

2019 年—2020 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^{2,3,4*}, 王晓明^{1,2,3}, 孙振宇^{1,2,3}, 张勃^{1,2,3},
黄瑾^{1,2,3}, 骆惠生^{1,2,3}, 李青青^{1,2,3}

(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野外科学观测实验站, 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; 4. 甘肃省农业科学院小麦研究所, 兰州 730070)

摘要 2019 年—2020 年, 对甘肃省不同生态区于小麦不同生育期采集的 661 份条锈菌标样, 在甘肃省农业科学院植物保护研究所兰州温室进行条锈菌生理小种变异监测, 结果表明: 两年共监测到 52 个生理小种及致病类型, 其中贵农 22 仍为优势致病类群, 居第一位, 2019 年和 2020 年出现频率分别为 36.7% 和 49.5%, 低于 2018 年的 50.3%; 其次是 HY 和水源致病类群, 出现频率分别为 25.3%、25.5% 和 10.2% 和 15.5%; 中四致病类群出现频率分别为 22.8% 和 7.6%, 2020 年居第五位, 低于 2018 年的 13.9%。流行小种条中 34 号出现频率分别为 23.4% 和 22.5%, 居第一位; 条中 32 号出现频率分别为 19.6% 和 17.9%, 居第二位; 条中 33 号、贵 22-14 出现频率分别为 4.4%、4.0% 和 2.5%、6.0%; 新类型 ZS-1 出现频率分别为 7.0% 和 0.6%。次要致病类型如 HY8、HY29、HY103、水 11-192 及贵 22-13、贵 22-108、贵 22-244 和贵 22-271 等出现频率在 1.0%~1.9% 之间, 其他致病类型均在 0.6% 以下。毒性分析发现, VYr9、VYr3b+Yr4b、VYrsu、VYr26 为甘肃省条锈菌主要毒性致病基因, 毒性频率在 50.6%~93.7% 之间。甘肃小麦条锈菌群体结构仍处于以条中 34 号为主的贵农 22 致病类群占优势阶段。对感染中四的新致病菌系 ZS 进行持续监测是今后一段时期甘肃省小麦条锈菌变异研究的重点。小麦抗条锈育种应以兼抗条中 34 号、条中 32 号为主, 兼顾贵农 22 其他类型及中四新菌系。

关键词 小麦条锈菌; 生理小种; 致病类群; 变异监测

中图分类号: S435.121.42 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021500

Monitoring the variation of physiological races of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Gansu province during 2019—2020

JIA Qiuzhen^{1,2,3*}, CAO Shiqin^{2,3,4*}, WANG Xiaoming^{1,2,3}, SUN Zhenyu^{1,2,3}, ZHANG Bo^{1,2,3},
HUANG Jin^{1,2,3}, LUO Huisheng^{1,2,3}, LI Qingqing^{1,2,3}

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;
2. Scientific Observation 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;
4. Wheat Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract 661 samples of wheat stripe rust from different locations of Gansu province at different growth stages of over-summering, seedling in autumn and spring stem elongation and adult plant, were collected for monitoring the variation of physiological races of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* (Pst) at Lanzhou greenhouse, Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences during 2019—2020. The results showed that there were 52 races/types of Pst. The frequencies of pathotype clade Guinong 22 were 36.7% and 49.5% in 2019 and 2020, respectively, lower than 2018, which was 50.3%. The second and third pathotype clade were HY and Su11, with the frequencies of 25.3%, 25.5% and 10.2%, 15.5%, respectively. The new pathotype clade Zhong 4 were

收稿日期: 2021-09-09 修订日期: 2021-11-29

基金项目: 国家自然科学基金地区基金(31860484)

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

22.8% and 7.6%, the fifth in 2020, also lower than 2018 with the frequency of 13.9%. The frequencies of the first dominant race CYR34 of Pst were 23.4% and 22.5%, and the second race CYR32 were 19.6% and 17.9%, the followed race ZS-1 was sharply decreased to 7.0% and 0.6%. The race CYR33 and Gui 22-14 were slowly increased, with the frequencies of 4.4%, 4.0% and 2.5%, 6.0%, respectively. The frequencies of other races/pathotypes including HY8, HY29, HY103, Su11-192, Gui 22-13, Gui 22-108, Gui 22-244, Gui 22-271, were 1.0% to 1.9%, while others were lower than 0.6%. The main virulent genes were VYr9, VYr3b + Yr4b, VYrsu, VYr26, and the virulent frequencies were 50.6% to 93.7%. The CYR34 and Guinong 22 clade were the leading races in the sampled Pst populations, which was the same as during 2017—2018. We will pay more attention to the future research on monitoring the virulence variation of Pst including the new ZS types of Pst. The wheat breeding need to be focused on the resistance to CYR34, CYR32, and given consideration to other races of Pst including CYR33, other types of Guinong clade and Zhong 4 clade, especially to winter wheat in Gansu province.

