

2017 年—2018 年甘肃省小麦条锈菌生理小种变异监测

贾秋珍^{1,2,3*}, 曹世勤^{1,2,3*}, 王晓明^{1,2,3}, 黄瑾^{1,2,3},
孙振宇^{1,2,3}, 张勃^{1,2,3}, 骆惠生^{1,2}, 李青青^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070; 2. 农业农村部天水作物有害生物观测实验站, 天水 741200;
3. 农业农村部国家植物保护甘谷观测实验站, 天水 741200)

摘要 2017 年—2018 年对采自甘肃省不同生态区的 572 份小麦条锈菌标样进行生理小种鉴定及监测, 结果表明: 两年共监测出 37 个生理小种及致病类型。其中贵农 22 类群居第一位, 2017 年和 2018 年出现频率分别为 56.88% 和 50.34%, 中四类群出现频率分别为 10.15% 和 13.85%。主要流行小种中, 条中 34 号出现频率分别为 33.69% 和 38.51%, 居第一位; 条中 32 号出现频率分别为 13.04% 和 15.20%, 居第二位; 条中 33 号出现频率降至 5% 以下; 贵 22-14 致病类型出现频率在 4%~6.6% 之间; 新菌系 ZS-1 出现频率呈上升趋势, 2017 年和 2018 年出现频率分别为 2.90% 和 7.43%; 次要致病类型中, HY4、HY8、水 11-3、水 11-7、水 11-192 及贵 22-104、贵 22-108、ZS-18 等出现频率在 0.72%~4.71% 之间, 其他致病类型在 0.36% 以下。毒性分析发现, VYr9、VYr3b+Yr4b、VYrSu、VYr26 仍为甘肃省主要毒性致病基因。目前甘肃小麦条锈菌仍处于以条中 34 号为主的贵农 22 致病类群占优势阶段。开展中四类群监测是今后条锈菌变异研究的重点。抗条锈育种应以抗条中 34 号、条中 32 号、ZS-1 为主, 兼顾贵农 22 及中四类群中其他类型。

关键词 小麦条锈菌; 生理小种; 致病类群; 致病基因

中图分类号: S 435.121.42 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020147

Monitoring the variation of physiological races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Gansu province during 2017–2018

JIA Qiuzhen^{1,2,3*}, CAO Shiqin^{1,2,3*}, WANG Xiaoming^{1,2,3}, HUANG Jin^{1,2,3},
SUN Zhenyu^{1,2,3}, ZHANG Bo^{1,2,3}, LUO Huisheng^{1,2}, LI Qingqing^{1,2}

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;
2. Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Tianshui, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianshui 741200, China; 3. National Agricultural Experimental Station for Plant Protection at Gangu, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianshui 741200, China)

Abstract 572 samples of wheat stripe rust from different locations of Gansu province at adult stage, over-summer period, autumn-seedling stage and spring stage, were collected for monitoring the variation of physiological races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst*) during 2017–2018. The results showed that 37 races of *Pst* were acquired. The frequencies of pathotype clade Guinong 22 of *Pst* were 56.88% and 50.34%, and the new pathotype clade Zhong 4 were 10.15% and 13.85%, respectively. The frequencies of the first dominant race CYR34 were 33.69% and 38.51%, followed by CYR32 with the frequency of 13.04% and 15.20%, and the CYR33 decreased to less than 5%. The frequency of G22-14 were 4%–6.6%. The frequencies of new isolate ZS-1 were 2.90% and 7.43%, showing increase tendency. The frequencies of isolates HY4, HY8, Su11-3, Su 11-7,

收稿日期: 2020–03–22

修订日期: 2020–06–30

基金项目: 国家自然科学基金地区基金(31860484); 国家重点研发计划(2018YFD0200406); 甘肃省小麦产业技术体系(GARS-01-07)

* 通信作者 E-mail: 贾秋珍 jiaqiuzhen@163.com; 曹世勤 caoshiqin6702@163.com

Su 11-192, G22-104, G22-108 and ZS-18 were 0.72% to 4.71%, while those of other races were as lower than 0.36%. The main virulent genes were VYr9, VYr3b + Yr4b, VYrSu and VYr26 in Gansu province during 2017—2018. The physiological race CYR34 and Guinong 22 clade were the leading races in the sampled *Pst* populations. Monitoring the new pathotype clade Zhong 4 variation will be the key point in further research in Gansu province. The future goals of wheat breeding need to be focus on the resistance to CYR34, CYR32 and ZS-1, and with consideration to other races of *Pst* such as Guinong clade and Zhong 4 clade.

