江苏地区 MED 烟粉虱对阿维菌素和噻虫嗪的敏感性研究*

刘云彩[1**] 常亚文[1] 吴青君[2] 胡 婕[3] 杜予州[1,4***]

（1. 扬州大学植物保护学院暨应用昆虫研究所，扬州 225009；2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所，北京 100081；3. 江苏省植物保护植物检疫站，南京 210036；4. 教育部农业与农产品安全国际合作联合实验室，扬州 225002）

摘 要 【**目的**】明确江苏省不同地区和不同寄主上的 MED 烟粉虱 *Bemisia tabaci* 对常用药剂的敏感性，为其防治提供科学依据。【**方法**】在室内采用饲喂法，测定江苏省苏南无锡、苏中扬州和苏北徐州地区的番茄、菜豆和黄瓜 3 种寄主植物上的 MED 烟粉虱成虫对 2 种常用于防治烟粉虱的杀虫剂阿维菌素和噻虫嗪的敏感性。【**结果**】苏南无锡、苏中扬州和苏北徐州地区，3 种寄主植物上的 MED 烟粉虱对有效成分为 1.8%的阿维菌素微乳剂的敏感性大于对有效成分为 30.0%的噻虫嗪悬浮剂的敏感性；苏南无锡的 3 种寄主植物上的 MED 烟粉虱种群对阿维菌素和噻虫嗪的敏感性均高于苏中扬州种群和苏北徐州种群；3 个地区菜豆上的 MED 烟粉虱种群对阿维菌素和噻虫嗪的敏感性均高于番茄和黄瓜上的种群。【**结论**】江苏地区 MED 烟粉虱对阿维菌素的敏感性较高，对噻虫嗪敏感性降低，且 MED 烟粉虱对杀虫剂的敏感性也受寄主植物的影响。建议生产上仍然可以选用阿维菌素防治 MED 烟粉虱，同时可交替使用新烟碱类农药进行防治。

关键词 烟粉虱；杀虫剂；阿维菌素；噻虫嗪；敏感性

Sensitivity of MED *Bemisia tabaci* to abamectin and thiamethoxam in Jiangsu Province

LIU Yun-Cai[1**] CHANG Ya-Wen[1] WU Qing-Jun[2] HU Jie[3] DU Yu-Zhou[1,4***]

(1. College of Plant Protection & Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Plant Protection and Quarantine Station of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China; 4. Joint Laboratory of International Cooperation in Agriculture and Agricultural Products Safety, Ministry of Education, Yangzhou 225002, China)

Abstract **[Aim]** To clarify the sensitivity of MED *Bemisia tabaci* populations on different host plants, and in different parts of Jiangsu Province, to commonly used insecticides. **[Methods]** The toxicity of two commonly used insecticides, abamectin and thiamethoxam, to adult MED *B. tabaci* in Jiangsu Province was determined using the feeding method. **[Results]** The toxicity of 1.8 % abamectin to MED *B. tabaci* was 30 % greater than that of thiamethoxam on three host plants in southern, central and northern Jiangsu. The Wuxi population in southern Jiangsu was more sensitive to abamectin and thiamethoxam than the Yangzhou population in central Jiangsu, or the Xuzhou population in northern Jiangsu. Populations on kidney beans were more susceptible to abamectin and thiamethoxam than those on tomato and cucumber crops in all three regions. **[Conclusion]** MED *B. tabaci* populations in Jiangsu Province are more susceptible to abamectin than thiamethoxam and the susceptibility of MED *B. tabaci* to these pesticides can be affected by both the host plant and the local environment. These results suggest that abamectin should be used in rotation with neonicotinoid pesticides to control MED *B. tabaci*.

Key words *Bemisia tabaci*; insecticides; abamectin; thiamethoxam; sensitivities

---

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划（2022YFD1401200）；公益性农业科研专项（201303019）；江苏省农业产业技术体系（JATS [2022] 350）

