

宁夏地区烟粉虱对 5 种常用杀虫剂的抗药性

洪波, 曹娜, 赵小云, 马百林, 董芸,
高凯, 贾彦霞, 王新谱*

(宁夏大学农学院, 银川 750021)

摘要 采用浸叶法分别测定了宁夏 8 个地区烟粉虱成虫田间种群对 4 类 5 种杀虫剂的抗性。结果表明,供试烟粉虱种群对高效氯氟菊酯已产生了中等至极高水平抗性,抗性倍数为 33.31~227.98 倍;对烯啶虫胺产生了中等至高水平抗性,抗性倍数为 12.14~69.33 倍;对毒死蜱和吡虫啉产生了低至中等水平抗性,抗性倍数分别为 7.63~38.85 倍和 6.05~22.43 倍,个别地区种群对吡虫啉尚处于敏感水平;对阿维菌素处于敏感性降低至中等水平抗性,抗性倍数为 4.54~13.22 倍。烟粉虱对 5 种杀虫剂的抗性有明显的区域性,抗性最为普遍且严重的地区为贺兰新平和吴忠,其次为贺兰产业园、石嘴山大武口、中卫和永宁,而西夏区军马场、固原烟粉虱种群的抗性则相对较低。对银川 3 地烟粉虱抗药性监测结果表明,在 5 种杀虫剂中,其对高效氯氟菊酯的抗性发展最为迅速,其次为烯啶虫胺,对阿维菌素和吡虫啉的抗性发展相对较慢,而西夏区军马场和贺兰产业园种群对毒死蜱敏感性有所恢复。

关键词 烟粉虱; 杀虫剂; 抗药性; 宁夏

中图分类号: S 436.412.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019637

Resistance of *Bemisia tabaci* to five insecticides in Ningxia

HONG Bo, CAO Na, ZHAO Xiaoyun, MA Bailin, DONG Yun, GAO Kai, JIA Yanxia, WANG Xinpu*

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract Resistance of eight populations of *Bemisia tabaci* collected from Ningxia to five insecticides was determined by leaf dipping method. The results showed that these populations of *B. tabaci* showed medium to extremely high level of resistance to *beta*-cypermethrin, with the resistance ratios of 33.31–227.98, and medium to high level of resistance to nitenpyram with the resistance ratios of 12.14–69.33. The *B. tabaci* developed low to medium level of resistance to chlorpyrifos and imidacloprid, and the resistance ratio was 7.63–38.85 and 6.05–22.43, respectively. However, some populations still kept sensitive to imidacloprid. Decreased sensitivity of *B. tabaci* to abamectin was found in some populations, and medium resistance in other populations, with resistance ratio of 4.54–13.22. The results of this study showed that the resistance of *B. tabaci* to the five insecticides was regionally distributed, and the Xiping, Helan and Wuzhong populations showed the most serious resistance, followed by Helan Industrial Park, Dawukou, Zhongwei and Yongning populations, while Xixia and Guyuan populations showed the lowest resistance. The results also showed that the three populations from Yinchuan developed resistance to *beta*-cypermethrin most quickly, followed by nitenpyram, and the development of resistance to abamectin and imidacloprid was relatively slow, while the sensitivity to chlorpyrifos in populations from Xixia Military Horse Farm and Helan Industrial Park was recovered to some extent.

Key words *Bemisia tabaci*; insecticide; resistance; Ningxia

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 是一种世界范围内的主要害虫,广泛分布于全球除南极洲以外的各大洲^[1]。在我国 20 多个省市自治区有分布^[2–3]。烟粉虱寄主范围

