.33)				
Imidacloprid	FZ	1.10±0.14	6.36(4.45~10.9)	3.3	2.29±0.20	55.4(50.6~67.8)	29
	LY	1.25±0.14	3.46(2.72~4.35)	1.8	2.51±0.26	55.6(49.6~68.2)	29
	ZZ	1.22±0.14	44.8(35.2~58.1)	23.0	1.50±0.22	198.9(137.1~397.0)	103
	SM	1.28±0.14	2.97(2.30~3.74)	1.5	1.43±0.18	95.8(68.2~122.1)	49
阿维菌素	SUD-S	2.39±0.23	0.04(0.04~0.05)				
Abamectin	FZ	1.91±0.20	0.06(0.05~0.07)	1.4	5.14±0.92	0.06(0.06~0.07)	1.4
	LY	2.31±0.24	0.06(0.05~0.07)	1.5	1.87±0.74	0.06(0.04~0.10)	1.3
	ZZ	1.78±0.18	0.06(0.05~0.07)	1.3	3.52±0.63	0.04(0.04~0.05)	1.0
	SM	2.10±0.24	0.07(0.06~0.08)	1.6	2.66±0.55	0.07(0.05~0.08)	1.5

* 2005 年的抗药性监测数据引用自何玉仙等^[4] Bioassay data in 2005 cited from He et al^[4]. FL: Fiducial limit; RF: Resistance factor. 下同 The same below.

表4 不同寄主植物上烟粉虱后代对氯氟氰菊酯的敏感性比较

Table 4 Susceptibility of F₁ and F₂ generations of *Bemisia tabaci* adults developed on different hosts to lambda-cyhalothrin

寄主植物 Host plant	F ₁ 代 F ₁ generation			F ₂ 代 F ₂ generation		
	斜率 Slope (±SE)	LC ₅₀ (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)	比值 Ratio	斜率 Slope (±SE)	LC ₅₀ (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)	比值 Ratio
棉花 Cotton	1.12±0.17	148.65(110.34~198.3)ab	1.43	1.49±0.18	150.74(107.94~192.79)b	1.37
黄瓜 Cucumber	1.46±0.23	190.21(144.75~260.08)a	1.83	1.81±0.19	121.63(98.69~146.44)b	1.11
茄子 Eggplant	1.74±0.20	192.46(148.65~236.98)a	1.86	1.76±0.23	322.39(254.56~410.12)a	2.94
甘薯 Sweet potato	1.44±0.21	103.74(73.68~135.99)b	1.00	1.29±0.20	109.63(62.66~155.29)b	1.00

不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05) Different small letters meant significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

表 5 不同寄主植物上烟粉虱后代对毒死蜱的敏感性变化

Table 5 Susceptibility of F₁ and F₂ generations of *Bemisia tabaci* developed on different hosts to chlorpyrifos

寄主植物 Host plant	F ₁ 代 F ₁ generation			F ₂ 代 F ₂ generation		
	斜率 Slope (±SE)	LC ₅₀ (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)	比值 Ratio	斜率 Slope (±SE)	LC ₅₀ (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)	比值 Ratio
棉花 Cotton	1.86±0.22	264.56(218.97~327.67)ab	1.49	2.35±0.22	178.96(152.33~208.60)a	1.82
茄子 Eggplant	2.90±0.36	264.92(228.29~319.63)a	1.49	2.23±0.22	164.30(136.22~195.20)a	1.67
甘薯 Sweet potato	2.26±0.21	186.29(157.25~225.74)b	1.05	2.22±0.23	206.83(171.28~245.77)a	2.10
黄瓜 Cucumber	1.58±0.17	177.53(143.83~225.66)b	1.0	1.31±0.19	98.30(65.39~129.80)b	1.0

表 6 不同温度条件下烟粉虱对毒死蜱、甲氰菊酯和吡虫啉的敏感性变化

Table 6 Susceptibility of *Bemisia tabaci* to chlorpyrifos, fenpropathrin and imidacloprid under different temperatures

杀虫剂 Insecticide	温度 Temper- ature (°C)	斜率 Slope (±SE)	LC ₅₀ (95% 置信限) LC ₅₀ (95% FL) (mg · L ⁻¹)	比值 Ratio
毒死蜱	20	2.12±0.19	785.40(683.68~913.47)a	2.76
Chlorpyrifos	27	2.94±0.29	381.58(318.96~437.47)b	1.34
	34	3.45±0.42	284.33(213.21~342.89)b	1.0
甲氰菊酯	20	1.11±0.13	2641.68(1962.99~3439.90)a	2.21
Fenpropathrin	27	1.16±0.13	1424.21(976.24~1890.04)b	1.19
	34	1.32±0.14	1193.09(804.74~1591.53)b	1.0
吡虫啉	20	0.81±0.13	23.21(17.06~34.81)a	2.50
Imidacloprid	27	1.26±0.17	13.60(12.19~20.56)ab	1.46
	34	2.09±0.36	9.29(3.15~16.16)b	1.0