**第一作者 First author，E-mail：liuyuncai990@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：yzdu@yzu.edu.cn

收稿日期 Received：2024-07-18；接受日期 Accepted：2024-08-03

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 又称甘薯粉虱、棉粉虱和一品红粉虱等，隶属半翅目 Hemiptera，粉虱科 Aleyrodida，小粉虱属 *Bemisia*，是一种多食性的世界性害虫。该虫可通过取食植物汁液，分泌蜜露造成煤污病，以及传播植物病毒等方式为害农作物，主要危害茄科、葫芦科、十字花科和豆科蔬菜等作物，寄主植物已超过 1 000 种（罗晨和张芝利，2000；Li *et al.*，2011；Xia *et al.*，2021；李明江等，2022）。烟粉虱于 1889 年首次在希腊的烟草上被发现，随着设施农业的发展，在世界各地广泛传播与蔓延，造成严重经济损失。目前，该虫广泛分布于除南极洲外的全球各大洲 100 多个国家和地区（Germadius，1889；De Barro *et al.*，2011）。研究表明，烟粉虱是一种至少包含 44 个隐种的物种复合体（Kanakala and Ghanim，2019），其中以 MED（Mediterranean）隐种（过去称 Q 型烟粉虱）和 MEAM1（Mddle East-Asia Minor 1）隐种（过去称 B 型烟粉虱）危害最为严重（Pan *et al.*，2011）。

我国在 20 世纪 40 年代就有烟粉虱的记载（周尧，1949），自 20 世纪 90 年代中后期以来，该虫逐渐成为我国重要农业害虫。到 2011 年，我国已有 26 个省（直辖市、自治区）检测到 MEAM1 隐种（褚栋等，2004；Hu *et al.*，2011；许丽丽等，2014）。2003 年，在云南昆明市的一品红 *Euphorbia pulcherrima* 上首次发现 MED 隐种入侵（褚栋等，2005），随后传入我国西南、华北和华东等地，成为蔬菜、棉花和观赏园艺植物上的重要害虫（沈媛等，2010；任顺祥等，2011）。江苏省于 2001 年在仪征的一品红上首次发现 MEAM1 隐种（周福才等，2001），此后 MEAM1 隐种在江苏地区迅速扩散为害，造成严重经济损失。自 2005 年在江苏省内检测到 MED 隐种后，其种群数量逐年递增，并于 2009 年基本取代了 MEAM1 隐种成为优势种群（沈媛等，2010）。当前，仅在外界环境干扰较少的地区零星发现 MEAM1 隐种，且其数量持续减少（蔡力等，2014；刘晓娜，2017）。2020 年，烟粉虱被列为江苏省二类农作物病虫害。为高效快速控制烟粉虱，拟除虫菊酯、新烟碱和新型杀虫剂等被广泛应用（Basit *et al.*，2013）。然而，由于烟粉虱体被蜡质，世代重叠，繁殖时间短，且是快速进化的复合种（Muñiz，2000），其对化学药剂抗药性的产生速度远高于其他昆虫（万三连等，2015）。阿维菌素是一种谷氨酸门控氯离子通道变构调节剂，对昆虫具有胃毒和触杀作用；噻虫嗪是新烟碱类杀虫剂之一，主要作用于昆虫的乙酰胆碱酯酶（Acetylcholinesterase，AChE），是乙酰辅酶 a 羧化酶的抑制剂之一，可抑制昆虫脂质合成并导致死亡（Wang *et al.*，2023）。

由于不同地区主栽作物和用药习惯不同，各地区烟粉虱对药剂的敏感性存在差异。监测田间烟粉虱种群的敏感水平是调查田间虫害发生的基础，有利于害虫的综合防治。为了解江苏省 MED 烟粉虱的敏感水平，本研究采用 2 种常见防治烟粉虱的药剂 1.8%阿维菌素微乳剂和 30.0%噻虫嗪悬浮剂为供试药剂，测定其对江苏省苏南无锡、苏中扬州和苏北徐州 3 个地区田间番茄、菜豆和黄瓜 3 种不同寄主上 MED 烟粉虱成虫的毒力，评价江苏地区不同寄主植物上 MED 烟粉虱对 2 种药剂的敏感水平，以期为江苏省田间烟粉虱的防控提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试虫源 MED 烟粉虱成虫于 2022 和 2023 年 6-10 月分别采自江苏省苏南无锡市、苏中扬州市和苏北徐州市温室大棚内的 3 种蔬菜寄主（番茄、黄瓜和菜豆）上（表 1），通过分子鉴定确定为 MED 烟粉虱，即采即用。

1.1.2 供试药剂 1.8%阿维菌素微乳剂（山东省济南中科科技绿色生物工程有限公司）和 30.0%噻虫嗪悬浮剂（江苏剑牌农化股份有限公司），均为江苏省烟粉虱田间防治常用杀虫剂。

1.1.3 供试仪器 BSA124S-CW 电子天平（北京赛多利斯科学仪器有限公司），WT-1002 电子天平（杭州万特衡器有限公司），纯水仪（Milli-Q 生物科技有限公司），XW-80A 涡旋混合器（海门市其林贝尔仪器制造有限公司）和 QHX-300BS-