广,除直接取食植物汁液外,还能分泌蜜露和传播 100 多种病毒^[4–5],是近年来蔬菜和大田作物上的重要害虫之一,给农业生产造成了极大的损失^[5–9]。

收稿日期: 2019–11–21

修订日期: 2020–02–14

基金项目: 宁夏“十三五”重点研发计划重大项目(2018BBF02021-02);宁夏农村农业厅 2021 年农业关键技术攻关和重大实用技术推广项目

* 通信作者 E-mail: wangxinpu@nxu.edu.cn

目前,国内外对烟粉虱的防治主要以化学防治为主。但由于杀虫剂的过度使用或滥用,烟粉虱对常用杀虫剂特别是新烟碱类杀虫剂、昆虫生长调节剂已产生了不同程度的抗性,对氯虫苯甲酰胺等新型杀虫剂也产生了一定的抗性^[10-16]。设施蔬菜是宁夏的主导产业之一,随着设施栽培面积的不断扩大,烟粉虱为害日趋严重,已成为制约宁夏地区设施蔬菜产量、品质和食品安全的重要因素之一。因此,为了摸清宁夏地区烟粉虱的抗性现状,我们于 2017 年 12 月,2018 年 6 月—7 月,2019 年 6 月对宁夏 8 个地区烟粉虱田间种群的抗性进行了监测,目的在于了解宁夏地区烟粉虱抗性水平和发展状况,为合理使用杀虫剂,延缓烟粉虱抗性发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试烟粉虱成虫采自宁夏各地区温室大棚番茄,经分子鉴定生物型为 Q 型,NCBI 登录号 MK281484。具体采集地点为:银川市西夏区军马场、固原市三营利民园区、中卫市阳光自然生态园、吴忠市利通区龙二村、银川市贺兰新平村、银川市贺兰产业园、银川市永宁北全村和石嘴山市大武口简泉村。种群名称简称为:西夏区、固原、中卫、吴忠、贺兰新平、贺兰产业园、永宁和石嘴山(表 1)。不同地区抗性变化测定所用虫源采集时间为 2018 年 6 月—7 月,不同年度抗性变化测定所用虫源采集时间为 2017 年 12 月、2018 年 6 月和 2019 年 6 月。

室内烟粉虱敏感种群由中国农业科学院蔬菜花卉研究所张友军研究员提供。

药剂:5%阿维菌素乳油(EC),江苏东宝农化股份有限公司;10%烯啶虫胺水剂(AS),上海惠光环境科技有限公司;70%吡虫啉水分散粒剂(WG),拜耳作物科学中国有限公司;4.5%高效氯氟菊酯乳油(EC),天津市施普乐农药技术发展有限公司;45%毒死蜱乳油(EC),湖北蕲农化工有限公司。

1.2 方法

烟粉虱成虫抗药性测定参照 Cahill 等的浸渍法^[17]并加以改进。根据预试验将供试药剂用含 0.1%吐温-80 的去离子水等比稀释成 7 个浓度。然后将干净、新鲜的番茄叶片于药液中浸渍 10 s 取出,叶背向上放在室内晾干。用脱脂棉包住叶柄,脱脂棉外裹一层保鲜膜,向脱脂棉内注入少量蒸馏水

保湿。培养皿内垫一层滤纸,将处理后的叶片放入已标记药液浓度的培养皿内。每处理 3 个重复,以含 0.1%吐温-80 的去离子水处理叶片作为对照。烟粉虱成虫在-20℃冷冻 10 s 后转移到培养皿中的叶片上,每培养皿 30 头成虫,覆上保鲜膜,膜上扎小孔通气,将培养皿放于(25±1)℃、相对湿度(70±5)%、光周期 L/D=12 h//12 h 的培养箱中。48 h 后检查培养皿中烟粉虱成虫死亡情况。用毛笔或者解剖针轻轻触动烟粉虱成虫,虫体不能正常行动或者不动者视为死亡。

1.3 数据分析

采用 DPS 软件对试验数据进行统计分析,求出每种药剂的 LC_{50} 、毒力回归方程及其 95%置信限。抗性倍数(RR)=所测田间种群的 LC_{50} /室内敏感种群的 LC_{50} 。抗性水平的判别标准参照刘凤沂等^[18]。抗性倍数在 3 倍以下为敏感水平;3.1~5 倍为敏感性降低;5.1~10 倍为低水平抗性;10.1~40 倍为中等水平抗性;40.1~160 倍为高水平抗性;160 倍以上为极高水平抗性。

2 结果与分析

2.1 宁夏烟粉虱田间种群的抗药性监测

2.1.1 对阿维菌素的抗性

总体来看,测试种群中多数种群对阿维菌素处于低抗水平(表 1),其中,吴忠种群抗性最高,抗性倍数为 13.22 倍,达到中等水平抗性。其次为贺兰新平和石嘴山种群,两个种群的抗性倍数相近,分别为 9.48 倍和 9.23 倍;西夏区、贺兰产业园、固原和中卫地区田间种群的抗性倍数分别为 8.06、6.81、6.57 倍和 6.21 倍,均为低抗水平,而永宁种群表现为敏感性降低,抗性倍数为 4.54 倍。各地区种群抗性高低顺序为:吴忠>贺兰新平>石嘴山>西夏区>贺兰产业园>固原>中卫>永宁。