2.4 温度对烟粉虱药剂敏感性的影响

表 6 结果显示,温度对烟粉虱种群药剂敏感性的影响作用明显。在 20~34 °C 范围内,随着温度的升高,烟粉虱对毒死蜱、甲氰菊酯和吡虫啉的敏感性均明显增强,34 °C 时烟粉虱对毒死蜱、甲氰菊酯和吡虫啉的敏感性分别是 20 °C 时的 2.76、2.21 和 2.49 倍。

3 讨 论

何玉仙等^[4]于 2005 年监测了福建省烟粉虱田间种群的抗药性,结果发现各地区烟粉虱田间种群对氯氟氰菊酯、甲氰菊酯、氯氰菊酯、溴氰菊酯、乙酰甲胺磷、毒死蜱均产生了高水平抗性;漳州种群对烟碱类杀虫剂产生了中等水平抗性,而其他地区种群对烟碱类杀虫剂的抗性水平均较低甚至不明显;各地区烟粉虱种群对阿维菌素未产生明显抗药性。本研究于 2009 年继续对各地区烟粉虱田间种群的抗药性进行监测,并与 2005 年的监测结果相比较,发现福建省各地区烟粉虱种群对吡虫啉、噻虫嗪等烟碱类杀虫剂的抗性发展极为迅速,其中漳州种群对吡虫啉、噻虫嗪的抗性已由 2005 年的中等水平抗性发展为 2009 年的高水平抗性,其他地区烟粉虱种群

对吡虫啉、噻虫嗪的抗性也由 2005 年的低水平抗性甚至抗性不明显发展为 2009 年的中等水平抗性,这与 Wang 等^[5]报道的福建漳州种群和福州种群对吡虫啉、噻虫嗪的抗药性监测结果基本一致;各地区烟粉虱种群对氯氟氰菊酯和毒死蜱的抗性水平有所下降,但仍维持较高水平抗性。

烟粉虱是一个不断进化的复合群体,包含 B 型和 Q 型等多种生物型^[11]。有研究证实,烟粉虱的抗药性与生物型之间存在某些联系,B 型烟粉虱对菊酯类杀虫剂表现出更强的抗药性^[12~14],西班牙和以色列的 Q 型烟粉虱对烟碱类杀虫剂已产生高水平抗性^[15~18]。Q 型烟粉虱最早发现在伊比利亚半岛^[19],随后传入意大利、摩洛哥^[2]、以色列^[20]、西班牙^[21]等地。我国 Q 型烟粉虱首次在云南省发现^[22],随后在北京、新疆、河南、浙江、江苏、广东、福建等地陆续发现了 Q 型烟粉虱的危害^[5,23],其可能来源为西班牙或其他相邻地区。Q 型烟粉虱对烟碱类杀虫剂的高水平抗性可能随着它的不断入侵而扩散。然而,本文的生物型鉴定结果表明,从福建省各地区大田蔬菜作物上采集并进行抗药性监测的烟粉虱种群均为 B 型,由此排除了 Q 型烟粉虱入侵引起烟粉虱田间种群对烟碱类杀虫剂抗性迅速发展的原因。尽管本研究结果中未发现 Q 型烟粉虱,但考虑到可能存在的 Q 型烟粉虱入侵初期在不同寄主、不同地理区域分布的不均匀性,不排除该生物型已经在福建的入侵和扩散。Wang 等^[5]报道,福建福州和漳州均已存在 Q 型烟粉虱。因此,很有必要进一步对福建省烟粉虱生物型进行全面的调查和监测,以便摸清 Q 型烟粉虱的入侵和扩散情况。

植食性昆虫对一些杀虫剂的敏感性可受到其寄主植物的影响,至今已发现以鳞翅目为主,包括同翅目、直翅目、鞘翅目和膜翅目及蝶类等在内的十几种主要农业害虫,在取食不同植物后,对不同类型杀虫剂的敏感性发生明显变化^[24],取食不同寄主植物的甜菜夜蛾对灭多威、溴氰菊酯的敏感性变化最大可达 17.3 和 44.9 倍^[25]。温度对昆虫抗药性的发展也