表 1　MED 烟粉虱田间种群采集信息

Table 1　Collection of field populations information of *Bemisia tabaci* MED

采集地点 Sampling location	经纬度 Longitude and latitude	寄主植物 Host plant	采集时间（年.月.日） Sampling date (year.month.day)
无锡市滨湖区马山蔬菜基地 Mashan Vegetable Base, Binhu District, Wuxi City	31.33° N，120.17° E	番茄 Tomato	2022.10.29
		菜豆 Bean	2023.6.28
		黄瓜 Cucumber	2022.10.29
扬州市蒋王现代农业示范基地 Yangzhou Jiangwang Modern Agricultural Demonstration Base	32.39° N，119.42° E	番茄 Tomato	2023.6.4
		菜豆 Bean	2022.8.2
		黄瓜 Cucumber	2022.8.2
徐州市丰县大沙河镇蒋庄村 Dashahe Town Jiangzhuang Village, Fengxian County, Xuzhou City	34.58° N，116.61° E	番茄 Tomato	2023.8.24
		菜豆 Bean	2023.8.24
		黄瓜 Cucumber	2023.8.24

Ⅲ人工气候箱（上海新苗医疗器械制造有限公司），XTB-1 型连续变倍体视显微镜（北京泰克仪器有限公司），TC-E 梯度 PCR 仪（杭州博日科技有限公司），Tanon-2500 全自动数码凝胶图像分析系统（上海蓓米尔生物科技有限公司）。

1.2　试验方法

1.2.1　种群鉴定　烟粉虱伪蛹鉴定：将新鲜寄主植物叶片置于体视显微镜下初步观察，伪蛹的主要鉴定特征为胸气门和尾气门外常有蜡缘饰，皿状孔呈三角形，舌状突呈长匙状（刘晓娜，2017）。

样本基因组 DNA 提取：采用水浴加热法提取总 DNA。用解剖针挑取单头成虫或伪蛹，双蒸水充分洗涤 2 次后置于 1 mL 离心管中；加入 30 μL 裂解液（含 1%蛋白酶 K）充分研磨；短暂离心后，将离心管置于恒温水浴锅中 56 ℃水浴 3 h，95 ℃孵育 15 min；再次短暂离心，将获得的基因组 DNA 保存在 - 20 ℃冰箱备用。

PCR 扩增及检测：引物为烟粉虱 MED 隐种和 MEAM1 隐种的特异性引物（表 2）。MED 隐种和 MEAM1 隐种的扩增产物分别为长度约 300 和 500 bp 的单一片段。

PCR 反应体系（25 μL）：2×Taq Mix（南京诺唯赞生物科技股份有限公司）12.5 μL，ddH_2O 6.5 μL，4 条正反引物（10 μmol·L^{-1}）各 1 μL，模板 DNA 2 μL。PCR 反应程序：94 ℃预变性 3 min，94 ℃变性 30 s，63 ℃退火 50 s，72 ℃延伸 50 s，变性、退火、延伸共 32 个循环；72 ℃延伸 10 min。扩增产物大小、纯度和浓度用 1%琼脂糖凝胶电泳检测，电泳缓冲液为 0.5×TBE，电压 140 V，用 DL2000 Marker（南京诺唯赞生物科技股份有限公司）作为分子量标准参照物。电泳结束后，将凝胶置于 Tanon-2500 全自动数码凝胶图像分析系统上观察，利用凝胶成像仪拍照记录。

序列测定和同源序列搜索：在电泳中检测到样本的 mtDNA-COⅠ目标基因片段后，将 PCR 凝胶纯化产物送至生工生物工程（上海）股份有

表 2　烟粉虱 MED 隐种和 MEAM1 隐种特异性引物

Table 2　Specific primers for *Bemisia tabaci* MED and MEAM1 cryptic species

烟粉虱隐种 Cryptic species of *B. tabaci*		引物序列（5′-3′） Primer sequences (5′-3′)
MED	上游引物 Forward primer	CTTGGTAACTCTTCTGTAGATGTGTGTT
	下游引物 Reverse primer	CCTTCCCGCAGAAGAAATTTTGTTC
MEAM1	上游引物 Forward primer	CTAGGGTTTATTGTTTGAGGTCATCATATATTC
	下游引物 Reverse primer	AATATCGACGAGG ATTCCCCCT

限公司测序。获得序列数据后，利用网络同源序列搜索引擎 BLAST（http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST）对 GenBank 中的同源序列进行比较，确定为目标基因后，使用 CLUSTAL X 软件进行序列联配。