2.1.2 对吡虫啉和烯啶虫胺的抗性

本文选用生产上常用的两种新烟碱类杀虫剂进行测定。由表 1 可知,供试田间种群对吡虫啉的抗性以吴忠、贺兰新平和石嘴山种群最高,抗性倍数分别为 22.43、21.42 倍和 21.23 倍,其次为贺兰产业园种群,抗性倍数为 13.16 倍,均达到中抗水平;中卫和永宁种群为低抗水平,抗性倍数分别为 7.20 倍和 6.05 倍,而固原和西夏区田间种群还处于敏感阶段,抗性倍数分别为 2.64 倍和 2.02 倍。各地区种

群抗性高低顺序为:吴忠>贺兰新平>石嘴山>贺兰产业园>中卫>永宁>固原>西夏区。

供试田间种群对烯啶虫胺均普遍产生了中等至极高水平抗性(表 1),其中,贺兰新平、吴忠和石嘴山田间种群抗性最高,抗性倍数分别为 69.33、62.55 倍和 41.30 倍,达到高水平抗性,其次依次为贺兰产业园、永宁、中卫、固原和西夏区,其田间种群抗性倍数分别为 29.03、18.72、17.12、13.45 倍和 12.14 倍,均处于中等水平抗性。各地区种群抗性高低顺序为:贺兰新平>吴忠>石嘴山>贺兰产业园>永宁>中卫>固原>西夏区。

2.1.3 对毒死蜱的抗性

目前有机磷类高毒、高残留农药品种已在蔬菜上禁止使用。为了解宁夏地区烟粉虱对有机磷农药的抗性水平,本研究选用毒死蜱进行了抗药性监测,结果(表 1)表明,供试烟粉虱种群中以贺兰新平田

间种群抗性最高,抗性倍数为 38.85 倍,其次为西夏区、永宁、石嘴山、吴忠和贺兰产业园种群,抗性倍数处于 21.49~34.29 倍之间,均达到中抗水平。而固原和中卫田间种群抗性倍数分别为 8.03 倍和 7.63 倍,处于低水平抗性。各地区种群抗性高低顺序为:贺兰新平>西夏区>永宁>石嘴山>吴忠>贺兰产业园>固原>中卫。

2.1.4 对高效氯氰菊酯的抗性

比较供试烟粉虱种群对高效氯氰菊酯的抗性(表 1)可知,贺兰新平种群抗性最高,抗性倍数达 227.98 倍,为极高水平抗性。吴忠、贺兰产业园、石嘴山、永宁、中卫和固原种群抗性倍数在 44.92~139.32 倍,表现为高水平抗性;而西夏区田间种群的抗性倍数为 33.31 倍,处于中等水平抗性。各地区种群抗性高低顺序为:贺兰新平>吴忠>贺兰产业园>石嘴山>永宁>中卫>固原>西夏区。

表 1 宁夏不同地区烟粉虱田间种群对 5 种杀虫剂的抗性(2018)
Table 1 Resistance of *Bemisia tabaci* to five insecticides in different areas of Ningxia (2018)

供试药剂 Insecticide	供试种群 Population	斜率±标准误差 b±SE	LC ₅₀ / mg·L ⁻¹	95%置信限/mg·L ⁻¹ 95% confidential interval	卡方值(χ ²) Chi-square value (df=5)	抗性倍数(RR) Resistance ratio
5%阿维菌素 EC abamectin 5% EC	西夏区	0.85±0.07	1.29	0.97~1.72	2.77	8.06
	固原	0.80±0.08	1.05	0.84~1.32	1.93	6.57
	中卫	0.82±0.07	0.99	0.90~1.10	0.37	6.21
	吴忠	0.87±0.09	2.12	1.82~2.46	0.50	13.22
	石嘴山	0.92±0.08	1.48	1.20~1.83	1.49	9.23
	贺兰新平	0.73±0.10	1.52	1.24~1.86	1.00	9.48
	贺兰产业园	0.97±0.06	1.09	0.89~1.33	2.17	6.81
	永宁	1.03±0.06	0.73	0.63~0.84	1.33	4.54
	敏感种群	0.82±0.08	0.16	0.11~0.23	3.83	1.00
70%吡虫啉 WG imidacloprid 70% WG	西夏区	1.03±0.08	16.12	12.82~20.26	3.37	2.02
	固原	0.88±0.06	21.09	17.55~25.33	2.00	2.64
	中卫	0.87±0.06	57.43	52.92~62.34	0.41	7.20
	吴忠	0.77±0.10	179.02	134.03~239.12	1.97	22.43
	石嘴山	0.89±0.09	169.39	125.97~227.76	1.60	21.23
	贺兰新平	0.82±0.10	170.95	139.83~208.99	0.81	21.42
	贺兰产业园	0.93±0.07	105.02	90.13~122.37	1.15	13.16
	永宁	1.02±0.05	48.29	41.70~55.92	1.89	6.05
	敏感种群	0.80±0.07	7.98	5.72~11.14	1.98	1.00
10%烯啶虫胺 AS nitenpyram 10% AS	西夏区	0.82±0.05	81.92	68.45~98.04	1.94	12.14
	固原	0.74±0.07	90.77	81.08~101.62	0.64	13.45
	中卫	0.83±0.07	115.53	96.21~138.74	1.86	17.12
	吴忠	0.79±0.09	422.25	370.22~481.58	0.39	62.55
	石嘴山	0.88±0.08	278.75	244.79~317.42	0.61	41.30
	贺兰新平	0.85±0.10	468.01	390.89~560.34	0.67	69.33
	贺兰产业园	0.78±0.08	195.97	159.42~240.89	1.50	29.03
	永宁	0.77±0.07	126.39	115.02~138.89	0.43	18.72
	敏感种群	0.69±0.08	6.75	4.74~9.62	4.53	1.00