有很大的影响,高温处理导致灰飞虱对吡虫啉、毒死蜱和氟虫腈的抗性明显下降^[26],高温也导致马铃薯甲虫对菊酯类杀虫剂的敏感性明显增强^[27],但褐飞虱对氯氟菊酯和溴氰菊酯的敏感性却随着温度的升高而下降^[28].本研究发现,取食不同寄主植物的烟粉虱后代对氯氟菊酯和毒死蜱的敏感性差异明显;在20℃~34℃范围内,随着温度的升高,烟粉虱对吡虫啉、毒死蜱和甲氰菊酯的敏感性明显增强。表明寄主转换和温度变化均可引起烟粉虱抗药性变化,但这种影响作用难以引起烟粉虱田间种群对烟碱类杀虫剂几十、甚至上百倍的抗性发展。

烟粉虱的抗药性发展与药剂的选择压力相关,在烟粉虱发生危害较严重的地区,连续多次、高剂量使用1种或同类型杀虫剂很容易产生抗性,药剂选择压力一旦减轻或失去,其抗性水平将逐渐下降甚至恢复其敏感性.Omer等^[29]研究发现,烟粉虱对杀虫剂的敏感性在不同地域之间存在显著差异,这种差异主要是由于杀虫剂使用次数不同所致,杀虫剂使用频率和烟粉虱对杀虫剂的抗性呈正相关关系。20世纪90年代初,增效拟除虫菊酯特别是甲氰菊酯和乙酰甲胺磷混剂在美国许多棉区被广泛应用于防治棉花烟粉虱,结果导致烟粉虱种群对该杀虫剂的敏感性明显下降,而且对甲氰菊酯和乙酰甲胺磷混剂产生抗性的烟粉虱种群,对绝大多数其他拟除虫菊酯杀虫剂产生了交互抗性^[30].然而,自1996年开始以及此后的几年中,随着噻嗪酮和蚊蝇醚(又称吡丙醚)的替代使用,增效拟除虫菊酯的使用明显减少,使烟粉虱对增效拟除虫菊酯保持在一个相对敏感的水平^[2].在巴基斯坦,1992—1996年,烟粉虱田间种群对乐果、溴氰菊酯产生高水平抗性,1997—2000年,由于新型杀虫剂的替代使用,减少了常规杀虫剂在烟粉虱防治中的使用,烟粉虱对这些杀虫剂的抗性下降到较低水平^[31].吡虫啉等烟碱类杀虫剂是一类新的神经毒剂,具有优良的内吸性和较长的持效期,对刺吸性害虫(如烟粉虱)特别有效.Cahill等^[32]最先报道了西班牙南部Almeria地区烟粉虱种群对吡虫啉的抗药性,吡虫啉自1992年便在这一地区被广泛使用,经常是在作物生长前期进行根部淋灌或滴灌施药处理,随后又进行频繁的叶面喷施处理,吡虫啉在该地区的高强度使用是烟粉虱产生抗药性的重要原因。近年来,烟粉虱已成为福建省各地区蔬菜生产上的重要害虫,吡虫啉、噻虫嗪(商品名为阿克泰)等烟碱类杀虫剂因其对刺吸性害虫特别有效而一直被广泛用于防治烟粉虱,而

且经常由于虫情严重在一个生产季节内连续多次用药。

综上所述,吡虫啉等烟碱类杀虫剂的高强度使用是B型烟粉虱田间种群对该类型药剂迅速形成抗性的重要原因。烟粉虱田间种群对氯氟菊酯和毒死蜱的抗性下降可能与近年来吡虫啉等烟碱类杀虫剂的替代使用,从而使拟除虫菊酯和有机磷类杀虫剂的使用明显减少有关。

参考文献

- [1] Oliveira MRV, Henneberry TJ, Anderson P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 2001, **20**: 709–723
- [2] Palumbo JC, Horowitz AR, Prabhaker N. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 2001, **20**: 739–765
- [3] He Y-X (何玉仙), Huang J (黄建). Advance of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*. *Entomological Journal of East China* (华东昆虫学报), 2005, **14**(4): 336–342 (in Chinese)
- [4] He Y-X (何玉仙), Weng Q-Y (翁启勇), Huang J (黄建), et al. Insecticide resistance of *Bemisia tabaci* field populations. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2007, **18**(7): 1578–1582 (in Chinese)
- [5] Wang ZY, Yan HF, Yang YH, et al. Biotype and insecticide resistance status of the whitefly *Bemisia tabaci* from China. *Pest Management Science*, 2010, **66**: 1360–1366
- [6] He Y-X (何玉仙), Huang J (黄建), Yang X-J (杨秀娟), et al. Pyrethroid resistance mechanisms in *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2007, **50**(3): 241–247 (in Chinese)
- [7] He Y-X (何玉仙), Huang J (黄建), Weng Q-Y (翁启勇), et al. Biochemical mechanisms of resistance to chlorpyrifos and dichlorvos in field populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B-biotype. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2008, **51**(4): 384–389 (in Chinese)
- [8] He Y-X (何玉仙), Liang Z-S (梁智生), Lin G-J (林桂君), et al. Bioassay for neonicotinoid resistance in adults of *Bemisia tabaci*. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (福建农林大学学报), 2006, **35**(2): 143–146 (in Chinese)
- [9] He Y-X (何玉仙), Yang X-J (杨秀娟), Weng Q-Y (翁启勇), et al. Biotype identification of the populations of *Bemisia tabaci* in Fujian, China. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (福建农林大学学报), 2006, **35**(5): 486–490 (in Chinese)
- [10] Frohlich DR, Torrez-Jerez I, Bedford ID, et al. A Phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. *Molecular Ecology*, 1999, **8**: 1683–1691
- [11] Perring TM. The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop*