1.2.2 毒力测定 采用饲喂法进行室内毒力测定。饲喂装置主要参考 Jahan 等（2014），并稍作修改，具体制作方法为：准备 1 个两端开口的玻璃管（高=5 cm，直径=3 cm），将一片封口膜拉伸至原来长度的 2 倍，使其足够薄以便烟粉虱的口器能够穿过取食，用薄膜将玻璃管一端密封。在膜上滴加 300 μL 药剂，药剂用 30%蔗糖溶液稀释，浓度稀释至烟粉虱的目标死亡率为 0-100 %。用同样的方法拉伸另一层膜覆盖在药剂上方，确保药剂均匀平铺在两层薄膜中间。玻璃管的另一端用 100 目细孔纱网覆盖以保证透气。将 30 头烟粉虱成虫用液氮短暂昏迷后接入装置中，迅速用纱网覆盖，并用橡皮筋固定，确保纱网与玻璃管之间无褶皱。用黑色布条包裹整个装置，仅露出封口膜一端以透光，且此端朝上。将装有试虫的饲喂管置于 26 ℃的温度、16 L∶8 D 的光周期和 60%的相对湿度的人工气候室中，饲喂 24 h 后统计烟粉虱死亡数量并计算药剂的致死中浓度（LC_{50}）。

1.2.3 数据分析 毒力测定结果采用 SPSS 19.0 和 Excel 2019 软件进行统计分析，计算 LC_{50}、95%置信区间、斜率和标准误。

2 结果与分析

2.1 江苏不同地区不同寄主上 MED 烟粉虱对阿维菌素的敏感性比较

江苏不同地区和不同寄主植物上 MED 烟粉虱对阿维菌素的敏感性测定结果表明（表 3）：苏中扬州、苏北徐州和苏南无锡地区，均为菜豆上 MED 烟粉虱种群对阿维菌素敏感性最高，分别为 0.118 0、1.397 8 和 0.034 1 mg/L；其次为黄瓜上种群，分别为 0.331 3、1.524 2 和 0.039 5 mg/L；最后是番茄上种群，分别为 0.950 6、2.786 6 和 0.250 8 mg/L。番茄、菜豆和黄瓜上，均为苏南无锡地区 MED 烟粉虱种群对阿维菌素敏感性最高，分别为 0.250 8、0.034 1 和 0.039 5 mg/L；其次为苏中扬州地区种群，分别为 0.812 8、0.118 0 和 0.331 3 mg/L；最后是苏北徐州地区种群，分别为 2.786 6、1.397 8 和 1.524 2 mg/L。

江苏不同寄主上 MED 烟粉虱对阿维菌素的敏感性趋势为菜豆上种群>黄瓜上种群>番茄上种群，不同地区 MED 烟粉虱对阿维菌素的敏感性趋势为苏南无锡地区种群>苏中扬州地区种群>苏北徐州地区种群。

表 3 江苏不同地区不同寄主植物上 MED 烟粉虱对阿维菌素的敏感性

Table 3 Sensitivity of MED *Bemisia tabaci* to abamectin on different host plants in different regions of Jiangsu Province

采集地点 Sampling location	寄主植物 Host plant	毒力回归方程 Linear fitting equation	LC_{50} (mg·L^{-1})	95%置信区间（mg·L^{-1}） 95% confidence interval (mg·L^{-1})	R^2
扬州 Yangzhou	番茄 Tomato	y=1.174 8x+5.109 7	0.812 8	0.797 2-0.828 4	0.972 6
	菜豆 Bean	y=2.560 9x+2.446 0	0.118 0	0.075 6-0.246 7	0.993 8
	黄瓜 Cucumber	y=1.686 4x+5.810 0	0.331 3	0.276 5-0.384 9	0.950 6
徐州 Xuzhou	番茄 Tomato	y=2.176 7x+4.374 1	2.786 6	2.193 9-2.958 9	0.949 7
	菜豆 Bbean	y=2.008 7x+4.734 3	1.397 8	1.105 6-1.736 9	0.996 2
	黄瓜 Cucumber	y=1.811 3x+4.732 5	1.524 2	0.896 0-1.892 6	0.948 2
无锡 Wuxi	番茄 Tomato	y=1.916 1x+6.096 6	0.250 8	0.136 9-0.365 8	0.970 2
	菜豆 Bean	y=1.561 0x+6.958 3	0.034 1	0.026 5-0.065 4	0.917 5
	黄瓜 Cucumber	y=1.769 0x+7.507 6	0.039 5	0.015 7-0.086 5	0.904 7