Key words *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*; physiological race; pathotype; virulent gene

小麦条锈病是发生于甘肃省乃至中国小麦生产上的重要病害,防治该病害最经济、有效的措施是利用抗病品种^[1-3]。由于条锈菌的高度变异性,不断产生新的毒性小种/菌系,从而克服主要生产品种及抗源材料的抗锈性,造成抗病小麦品种不断丧失抗病性而失去利用价值,引致小麦条锈病在生产上的发生和流行^[2,4]。截至目前,生产上已造成 8 次全国范围内的大规模品种更替^[4]。开展小麦条锈菌新毒性小种的持续、系统监测是条锈病研究的一项长期性和基础性工作,也是抗锈育种及锈病治理的重要环节^[5-6]。对甘肃省特别是陇南这个小麦条锈菌的常发易变区来说,更为重要。本文是继 2006 年—2007 年^[7]、2008 年—2009 年^[8]、2010 年—2012 年^[9]、2013 年—2016 年^[10]之后对 2017 年—2018 年甘肃省条锈菌样监测的阶段性总结,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 条锈菌样品收集

条锈菌样品主要采自甘肃陇南麦区的天水市秦州区、麦积区、甘谷县、清水县和陇南市文县、礼县、康县、徽县,中部麦区的定西市陇西县、漳县、安定区、通渭县、渭源县、临洮县和临夏州临夏县、永靖县、和政县、积石山县及兰州市永登县和甘南州卓尼县,陇东麦区的平凉市崆峒区、庄浪县,河西麦区的张掖市民乐县、山丹县和武威市古浪县等 8 个市州 24 个县(市、区)不同时期生产品种、高代材料、后备品系和抗源材料的成株期及早春自生麦苗和秋苗发病叶片。

1.2 鉴别寄主

采用全国通用的 19 个鉴别寄主:‘Trigo Eureka’ ‘Fulhard’ ‘保春 128’ ‘南大 2419’ ‘维尔’ ‘阿勃’ ‘早洋’ ‘阿夫’ ‘丹麦 1 号’ ‘尤皮 II 号’ ‘丰产 3 号’ ‘洛夫林 13’ (Yr9)、‘抗引 655’ ‘水源 11’ (YrSu)、‘中四’ ‘洛夫

林 10’ (Yr9)、‘Hybrid46’ (Yr3b + Yr4b)、‘*Triticum spelta album*’ (Yr5)、‘贵农 22’ (Yr26, Yr10)。2016 年新增‘Avocet S * 6/Yr10 NILS’ ‘Avocet S * 6/Yr15 NILS’ ‘Avocet S * 6/Yr27 NILS’ 及‘周麦 22’ 为辅助鉴别寄主,籍以侦察新小种。

1.3 条锈菌标样的保存、繁殖及鉴定

标样的保存、繁殖及鉴定参照中华人民共和国农业行业标准(NY/T1443.1-2007)《小麦抗病虫害性评价技术规范:第一部分小麦抗条锈病评价技术规范》进行^[11]。温室培养温度(14±3)℃,光照时间 10~14 h/d,接种后 15~18 d,待感病对照品种‘铭贤 169’充分发病后分别记载各品种反应型。