续表 1 Table 1(Continued)

供试药剂 Insecticide	供试种群 Population	斜率±标准误 b±SE	LC ₅₀ / mg·L ⁻¹	95%置信限/mg·L ⁻¹ 95% confidential interval	卡方值(χ ²) Chi-square value (df=5)	抗性倍数(RR) Resistance ratio
45%毒死蜱 EC chlorpyrifos 45% EC	西夏区	0.72±0.08	838.51	747.21~940.96	0.27	34.29
	固原	1.02±0.06	196.36	173.21~222.59	0.94	8.03
	中卫	0.90±0.06	186.59	165.82~209.97	7.27	7.63
	吴忠	0.79±0.08	540.15	521.28~559.70	0.04	22.09
	石嘴山	0.86±0.08	561.84	447.63~705.21	1.80	22.98
	贺兰新平	1.08±0.07	949.88	770.42~1 171.18	1.39	38.85
	贺兰产业园	0.83±0.09	525.31	411.95~669.87	2.39	21.49
	永宁	0.85±0.09	715.27	538.97~949.23	2.45	29.25
	敏感种群	0.73±0.07	24.45	17.76~33.64	2.56	1.00
4.5%高效氯氰菊酯 EC beta-cypermethrin 4.5% EC	西夏区	1.14±0.05	970.69	871.60~1 081.03	1.31	33.31
	固原	0.83±0.06	1 308.94	1 166.82~1 468.36	0.85	44.92
	中卫	0.84±0.06	1 498.32	1 413.93~1 587.75	0.20	51.42
	吴忠	0.69±0.10	4 059.72	3 306.04~4 985.22	0.90	139.32
	石嘴山	0.85±0.08	3 221.39	2 945.38~3 523.29	0.28	110.55
	贺兰新平	1.03±0.09	6 643.26	5 631.43~7 836.89	0.64	227.98
	贺兰产业园	0.79±0.09	3 741.67	2 849.22~4 913.66	2.12	128.40
	永宁	0.87±0.07	1 919.13	1 754.58~2 099.12	0.46	65.86
	敏感种群	0.95±0.06	29.14	22.62~37.53	5.27	1.00

2.2 烟粉虱田间种群抗药性年度变化

2.2.1 对阿维菌素的抗性变化

银川郊区 3 个地区 2017 年 12 月、2018 年 6 月和 2019 年 6 月采集的烟粉虱成虫田间种群对阿维菌素的抗性监测结果见表 2。与 2017 年相比,2018 年和 2019 年烟粉虱种群对阿维菌素敏感性均有明显下降,其中,西夏区种群抗性倍数由 1.00 倍上升到 8.06 倍和 11.69 倍,由敏感发展为低水平抗性;贺兰产业园种群抗性倍数由 4.31 倍上升到 6.81 倍和 8.13 倍,由敏感性降低发展为低水平抗性;而贺兰新平种群抗性倍数由 5.00 倍上升到 9.48 倍和 10.94 倍,由低水平抗性发展为中等水平抗性。

2.2.2 对吡虫啉和烯啶虫胺的抗性变化

对吡虫啉,贺兰新平种群抗性倍数呈不断上升趋势,2017 年为 4.27 倍,2018 年和 2019 年分别为 21.42 倍和 26.14 倍,由敏感性降低发展为中等水平抗性;贺兰产业园种群抗性由 3.88 倍上升至 13.16 倍,后又下降至 11.86 倍,由敏感性降低发展为中等水平抗性;而西夏区种群抗性倍数则由 6.55 倍下降到 2.02 倍和 3.42 倍,由低水平抗性恢复到敏感水平(表 2)。