2.2　江苏不同地区不同寄主上 MED 烟粉虱对噻虫嗪的敏感性比较

江苏不同地区和不同寄主植物上 MED 烟粉虱对噻虫嗪的敏感性测定结果表明（表 4）：苏中扬州、苏北徐州和苏南无锡地区，均为菜豆上 MED 烟粉虱种群对噻虫嗪敏感性最高，分别为 6.273 3、3.543 7 和 0.832 0 mg/L；其次为番茄上种群，分别为 8.852 5、3.834 4 和 1.075 1 mg/L；最后是黄瓜上种群，分别为 9.938 2、3.884 9 和 1.493 2 mg/L。番茄、菜豆和黄瓜上，均为苏南无锡地区 MED 烟粉虱种群对噻虫嗪敏感性最高，分别为 1.075 1、0.832 0 和 1.493 2 mg/L；其次为苏北徐州地区种群，分别为 3.834 4、3.543 7 和 3.884 9 mg/L；最后是苏中扬州地区种群，分别为 8.852 5、6.273 3 mg/L 和 9.938 2 mg/L。

江苏不同寄主上的 MED 烟粉虱对噻虫嗪的敏感性趋势均为菜豆上种群>番茄上种群>黄瓜上种群，不同地区的 MED 烟粉虱对噻虫嗪的敏感性趋势均为苏南无锡地区种群>苏北徐州地区种群>苏中扬州地区种群。

表 4　江苏不同地区不同寄主植物上 MED 烟粉虱对噻虫嗪的敏感性

Table 4　Sensitivity of MED *Bemisia tabaci* to thiamethoxam on different host plants in different regions of Jiangsu Province

采集地点 Sampling location	寄主植物 Host plant	回归方程 Linear fitting equation	LC_{50} (mg·L^{-1})	95%置信区间 (mg·L^{-1}) 95% confidence interval (mg·L^{-1})	R^2
扬州 Yangzhou	番茄 Tomato	y=2.450 7x+2.746 4	8.852 5	8.694 5-9.054 9	0.950 2
	菜豆 Bean	y=2.239 5x+3.327 1	6.273 3	6.340 5-9.307 8	0.983 2
	黄瓜 Cucumber	y=2.560 9x+2.446 0	9.938 2	9.642 6-9.862 8	0.993 8
徐州 Xuzhou	番茄 Tomato	y=2.057 1x+3.809 7	3.834 4	3.622 3-4.113 3	0.987 5
	菜豆 Bean	y=1.765 4x+4.063 7	3.543 7	3.335 6-3.822 5	0.979 6
	黄瓜 Cucumber	y=2.346 8x+3.600 0	3.884 9	3.916 2-4.318 2	0.995 5
无锡 Wuxi	番茄 Tomato	y=0.879 5x+4.543 1	1.075 1	0.569 8-3.388 2	0.911 0
	菜豆 Bean	y=1.235 8x+5.265 4	0.832 0	0.367 2-1.203 5	0.965 7
	黄瓜 Cucumber	y=3.526 9x+4.369 4	1.493 2	1.443 4-1.543 2	0.9913

3　结论与讨论

本研究室内敏感性测定结果表明：（1）江苏地区 MED 烟粉虱对阿维菌素的敏感性均高于噻虫嗪。（2）就寄主植物而言，江苏地区菜豆上的 MED 烟粉虱对阿维菌素和噻虫嗪敏感性均为最高，番茄上的种群对阿维菌素敏感性最低，黄瓜上的种群对噻虫嗪敏感性最低。（3）江苏不同地区中，苏南无锡地区种群对 2 种药剂的敏感性均为最高，苏北徐州地区种群对阿维菌素的敏感性最低，苏中扬州地区种群对噻虫嗪的敏感性最低。综上所述，对 3 种寄主来说，菜豆上 MED 烟粉虱的敏感性最高，对江苏 3 个地区来说，苏南无锡地区 MED 烟粉虱的敏感性最高。

阿维菌素是一种高效广谱的微生物源杀虫杀螨剂，具有触杀、胃毒和渗透力强等特点，通过刺激释放 γ-氨基丁酸，干扰阻断害虫神经传导，最终导致死亡，对烟粉虱防效较好（王广成等，2006）。噻虫嗪属于第二代烟碱类农药，主要作用于昆虫烟碱样乙酰胆碱受体，干扰正常的神经传导功能，有内吸传导性、触杀活性和渗透性（Maienfisch *et al.*，2001）。本研究中，有效成分为 1.8%的阿维菌素微乳剂和有效成分为 30.0%的噻虫嗪悬浮剂对江苏省 MED 烟粉虱表现出较高的毒力水平。Ji 等（2024）研究表明，2019-2021 年我国全国各地 23 个田间种群烟粉虱对阿维菌素和噻虫嗪的耐药性仍然很低，与本研究结果一致。尽管过去几年中烟粉虱对阿维菌