反应型分级采用 0、0₁、1、2、3、4 共 6 级标准进行,其中 0~2 型为抗病(R,无毒性),3~4 型为感病(S,有毒性)。

2 结果与分析

2.1 监测结果

2017 年监测条锈菌标样 276 份,2018 年 296 份,两年合计监测 572 份,共监测出 37 个生理小种及致病类型,分别为 HY 类群中的条中 32 号、HY4、HY8、HY18、HY21、HY42、HY58 和 HY108;水源类群中的条中 33 号、水 11-2、水 11-3、水 11-4、水 11-7、水 11-24、水 11-35、水 11-41、水 11-192、水 11-196;贵农 22 类群中的条中 34 号、贵 22-14、贵 22-40、贵 22-47、贵 22-50、贵 22-51、贵 22-74、贵 22-82、贵 22-104、贵 22-108、贵 22-110、贵 22-133、贵 22-244、贵 22-273、贵 22-286、贵 22-322;中四类群的 ZS-1、ZS-18 和 ZS-52,总计 470 份,占监测总数的 82.17%。未命名类型共 102 份,其中洛夫林 10 和洛夫林 13 类群 6 份, HY 类群 16 份,水源类群 15 份,贵农类群 31 份,对‘中四’ ‘*Triticum spelta album*’ (Yr5)有毒性的 27 份,其他未命名类型 7 份。总计 102 份,占监测总数的 17.83%(详细监测结果见表 1)。

表 1 2017 年—2018 年甘肃省小麦条锈菌生理小种出现频率及区域分布

Table 1 Frequencies of physiological races and distribution locations of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Gansu province during 2017—2018

小种 Race/isolate	2017 年		2018 年	
	出现频率/% Frequency	分布地区 Distribution location	出现频率/% Frequency	分布地区 Distribution location
洛 10 类群 Lovrin 10 clade	0.36	卓尼县	0.68	秦州区、麦积区、庄浪县
洛 13 类群 Lovrin 13 clade	1.09	永登县、永靖县、民乐县		
条中 32 号 CYR32	13.04	甘谷县、秦州区、麦积区、陇西县、文县、成县、徽县、永登县、卓尼县、永靖县、临夏县、民乐县、崆峒区、山丹县	15.20	甘谷县、秦州区、麦积区、礼县、清水县、渭源县、漳县、康乐县、临夏县、崆峒区、临洮县
HY4	0.36	康县	1.01	甘谷县、秦州区、麦积区
HY8	1.45	临洮县、康县、永登县	0.68	甘谷县、清水县
HY18	0.36	徽县		
HY21	0.36	文县		
HY42			0.34	秦州区、麦积区
HY58	0.36	甘谷、秦州区、麦积区		
HY108			1.69	秦州区、麦积区、临夏县
HY 其他 HY others	2.90	秦州区、麦积区、文县、卓尼县	2.70	甘谷县、秦州区、麦积区、临洮县、和政县、临夏县
条中 33 号 CYR33	5.07	甘谷县、秦州区、麦积区、徽县、临洮县、卓尼县、永靖县、临夏县、民乐县、崆峒区	2.37	甘谷县、秦州区、麦积区、庄浪县、通渭县、卓尼县、临洮县
水 11-2 Su11-2			0.34	临夏县
水 11-3 Su11-3			1.36	漳县、和政县
水 11-4 Su11-4	0.72	甘谷县、卓尼县	0.34	和政县
水 11-7 Su11-7	2.17	秦州区、麦积区、卓尼县、民乐县、永靖县	1.35	秦州区、麦积区、清水县、和政县
水 11-24 Su11-24			0.34	甘谷县
水 11-35 Su11-35	0.36	甘谷县	0.68	秦州区、麦积区
水 11-41 Su11-41			0.68	甘谷县、临夏县
水 11-192 Su11-192			1.69	甘谷县、秦州区、麦积区、陇西县
水 11-196 Su11-196			1.01	甘谷县、渭源县、临夏县、崆峒区
水源其他 Su11 others	2.90	秦州区、麦积区、文县、永登县、卓尼县、临夏县	2.37	秦州区、麦积区、文县、庄浪县
条中 34 号 CYR34	33.70	甘谷县、秦州区、麦积区、成县、徽县、清水县、永登县、临洮县、卓尼县、临夏县、永靖县、民乐县、古浪县、崆峒区	38.51	甘谷县、秦州区、麦积区、清水县、文县、礼县、成县、陇西县、漳县、临洮县、安定区、通渭县、和政县、临夏县、卓尼县、崆峒区、庄浪县
贵 22-14 G22-14	6.88	甘谷县、秦州区、麦积区、礼县、卓尼县、临夏县、民乐县、崆峒区	4.05	甘谷县、秦州区、麦积区、清水县、临夏县、临洮县
贵 22-40 G22-40	0.36	秦州区、麦积区		
贵 22-47 G22-47	0.36	卓尼县		
贵 22-50 G22-50			0.34	和政县
贵 22-51 G22-51	0.36	徽县	0.34	和政县
贵 22-74 G22-74	0.36	永靖县	0.68	甘谷县、秦州区、麦积区
贵 22-82 G22-82			0.34	秦州区、麦积区
贵 22-104 G22-104	0.72	甘谷县、临夏县	0.68	秦州区、麦积区、和政县
贵 22-108 G22-108	4.71	甘谷县、秦州区、麦积区、临夏县、民乐县、古浪县	1.02	秦州区、麦积区、崆峒区、庄浪县
贵 22-110 G22-110			0.34	秦州区、麦积区
贵 22-133 G22-133			0.34	临夏县
贵 22-244 G22-244	0.36	文县		
贵 22-273 G22-273	0.36	崆峒区		
贵 22-286 G22-286	0.72	卓尼县		
贵 22-322 G22-322	0.36	文县		