烟粉虱田间种群对烯啶虫胺的抗性变化极大,贺兰新平种群抗性倍数由 18.74 倍迅速上升至

69.33 倍和 73.63 倍,由中等水平抗性上升为高水平抗性;西夏区田间种群抗性倍数由 1.02 倍上升到 12.14 倍和 15.50 倍,由敏感上升为中等水平抗性;而贺兰产业园田间种群抗性倍数虽由 15.83 倍上升至 29.03 倍和 30.90 倍,但仍处于中等水平抗性(表 2)。

2.2.3 对毒死蜱的抗性变化

烟粉虱田间种群对毒死蜱抗性的变化监测结果见表 2。可以看出,贺兰新平种群抗性倍数略有增加,但仍处于中等水平抗性;西夏区和贺兰产业园种群对毒死蜱的敏感性有所恢复,西夏区种群抗性倍数由 46.35 倍下降到 34.29 倍和 24.49 倍,由高水平抗性下降为中等水平抗性;而贺兰产业园种群抗性水平未变,但抗性倍数由 37.55 倍下降到 21.49 倍和 16.48 倍。

2.2.4 对高效氯氰菊酯的抗性变化

由表 2 可以看出,西夏区种群抗性倍数由 66.66 倍下降到 33.31 倍和 36.52 倍,由高水平抗性降为中等水平抗性;贺兰产业园种群抗性倍数有所起伏,但 3 年的测试结果均为高水平抗性;贺兰新平种群抗性发展较快,抗性倍数先由 87.36 倍上升至 227.98 倍,后又下降至 172.65 倍,由高水平抗性发展为极高水平抗性。

表 2 宁夏不同地区烟粉虱田间种群对 5 种杀虫剂抗性年度变化

Table 2 Annual resistance variation of *Bemisia tabaci* to five insecticides in different areas of Ningxia

药剂 Insecticide	种群 Population	测定时间/年-月 Test time	斜率±标准误 b±SE	LC ₅₀ / mg·L ⁻¹	95%置信限/mg·L ⁻¹ 95% confidential interval	抗性倍数(RR) Resistance ratio
5%阿维菌素 EC abamectin 5% EC	西夏区	2017-12	0.97±0.11	0.16	0.11~0.22	1.00
		2018-06	0.85±0.07	1.29	0.97~1.72	8.06
		2019-06	0.75±0.10	1.87	1.18~2.95	11.69
	贺兰产业园	2017-12	0.84±0.10	0.69	0.50~1.01	4.31
		2018-06	0.97±0.06	1.09	0.89~1.33	6.81
		2019-06	1.02±0.07	1.30	0.96~1.75	8.13
	贺兰新平	2017-12	1.29±0.12	0.80	0.63~1.06	5.00
		2018-06	0.73±0.10	1.52	1.24~1.86	9.48
		2019-06	0.81±0.09	1.75	1.16~2.64	10.94
70%吡虫啉 WG imidacloprid 70% WG	西夏区	2017-12	1.17±0.10	52.23	41.38~64.81	6.55
		2018-06	1.03±0.08	16.12	12.82~20.26	2.02
		2019-06	0.80±0.07	27.28	20.25~36.75	3.42
	贺兰产业园	2017-12	0.85±0.10	31.00	19.91~43.40	3.88
		2018-06	0.93±0.07	105.02	90.13~122.37	13.16
		2019-06	0.92±0.07	94.62	69.53~128.75	11.86
	贺兰新平	2017-12	0.58±0.10	34.07	17.96~53.41	4.27
		2018-06	0.82±0.10	170.95	139.83~208.99	21.42
		2019-06	0.82±0.10	208.62	131.56~330.83	26.14
10%烯啶虫胺 AS nitenpyram 10% AS	西夏区	2017-12	0.62±0.10	6.88	1.99~13.85	1.02
		2018-06	0.82±0.05	81.92	68.45~98.04	12.14
		2019-06	1.15±0.05	104.64	84.32~129.86	15.50
	贺兰产业园	2017-12	1.04±0.11	106.88	82.59~143.30	15.83
		2018-06	0.78±0.08	195.97	159.42~240.89	29.03
		2019-06	0.91±0.07	208.58	153.52~283.37	30.90
	贺兰新平	2017-12	1.32±0.12	126.50	101.43~163.97	18.74
		2018-06	0.85±0.10	468.01	390.89~560.34	69.33
		2019-06	0.77±0.11	497.01	302.33~817.05	73.63
45%毒死蜱 EC chlorpyrifos 45% EC	西夏区	2017-12	0.68±0.11	1 133.27	646.41~2 910.88	46.35
		2018-06	0.72±0.08	838.51	747.21~940.96	34.29
		2019-06	0.75±0.09	598.72	399.84~896.53	24.49
	贺兰产业园	2017-12	0.89±0.12	917.98	589.27~1 804.25	37.55
		2018-06	0.83±0.09	525.31	411.95~669.87	21.49
		2019-06	0.90±0.07	402.91	299.54~541.96	16.48
	贺兰新平	2017-12	1.06±0.13	845.80	575.09~1 485.66	34.59
		2018-06	1.08±0.07	949.88	770.42~1 171.18	38.85
		2019-06	0.97±0.08	905.43	625.49~1 310.67	37.03
4.5%高效氯氟菊酯 EC beta-cypermethrin 4.5% EC	西夏区	2017-12	0.75±0.11	1 942.42	1 316.60~3 283.69	66.66
		2018-06	1.14±0.05	970.69	871.60~1 081.03	33.31
		2019-06	1.12±0.05	1 064.30	856.29~1 322.83	36.52
	贺兰产业园	2017-12	1.08±0.12	3 010.72	2 169.41~4 726.63	103.32
		2018-06	0.79±0.09	3 741.67	2 849.22~4 913.66	128.40
		2019-06	0.91±0.07	3 119.56	2 245.36~4 334.12	107.05
	贺兰新平	2017-12	0.43±0.10	2 545.68	1 391.04~7 293.82	87.36
		2018-06	1.03±0.09	6 643.26	5 631.43~7 836.89	227.98
		2019-06	0.96±0.08	5 030.99	3 484.08~7 264.73	172.65