素的耐受性缓慢增加，但因其高效性，阿维菌素对我国烟粉虱种群仍具有较高毒力，可用于防治烟粉虱（Wang *et al.*，2017）。近年来，新烟碱类药物（如噻虫嗪和吡虫啉）在田间广泛使用（Horowitz *et al.*，2020）。研究表明，烟粉虱田间种群对烟碱类杀虫剂已产生不同程度的抗药性，其中，以色列、巴基斯坦、塞浦路斯和土耳其的种群对噻虫嗪表现为高度耐药性（Dittrich *et al.*，1990；Ahmad and Khan，2017）。本研究中，江苏省 MED 烟粉虱对噻虫嗪的敏感性低于阿维菌素。万三连等（2015）在 2014 年对烟粉虱的监测结果表明，烟粉虱对 5%阿维菌素的敏感性最高，对 25%噻虫嗪的毒力最低，且 25%噻虫嗪对成虫毒杀效果最差，这与本研究结果一致。对杀虫剂的敏感性差异是导致多地烟粉虱田间种群更替的重要因素。敏感性测定结果表明，苏中扬州和苏北徐州地区 MED 烟粉虱对阿维菌素和噻虫嗪的药剂敏感性均低于苏南无锡地区种群，可能是由于这 2 个地区化学农药的施用频率和施用时期不合理，导致烟粉虱抗药性增强。在生产中，建议适当轮换使用噻虫嗪与阿维菌素，以避免或延缓烟粉虱抗药性的产生。农药混用和混配也是烟粉虱化学防治的重要措施，如阿维菌素与新烟碱类药剂混用，以及螺虫乙酯与新烟碱类药剂混用，均比单剂的使用效果好，也是有效延缓抗药性的重要手段之一（柏晶等，2017）。因此，及时了解江苏省烟粉虱的敏感性水平对田间用药选择具有重要意义。

害虫对药剂的敏感性变化与寄主植物中次生物质诱导、激活或抑制昆虫体内相关解毒酶活性有关（姚洪渭等，2002）。本研究的敏感性测定结果显示，不同寄主植物上 MED 烟粉虱对阿维菌素和噻虫嗪的敏感性有差异，其中，菜豆上烟粉虱的敏感性均高于黄瓜和番茄上的种群。研究表明，环境因子能够诱导昆虫产生抗性，影响杀虫剂的药效。此外，栖境和寄主植物对害虫的抗药性发展也有重要影响（李欣莲和陆永跃，2023）。植食性昆虫对一些杀虫剂的敏感性可能受到其寄主植物的影响，至今已发现有多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会发生明显变化（姚洪渭等，2002）。

本研究的敏感性测定是在室内条件下进行的，与大田环境中的实际防治效果可能存在一定差异，但是仍可作为江苏省烟粉虱田间防治的用药参考。在实际防治过程中，应结合当地具体情况，科学合理地选择和使用杀虫剂，同时注意药剂的轮换和复配，以充分发挥杀虫剂的效果，抑制烟粉虱对不同杀虫剂抗性的增加。此外，还需注意生物因素和环境因素对药效的影响。

参考文献 (References)

Ahmad M, Khan RA, 2017. Field-evolved resistance of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to carbodiimide and neonicotinoids in Pakistan. *Journal of Economic Entomology*, 110(3): 1235–1242.

Bai J, Du YM, Liu XN, Wang JJ, Du YZ, 2017. The valuation of control effects of different insecticides on *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Journal of Environmental Entomology*, 39(3): 705–712. [柏晶, 杜以梅, 刘晓娜, 王建军, 杜予州, 2017. 不同药剂对 Q 型烟粉虱的防治效果评价. 环境昆虫学报, 39(3): 705–712.]

Basit M, Saeed S, Ahmad Saleem M, Denholm I, Shah M, 2013. Detection of resistance, cross-resistance, and stability of resistance to new chemistry insecticides in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(3): 1414–1422.

Cai L, 2014. Biotype monitoring and genetic diversity of *Bemisia tabaci* in Jiangsu Province. Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University. [蔡力, 2014. 江苏地区烟粉虱生物型监测及其遗传多样性研究. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]

Chu D, Bi YP, Zhang YJ, Lou YP, 2005. Research progress on *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes. *Acta Ecologica Sinica*, 25(12): 3398–3405. [褚栋, 毕玉平, 张友军, 娄蕴萍, 2005. 烟粉虱生物型研究进展. 生态学报, 25(12): 3398–3405.]