续表 1 Table 1(Continued)

小种 Race/isolate	2017 年		2018 年	
	出现频率/% Frequency	分布地区 Distribution location	出现频率/% Frequency	分布地区 Distribution location
贵农其他 Guinong others	7.25	甘谷县、秦州区、麦积区、文县、徽县、清水县、永登县、临洮县、卓尼县、永靖县	3.72	秦州区、麦积区、文县、礼县、清水县、陇西县、渭源县、庄浪县、临夏县
ZS-1	2.90	秦州区、麦积区、成县、永登县、临夏县	7.43	甘谷县、秦州区、麦积区、清水县、安定区、卓尼县、临夏县
ZS-18	1.09	甘谷县、卓尼县、永登县	2.37	甘谷县、秦州区、麦积区、清水县
ZS-52	0.72	秦州区、麦积区、卓尼县	0.34	安定区
中四其他 Zhong 4 others	5.80	秦州区、麦积区、徽县、清水县、卓尼县、临夏县、永登县、民乐县、古浪县、山丹县	3.72	秦州区、麦积区、清水县、安定区、临夏县、崆峒区
未归其他 Others	1.45	秦州区、麦积区、卓尼县、永登县	1.01	甘谷县、秦州区、麦积区

2.2 小种消长趋势分析

2.2.1 类群出现频率分析

2017 年和 2018 年,贵农 22 类群出现频率分别为 56.52%和 50.34%,与 2016 年的 66.76%相比,呈逐年下降趋势,但仍居第一位;HY 类群出现频率呈回升趋势,由 2016 年的 13.94%上升到 2017 年的 18.84%和 2018 年的 21.62%,是第二位优势类群;水源类群出现频率由 2016 年的 10.99%小幅上升

到 2017 年的 11.23%和 2018 年的 12.50%,到 2018 年已降至第四位;中四类群出现频率已由 2016 年 5.89%迅速上升到 2017 年的 10.51%和 2018 年的 13.85%,居第三位;洛夫林 10、洛夫林 13 和其他类群出现频率在 0.36%~1.45%之间,对甘肃省小麦生产已不构成威胁。贵农 22 类群仍是目前危害甘肃省小麦生产的优势致病类群,中四类群出现频率的快速上升应引起育种家及生产上的高度重视(表 2)。

表 2 2016 年—2018 年甘肃省小麦条锈菌主要生理小种及致病类群出现频率
Table 2 Frequency of main physiological races and pathotype clade of *Puccinia strii-formis* f. sp. *tritici* in Gansu province during 2016—2018