- Protection*, 2001, **20**: 725–737
- [12] Costa HS, Brown JK, Sivasupamaniam S, et al. Regional distribution, insecticide resistance, and reciprocal crosses between the A and B biotypes of *Bemisia tabaci*. *Insect Science and Its Application*, 1993, **14**: 255–266
- [13] Toscano NC, Yoshida HA, Henneberry TJ. Responses to azadirachtin and pyrethrum by two species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 1997, **90**: 583–589
- [14] Byrne FJ, Gorman KJ, Cahill M, et al. The role of B type esterases in conferring insecticide resistance in the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn). *Pest management Science*, 2000, **56**: 867–874
- [15] Elbert A, Nauen R. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Management Science*, 2000, **56**: 60–64
- [16] Nauen R, Stumpf N, Elbert A. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross-resistance in Q-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*, 2002, **58**: 868–875
- [17] Rauche N, Nauen R. Identification of biochemical markers linked to neonicotinoid cross resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 2003, **54**: 165–176
- [18] Horowitz AR, Kontsedalov S, Khasdan V, et al. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 2005, **58**: 216–225
- [19] Guirao P, Beitia F, Cenis JL. Biotype determination of Spanish populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research*, 1997, **87**: 587–593
- [20] Horowitz AR, Gorman K, Ross G, et al. Inheritance of pyriproxyfen resistance in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Q biotype). *Archives Insect Biochemistry and Physiology*, 2003, **54**: 177–186
- [21] Muniz M. Host suitability of two biotypes of *Bemisia tabaci* on some common weeds. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2000, **95**: 63–70
- [22] Chu D (褚 栋), Zhang Y-J (张友军), Cong B (丛 斌), et al. Identification for Yunnan Q-biotype *Bemisia tabaci* population. *Chinese Bulletin of Entomology* (昆虫知识), 2005, **42**(1): 54–56 (in Chinese)
- [23] Chu D (褚 栋), Zhang Y-J (张友军), Cong B (丛 斌), et al. Sequence analysis of mtDNA CO I gene and molecular phylogeny of different geographical populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2005, **38**(1): 76–85 (in Chinese)
- [24] Yao H-W (姚洪渭), Ye G-Y (叶恭银), Cheng J-A (程家安). Advances in the studies on the effects of host plants on insect susceptibility to insecticides. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2002, **45**(2): 253–264 (in Chinese)
- [25] Wang M (王 涠), Wu C-C (吴承春), Zhu F-X (朱福兴). Studied on insecticide susceptibility of the beet armyworm fed on different host plants. *Acta Phytopharmacica Sinica* (植物保护学报), 2003, **30**(2): 193–197 (in Chinese)
- [26] Zhang XJ, Yu XP, Chen JM. High temperature effects on yeast-like endosymbionts and pesticide resistance of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. *Rice Science*, 2008, **15**: 326–330
- [27] Grafius E. Effects of temperature on pyrethroid toxicity to Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 1986, **79**: 588–591
- [28] Fabellar LT, Mochida O. Susceptibility of brown planthopper (BPH) and green leafhopper (GLH) to insecticides under different temperature. *International Rice Research Newsletter*, 1988, **13**: 36
- [29] Omer AD, Johnson MW, Tabashnik BE, et al. Sweet-potato whitefly resistance to insecticides in Hawaii: Intra-island variation is related to insecticide use. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1993, **67**: 173–182
- [30] Dennehy TJ, Williams L. Management of resistance in *Bemisia* in Arizona cotton. *Pesticide Science*, 1997, **51**: 398–406
- [31] Ahmad M, Arif MI, Ahmad Z, et al. Cotton whitefly (*Bemisia tabaci*) resistance to organophosphate and pyrethroid insecticides in Pakistan. *Pest Management Science*, 2002, **58**: 203–208
- [32] Cahill M, Gorman K, Day S, et al. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bulletin of Entomological Research*, 1996, **86**: 343–349

作者简介 郑 宇,男,1971年生,副研究员。主要从事农业害虫生物防治研究。E-mail: 290896369@qq.com

责任编辑 肖 红