3 结论与讨论

目前,烟粉虱已经对生产上多数常用的杀虫剂产生抗性。本研究对宁夏 8 个地区的烟粉虱种群的

抗药性监测结果表明,测试的烟粉虱种群已对供试的 5 种杀虫剂产生了不同程度的抗性。从抗性水平上看,烟粉虱对拟除虫菊酯类杀虫剂高效氯氟菊酯抗性最为严重,供试种群中有 1 个达到极高水平抗

性,有 6 个达到高水平抗性。其次是对新烟碱类杀虫剂烯啶虫胺,有 3 个种群达到高水平抗性。因此,生产上防治烟粉虱应禁止或限制使用高效氯氰菊酯和烯啶虫胺。对有机磷类杀虫剂毒死蜱,宁夏 8 个地区的烟粉虱种群产生了低至中等水平抗性;对阿维菌素除吴忠种群产生了中等水平抗性外,其他地区种群还处于低水平抗性阶段;对吡虫啉,除西夏和固原种群尚表现敏感外,其他种群产生了低至中等水平抗性。毒死蜱已禁止在蔬菜上使用,因此,在生产上使用吡虫啉和阿维菌素时要注意合理轮换交替使用,避免连续使用,以延缓烟粉虱抗药性的产生和发展。

Omer 等^[19]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。本文测定的宁夏 8 个地区的烟粉虱田间种群抗药性也有着明显的区域性,总体而言,对 5 种杀虫剂抗性最为普遍且严重的地区为银川贺兰新平村、吴忠利通区龙二村和石嘴山大武口简泉村,其次为贺兰产业园、中卫阳光自然生态园和永宁北全村,而西夏区军马场、固原三营利民园区的烟粉虱种群则抗性相对较低,这也反映出不同地区由于用药习惯不同,药剂的选择压力不同,从而导致烟粉虱抗性发展水平不同。

分析宁夏银川的 3 个种群对 5 种杀虫剂的抗性年度变化表明,烟粉虱对烯啶虫胺的抗性发展比较迅速,而对阿维菌素和吡虫啉抗性发展相对较慢,西夏区军马场和贺兰产业园种群对毒死蜱敏感性则有所恢复。贺兰产业园和新平村种群对高效氯氰菊酯的抗性有不同程度的增加,都仍处于高至极高水平抗性,进一步表明高效氯氰菊酯用于烟粉虱防治存在抗性风险。