年份 Year	数量/份 Number	出现频率/% Frequency							
		类群 Clade				生理小种/致病类型 Race/pathotype			
		HY 类群 HY clade	水源类群 Sul1 clade	贵农 22 类群 Guinong 22 clade	中四类群 Zhong 4 clade	条中 32 号 CYR32	条中 33 号 CYR33	条中 34 号 CYR34	ZS-1
2016 ^[10]	373	13.94	10.99	66.76	5.89	9.12	5.63	34.85	1.61
2017	276	18.84	11.23	56.52	10.51	13.04	5.07	33.70	2.90
2018	296	21.62	12.50	50.34	13.85	15.20	2.36	38.51	7.43

2.2.2 小种及致病类型分析

2017 年—2018 年,条中 34 号出现频率分别为 33.70%和 38.51%,与 2016 年的 34.85%相当,仍居第一位;条中 32 号出现频率由 2016 年的 9.12%上升到 2017 年的 13.04%和 2018 年的 15.20%,居第二位;条中 33 号出现频率呈持续下降态势,已由 2016 年的 5.63%下降到 2017 年的 5.07%和 2018 年的 2.36%,居第五位;新类型 ZS-1 出现频率上升迅速,已由 2016 年的 1.61%上升到 2017 年的 2.90%和 2018 年的 7.43%,居第三位(表 2)。其他小种类型如 HY4、HY8、HY108、水 11-3、水 11-7、水 11-192、贵 22-108、ZS-18 出现频率在 1.01%~4.71%

之间, HY18、HY21、HY58、水 11-2、水 11-4、水 11-35、水 11-24、水 11-41、贵 22-40、贵 22-47、贵 22-74、22-104、贵 22-110、贵 22-133、贵 22-244、贵 22-286 等出现频率在 1.00%以下。

2.2.3 毒性频率分析

2017 年—2018 年,对抗条锈病基因 Yr9(载体品种‘洛夫林 10’‘洛夫林 13’)的毒性频率分别为 88.77%和 90.88%。主要原因是条种 34 号、条中 32 号、条中 33 号、贵 22-14、贵 22-108、ZS-12、ZS-18 等小种及致病类型均对洛类品种致病;对抗条锈病基因 Yr3b+Yr4b(载体品种‘Hybrid46’)毒性频率为 45.65%和 42.57%,与 2016 年的 58.18%相比,

呈下降趋势。这与以条中 32 号为代表的 HY 类群出现频率降低有关;对抗条锈病基因 *YrSu* (载体品种‘水源 11’)毒性频率为 89.86% 和 82.43%,与 2016 年的 97.59% 相比,呈下降趋势;对抗条锈病基因 *Yr26* (载体品种‘贵农 22’)毒性频率为 61.23% 和 59.46%,与 2016 年的 72.65% 相比,呈下降趋势;对抗源材料‘中四’的毒性频率为 10.50% 和 13.85%,与 2016 年的 5.89% 相比较,呈上升态势。表明甘肃省条锈菌群体中对 *Yr9*、*Yr3b*+*Yr4b*、*YrSu* 及 *Yr26* 有毒性的菌系数量多,表明这些基因已在甘肃失去利用价值。

3 结论与讨论

3.1 以条中 34 号为代表的贵农 22 类群监测

近年来,甘肃省小麦条锈菌群体中,以条中 34 号为代表的贵农 22 类群占优势,出现频率一直保持在 20% 以上^[10,12],2017 年—2018 年依然居第一位,是甘肃省第一位流行小种。毒性分析发现其对‘贵农 22’‘川麦 42’(*Yr24*)、‘92R137’(*Yr26*)均有毒性,但对抗源材料‘中四’‘*Triticum spelta album*’(*Yr5*)无毒性^[13-14]。2015 年以来对 *Yr26* 的毒性频率在 59% 以上^[10]。2017 年我国东部麦区小麦条锈病大流行,全国发生面积约 556 万 hm^2 ,是 2002 年以来发生面积最大的一年,就是由于条中 34 号流行、危害的结果^[15]。在甘肃省冬小麦种植区,选育和利用抗病品种,持续进行甘肃陇南小麦条锈病的有效控制,将会对保障我国东部黄淮海麦区小麦安全生产意义重大。在此基础上,在生产上继续压缩以‘贵农 21’‘贵农 22’和‘南农 92R’为代表的、含有此类血缘的品种种植面积,下大力气推广生产上抗病品种如兰天系的‘兰天 31 号’~‘兰天 36’及‘兰天 131’‘兰天 538’,天选系的‘天选 54’~‘天选 66’,陇鉴系的‘陇鉴 108’‘陇鉴 111’,陇育系的‘陇育 6 号’~‘陇育 10 号’和‘兰大 211’等,以减少优势小种在甘肃特别是陇南的哺育面积,降低秋苗期发病菌源量,为保障我国小麦安全生产提供技术支撑。