Chu D, Zhang YJ, Cong B, Xu BY, Wu QJ, 2004. The invasive mechanism of a worldwide important pest *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B. *Acta Entomologica Sinica*, 47(3): 400–406. [褚栋, 张友军, 丛斌, 徐宝云, 吴青君, 2004. 世界性重要害虫 B 型烟粉虱的入侵机制. 昆虫学报, 47(3): 400–406.]

De Barro PJ, Liu SS, Boykin LM, Dinsdale AB, 2011. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. *Annual Review of Entomology*, 56: 1–19.

Dittrich V, Ernst GH, Ruesch O, Solang UK, 1990. Resistance

mechanisms in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala, and Nicaragua. *Journal of Economic Entomology*, 83(5): 1665–1670.

Germadius P, 1889. Disease of tobacco plantations in the Trikoina. The aleyrodid of tobacco. *Ellenike Georgia*, 5: 1–3.

Horowitz AR, Ghanim M, Roditakis E, Nauen R, Ishaaya I, 2020. Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. *Journal of Pest Science*, 93(3): 893–910.

Hu J, De Barro P, Zhao H, Wang J, Nardi F, Liu SS, 2011. An extensive field survey combined with a phylogenetic analysis reveals rapid and widespread invasion of two alien whiteflies in China. *PLoS ONE*, 6(1): e16061.

Jahan SM, Lee GS, Lee S, Lee KY, 2014. Upregulation of probing- and feeding-related behavioural frequencies in *Bemisia tabaci* upon acquisition of tomato yellow leaf curl virus. *Pest Management Science*, 70(10): 1497–1502.

Ji Y, Zheng HX, Zhang CJ, Tan X, He C, Fu BL, Du TH, Liang JJ, Wei XG, Gong PP, Liu SN, Yang J, Huang MJ, Yin C, Xue H, Hu JY, Du H, Xie W, Yang X, Zhang YJ, 2024. Dynamic monitoring of the insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* across China from 2019-2021. *Pest Management Science*, 80(2): 341–354.

Kanakala S, Ghanim M, 2019. Global genetic diversity and geographical distribution of *Bemisia tabaci* and its bacterial endosymbionts. *PLoS ONE*, 14(3): e0213946.

Li MJ, Zhang Z, Liu YH, Yang SW, Shang HP, Li XX, Chen GH, Zhang XM, 2022. Effects of different agroecosystems on population dynamics of *Bemisia tabaci* and its natural enemies in summer tomato fields. *Chinese Journal of Ecology*, 41(11): 2188–2198. [李明江, 张泽, 刘予涵, 羊绍武, 尚昊培, 蒋正雄, 李星星, 陈国华, 张晓明, 2022. 不同农业生态系统对夏番茄田中烟粉虱及其自然天敌种群动态的影响. 生态学杂志, 41(11): 2188–2198.]

Li SJ, Xue X, Ahmed MZ, Ren SX, Du YZ, Wu JH, Cuthbertson AGS, Qiu BL, 2011. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Insect Science*, 18(1): 101–120.

Li XL, Lu YY, 2023. Effects of biological and environmental factors on the emergence and development of pest resistance. *Plant Protection*, https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2023366. [李欣莲, 陆永跃, 2023. 生物及环境因素对害虫抗药性产生与发展的影响. 植物保护, https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2023366.]

Liu XN, 2017. *Bemisia tabaci* cryptic species monitoring and transcriptome analysis of MED cryptic species under high and low temperature stress. Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University. [刘晓娜, 2017. 烟粉虱隐种监测及高低温胁迫下 MED 隐种转录组分析. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]

Luo C, Zhang ZL, 2000. A review of the research on *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Beijing Agricultural Science*, 2000(S1): 4–13. [罗晨, 张芝利, 2000. 烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)研究概述. 北京农业科学, 2000(S1): 4–13.]

Maienfisch P, Angst M, Brandl F, Fischer W, Hofer D, Kayser H, Kobel W, Rindlisbacher A, Senn R, Steinemann A, Widmer H, 2001. Chemistry and biology of thiamethoxam: A second generation neonicotinoid. *Pest Management Science*, 57(10): 906–913.

Muñiz M, 2000. Host suitability of two biotypes of *Bemisia tabaci* on some common weeds. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95(1): 63–70.

Pan HP, Chu D, Ge DQ, Wang SL, Wu QJ, Xie W, Jiao XG, Liu BM, Yang X, Yang NN, Su Q, Xu BY, Zhang YJ, 2011. Further spread of and domination by *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype Q on field crops in China. *Journal of Economic Entomology*, 104(3): 978–985.