烯啶虫胺是国内推广的一种替代高毒有机磷农药的品种,使用年限相对较短。胡荣利等^[20]研究表明,烟粉虱对烯啶虫胺有产生抗性的风险,但抗性发展缓慢。而闫文茜等^[21]发现,烟粉虱对烯啶虫胺的抗性 3 年内持续升高,由低抗水平(6.68 倍)升高至高抗水平(83.62 倍)。本研究则表明烟粉虱田间种群对烯啶虫胺的抗性发展迅速,特别是贺兰新平种群从中等水平抗性发展到高水平抗性。因此,在防治烟粉虱时烯啶虫胺的抗性问题的不容忽视。而对吡虫啉,郑宇等^[22]比较了 2005 年和 2009 年抗药性监测结果,发现福建省各地区烟粉虱种群对吡虫啉、噻

虫啉等新烟碱类杀虫剂的抗性发展迅速,已由低抗发展为中抗水平,而 Palumbo 等^[23]发现,在 1995 年至 1998 年间烟粉虱田间种群对吡虫啉的敏感性下降,但在 1999 年和 2000 年敏感性恢复并保持在 1997 年的水平。而本研究对烟粉虱的监测结果也显示,宁夏 3 个地区中虽有 2 个地区的烟粉虱田间种群对吡虫啉抗性由敏感性降低上升到中抗水平,但西夏区种群则由低水平抗性恢复到敏感性降低水平。吡虫啉仍是防治烟粉虱的主要品种之一,因此,目前面临的问题是如何在生产上做到更加合理地使用,延缓烟粉虱对其抗性的产生和发展。

阿维菌素是大环内酯类抗菌素类杀虫剂,是防治烟粉虱较好的药剂,而且具有持效期长的特点。万三连等^[24]测定了 5 种药剂对南瓜上烟粉虱的毒力,结果表明烟粉虱对阿维菌素最为敏感。Kang 等^[25]在室内生测时发现阿维菌素对烟粉虱的毒力优于吡虫啉,阿维菌素和吡虫啉对两个地区田间种群的 LC_{50} 分别为 0.221~2.07 mg/L 和 0.692~5.49 mg/L。本研究中,宁夏 8 个不同地区田间种群抗性监测结果,除永宁种群还处于敏感性下降阶段外,其他 7 个地区种群均处于低至中等水平抗性,而 3 个地区不同年度抗性测定显示抗性均有增加,表明烟粉虱对阿维菌素也存在着抗性风险,在生产中要注意合理使用阿维菌素,以发挥其良好的控制作用。而宁夏地区烟粉虱对毒死蜱的抗性,则随着毒死蜱在蔬菜上禁用,敏感性则有所恢复,但仍维持较高水平抗性,这与郑宇等^[22]的研究结果相似。

参考文献

- [1] OLIVEIRA M R V, HENNEBERRY T J, ANDERSON P. History, current status and collaborative research projects for *Bemisia tabaci* [J]. Crop Protection, 2001, 20(9): 709-723.
- [2] CHU Dong, ZHANG Youjun, CONG Bin, et al. Sequence analysis of mtDNA COI gene and molecular phylogeny of different geographical populations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) [J]. 中国农业科学: 英文版, 2005, 4(7): 533-541.
- [3] CHU Dong, ZHANG Youjun, BROWN J K, et al. The introduction of the exotic Q biotype of *Bemisia tabaci* from the Mediterranean region into China on ornamental crops [J]. Florida Entomologist, 2006, 89(2): 168-174.
- [4] 向玉勇, 李子忠, 张帆, 等. 烟粉虱和温室粉虱的研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(4): 352-359.
- [5] JONES D R. Plant viruses transmitted by whiteflies [J]. Euro-