3.2 中四新类群的监测

小麦抗源材料‘中四’是以普通小麦为母本,中间偃麦草为父本获得的八倍体小偃麦,尽管在育种中相对难以利用,但天水市农业科学研究所以其为亲本,先后选育并标记出‘中梁 22 号’‘中 93447’等多个生产品种(系)^[16]和 *YrZhong 22*^[17-19]等多个抗

病基因。综合分析近年来甘肃省小麦条锈菌生理小种变异,其主要特点是感染中四的新菌系呈上升趋势。尽管新菌系致病类型出现频率总体呈持续上升态势,但其毒性仍尚不稳定。其致病特点是对抗条锈病基因 *Yr9*、*YrSu*、*Yr3b*+*Yr4b* 和抗源材料‘中四’有联合毒性,其中新菌系 ZS-1 是其中的主要致病类型,进一步加强对中四致病类型纯化、分离和鉴定研究是下一步工作的重点。在甘肃陇南抗病育种上,要针对致病类群中四,开展有针对性的育种工作;在生产上,推广兼抗条中 34 号、条中 32 号和新菌系 ZS 的品种。唯如此,才能做到有的放矢。

3.3 小种变异监测

近年来的监测结果发现,甘肃省小麦条锈菌群体中,未命名类型逐年增多。对贵农 22 类型来说,更是如此,呈现出类型多、稳定类型少、出现频率低、消失相对快的特点。其主要原因是随着小麦育种水平特别是分子育种水平的不断提升,抗源材料的广泛利用,使得生产品种抗病基因类型相对复杂多样,由此导致监测到的新类型逐年增多,小麦条锈菌群体毒性结构更加复杂,这也是给植物病理学研究和抗病育种带来的新课题。

参考文献

- [1] 李振岐. 小麦品种抗锈性丧失原因及对策[J]. 中国农业科学, 1980, 13(3): 72-76.
- [2] 李振岐,曾士迈. 中国小麦锈病[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [3] WAN Anmin, ZHAO Zhonghua, CHEN Xianming, et al. Wheat stripe rust epidemic and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China in 2002 [J]. Plant Disease, 2004, 88: 896-904.
- [4] 康振生,王晓杰,赵杰,等. 小麦条锈菌致病性及其变异研究进展[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3439-3453.
- [5] 万安民,吴立人,金社林,等. 2000—2001 年我国小麦条锈病发生和生理小种监测结果[J]. 植物保护, 2002, 28(3): 5-9.
- [6] 刘太国,王保通,贾秋珍,等. 2010—2011 年度我国小麦条锈菌生理专化研究[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(3): 574-578.
- [7] 贾秋珍,金社林,曹世勤,等. 2006—2007 年甘肃省小麦条锈菌生理小种监测结果[J]. 植物保护, 2009, 35(5): 105-108.
- [8] 贾秋珍,金社林,曹世勤,等. 2008—2009 年甘肃省小麦条锈菌生理小种监测结果[J]. 植物保护, 2011, 37(4): 130-133.
- [9] 黄瑾,贾秋珍,金社林,等. 2010—2012 年甘肃省小麦条锈菌生理小种变化动态监测[J]. 植物保护, 2014, 40(3): 101-105.

- 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* (Homoptera: 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* (Homoptera: 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 (Homoptera: 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)