Ren SX, Qiu BL, Ge F, Zhang YJ, Du YZ, Chen XX, Guo JY, Lin KJ, Peng ZQ, Yao SL, Hu YH, Wang LD, Zhang WQ, 2011. Research progress of the monitoring, forecast and sustainable management of whitefly pests in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 7–15. [任顺祥, 邱宝利, 戈峰, 张友军, 杜予州, 陈学新, 郭建英, 林克剑, 彭正强, 姚松林, 胡雅辉, 王联德, 张文庆, 2011. 粉虱类害虫的监测预警与可持续治理技术透视. 应用昆虫学报, 48(1): 7–15.]

Shen Y, Du YZ, Jin GH, Qiu BL, Zheng FS, Ren SX, 2010. Phylogenetic analysis of *Bemisia tabaci* non-B biotypes in partial areas in China based on 16S rDNA gene. *Acta Entomologica Sinica*, 53(1): 82–90. [沈媛, 杜予州, 金桂华, 邱宝利, 郑福山, 任顺祥, 2010. 基于 16S rDNA 基因的中国部分地区非 B 型烟粉虱系统发育关系分析. 昆虫学报, 53(1): 82–90.]

Shen Y, Du YZ, Ren SX, Qiu BL, 2011. Preliminary study of succession of *Bemisia tabaci* biotypes in Jiangsu Province, China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 16–21. [沈媛, 杜予州, 任顺祥, 邱宝利, 2011. 江苏地区烟粉虱生物型演替研究初报. 应用昆虫学报, 48(1): 16–21.]

Wan SL, Liu Y, Wang S, Wu QX, Huang GS, Lin DY, Luo F, Zhang

YJ, Kong XY, 2015. Toxicities of 5 insecticides to *Bemisia tabaci* on melon in Hainan province. *China Cucurbits and Vegetables*, 28(2): 28–30. [万三连, 刘勇, 王爽, 吴乾兴, 黄国宋, 林道源, 罗丰, 张友军, 孔祥义, 2015. 5 种药剂对海南甜瓜烟粉虱的毒力测定. 中国瓜菜, 28(2): 28–30.]

Wang GC, Zhang ZM, Gao LM, Chen BK, Nie G, Wan L, Wu CX, 2006. Mechanism of action and application status of abamectin. *Plant Health and Medicine*, 19(1): 4–5. [王广成, 张忠明, 高立明, 陈丙坤, 聂果, 万莉, 吴春先, 2006. 阿维菌素的作用机理及其应用现状. 植物医生, 19(1): 4–5.]

Wang Q, Luo C, Wang R, 2023. Insecticide resistance and its management in two invasive cryptic species of *Bemisia tabaci* in China. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7): 6048.

Wang R, Zhang W, Che WN, Qu C, Li FQ, Desneux N, Luo C, 2017. Lethal and sublethal effects of cyantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) MED. *Crop Protection*, 91: 108–113.

Xia JX, Guo ZJ, Yang ZZ, Han HL, Wang SL, Xu HF, Yang X, Yang FS, Wu QJ, Xie W, Zhou XG, Dermauw W, Turlings TCJ, Zhang YJ, 2021. Whitefly hijacks a plant detoxification gene that neutralizes plant toxins. *Cell*, 184(13): 3588.

Xu LL, Cai L, Shen WJ, Du YZ, 2014. Biotypes and phylogenetic analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(4): 1137–1144. [许丽丽, 蔡力, 沈伟江, 杜予州, 2014. 中国部分地区烟粉虱生物型种类及系统发育关系分析. 应用生态学报, 25(4): 1137–1144.]

Yao HW, Ye GY, Cheng JA, 2002. Advances in the studies on the effects of host plants on insect susceptibility to insecticide. *Acta Entomologica Sinica*, 45(2): 253–264. [姚洪渭, 叶恭银, 程家安, 2002. 寄主植物影响害虫药剂敏感性的研究进展. 昆虫学报, 45(2): 253–264.]

Zhou FC, Du YZ, Lu ZQ, Chen LF, 2001. B-biotype *Bemisia tabaci* was found in Jiangsu Province. *Journal of Yangzhou University* (*Natural Science Edition*), 4(3): 37. [周福才, 杜予州, 陆自强, 陈丽芳, 2001. 江苏发现 B 型烟粉虱危害. 扬州大学学报(自然科学版), 4(3): 37.]

Chou I, 1949. List of family Aleyrodidae (Homoptera) in China. *Entomologia Sinica*, 3(4): 1–18. [周尧, 1949. 中国产粉虱科名录. 中国昆虫学杂志, 3(4): 1–18.]