- pean Journal of Plant Pathology, 2003, 109(3): 195–219.
- [6] BARRO P J D, DRIVER F. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) [J]. Austral Entomology, 1997, 20(36): 149–152.
- [7] 赵莉, 张荣, 肖艳, 等. 危害棉花的重要害虫烟粉虱在新疆发现[J]. 新疆农业科学, 2000 (1): 27–28.
- [8] 罗晨, 张君明, 石宝才, 等. 北京地区烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)调查初报[J]. 北京农业科学, 2000, 18(S1): 42–47.
- [9] 周福才, 杜予州, 任顺祥. 我国棉田烟粉虱的发生为害及控制[J]. 中国植保导刊, 2005, 25(1): 8–11.
- [10] DENHOLM I. Insecticide resistance: an avoidable pest management problem [J]. Aspects of Applied Biology, 1988, 17: 239–246.
- [11] NAUEN R, DENHOLM I. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects [J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2005, 58(4): 200–215.
- [12] RODITAKIS E, RODITAKIS N E, TSAGKARAKOU A. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete [J]. Pest Management Science, 2010, 61(6): 577–582.
- [13] ERDOGAN C, MOORES G D, GURKAN M O, et al. Insecticide resistance and biotype status of populations of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Turkey [J]. Crop Protection, 2008, 27(3/4/5): 600–605.
- [14] LUO C, JONES C, DEVINE G, et al. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* biotype Q (Hemiptera: Aleyrodidae) from China [J]. Crop Protection, 2010, 29(5): 429–434.
- [15] WANG Zhengyu, YAN Haifei, YANG Yihua, et al. Biotype and insecticide resistance status of the whitefly *Bemisia tabaci* from China [J]. Pest Management Science, 2010, 66(12): 1360–1366.
- [16] ZHENG Huixin, XIE Wen, WANG Shaoli, et al. Dynamic monitoring (B versus Q) and further resistance status of Q-type *Bemisia tabaci* in China [J]. Crop Protection, 2017, 94: 115–122.
- [17] CAHILL M, GOMAN K, DAY S, et al. Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 1996, 86(4): 343–349.
- [18] 刘凤沂, 李惠陵, 邱建友, 等. 惠州地区褐飞虱对几种药剂的抗药性监测[J]. 昆虫知识, 2010, 47(5): 991–993.
- [19] OMER A D, JOHNSON M W, TABASHNIK B E, et al. Sweet-potato whitefly resistance to insecticides in Hawaii: Intra-island variation is related to insecticide use [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1993, 67(2): 173–182.
- [20] 胡荣利, 朱伟, 祝树德. 烯啶虫胺对烟粉虱的使用技术及抗性风险评估研究[J]. 生物灾害科学, 2012, 35(4): 359–365.
- [21] 闫文茜, 王相晶, 张友军, 等. 北京地区蔬菜烟粉虱种群动态及其对烟碱类杀虫剂的抗药性监测[J]. 植物保护, 2012, 38(5): 154–157.
- [22] 郑宇, 赵建伟, 何玉仙, 等. 福建省烟粉虱田间种群抗药性发展及其影响因素[J]. 应用生态学报, 2012, 23(1): 271–277.
- [23] PALUMBO J C, HOROWITZ A R, PRABHAKER N. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci* [J]. Crop Protection, 2001, 20(9): 739–765.
- [24] 万三连, 刘勇, 王爽, 等. 5种药剂对海南甜瓜烟粉虱的毒力测定[J]. 中国瓜菜, 2015, 28(2): 28–30.
- [25] KANG C Y, WU G, MIYATA T. Synergism of enzyme inhibitors and mechanisms of insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hom., Aleyrodidae) [J]. Journal of Applied Entomology, 2006, 130(6/7): 377–385.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 218 页)

- [10] 贾秋珍, 曹世勤, 黄瑾, 等. 2013–2016年甘肃省小麦条锈菌生理小种变异监测[J]. 植物保护, 2018, 44(6): 162–167.
- [11] 中华人民共和国农业部. 小麦抗条锈病评价技术规范: NY/T1443.1–2007[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 7.
- [12] 刘博, 刘太国, 章振羽, 等. 中国小麦条锈菌条中34号的发现及其致病特性[J]. 植物病理学报, 2017, 47(5): 681–687.
- [13] 贾秋珍, 黄瑾, 曹世勤, 等. 感染我国重要小麦抗源材料贵农22的条锈菌新菌系的发现及致病性初步分析[J]. 甘肃农业科技, 2012(1): 3–5.
- [14] LIU Taiguo, PENG Yunliang, CHEN Wanquan, et al. First detection of virulence in *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China to resistance genes Yr24(=Yr26) present in wheat cultivar Chuanmai 42 [J]. Plant Disease, 2010, 94(9): 1163.
- [15] 黄冲, 姜玉英, 李佩玲, 等. 2017年我国小麦条锈病流行特点及重发原因分析[J]. 植物保护, 2018, 43(2): 162–166.
- [16] 曹世勤, 黄瑾, 贾秋珍, 等. 中四抗条锈特点及其在抗病育种中的利用价值[J]. 植物保护, 2013, 39(6): 91–94.
- [17] 杨敏娜, 徐智斌, 王美南, 等. 小麦品种中梁22抗条锈病基因的遗传分析和分子作图[J]. 作物学报, 2008, 37(4): 1280–1284.
- [18] 王岭岭, 侯冬媛, 王文立, 等. 小麦品系中梁93444的抗条锈性遗传分析和分子作图[J]. 植物保护学报, 2011, 38(2): 109–115.
- [19] 杨悦, 马东方, 王文立, 等. 中梁93447抗条锈病基因遗传分析和分子作图[J]. 植物病理学报, 2010, 40(5): 82–88.

(责任编辑: 杨明丽)