Key words *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*; physiological race; pathotype; monitoring of the variation

小麦条锈病是我国小麦生产上最重要的病害之一,在甘肃省严重发生^[1-3],也是发生于世界范围内的主要病害^[4-5]。多年的研究结果发现,甘肃陇南是小麦条锈病常发易变区,是条锈菌新小种策源地^[1-3,6]。防治该病害最经济、有效的措施是利用抗病品种,新小种的出现及消长是导致抗病品种抗锈性‘丧失’的最主要原因^[1,2,7-9]。对甘肃省特别是陇南这个中国最大的条锈菌越冬区,进行小麦条锈菌生理小种变异系统监测是一项长期性、基础性工作^[10-12],结果可及早发现新毒性菌系并明确其发展趋势,对及时调整抗病育种目标,提前指导抗病品种及抗病基因的布局应用,精准开展条锈病流行预测预警,实现持久、有效防治提供科学依据。本文是继 2004 年—2009 年^[13]、2010 年—2012 年^[14]、2013 年—2016 年^[15]、2017 年—2018 年^[16]之后,对 2019 年—2020 年甘肃省小麦条锈菌群体监测的又一阶段性总结,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 标样来源

标样主要采自甘肃省天水市秦州区、甘谷县、武山县、清水县、秦安县,陇南市武都区、文县、徽县,庆阳市镇原县、庆城县、宁县,平凉市崆峒区,定西市陇西县、漳县、渭源县、临洮县,临夏州和政县、康乐县、积石山县、临夏县,兰州市永登县,甘南州临潭县,金昌市永昌县,张掖市民乐县等 10 个市州 24 个县(区)(表 1)的小麦不同生长时期(成株期、秋苗期和早春)生产品种、高代材料、后备品种、抗源材料及越冬的自生麦苗上。

1.2 鉴别寄主

采用全国通用的 19 个鉴别寄主,分别是‘Trigo Eureka’‘Fullhard’‘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’‘中四’‘洛夫林 10’(Yr9),‘Hybrid46’(Yr3b+4b),‘*T. spelta album*’(Yr5),‘贵农 22’(Yr26)。2016 年新增‘Avocet S * 6/Yr10’‘Avocet S * 6/Yr15’‘Avocet S * 6/Yr27’及‘周麦 22’(YrZH22)为辅助鉴别寄主,籍以监测新小种。

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》。反应型分级采用 0、0₁、1、2、3、4 共 6 级标准,其中 0~2 级为抗病(R,无毒性),3~4 级为感病(S,有毒性)。温室培养温度(14±3)℃,光照时间 10~14 h/d,接菌后 15~20 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。

2 结果与分析

2.1 监测结果

2019 年—2020 年,共鉴定小麦条锈病标样 661 份,其中 2019 年 158 份,2020 年 503 份。2 年共监测到 52 个已归小种及类型,分别为洛 13 类群中的洛 13Ⅲ,Hybrid46 类群中的条中 31 号、条中 32 号、HY4、HY7-1、HY8、HY9-1、HY29、HY30、HY33、HY103、HY108、HY184、HY193,水源 11 类群中的条中 33 号、水 3、水 4、水 5-2、水 7、水 14-1、水 24、水 35、水 37、水 41、水 68、水 192、水 196,贵农 22 类群中的条中 34 号、贵 22-3、贵 22-13、贵 22-14、贵 22-40、贵 22-42、贵 22-50、贵 22-51、贵 22-52、贵 22-74、贵 22-78、贵 22-104、贵 22-107、贵 22-108、贵 22-201、贵 22-233、贵 22-243、贵 22-244、贵 22-245、贵

22-254、贵 22-271、贵 22-365,中四类群中的 ZS-1、ZS-18、ZS-52,共计 463 份,占 70.0%。未归类型 198 份,占 30.0%,其中洛类 11 份,Hybrid46 类 17 份,水源 11 类 39 份,贵农 22 类 80 份,中四类 49 份,分别占 1.7%、2.6%、5.9%、12.1%和 7.4%。其他未归 2 份,占 0.30%(表 1)。

表 1 2019 年—2020 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 <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i> in Gansu province during 2019—2020					
小种/类型 Race/Pathotype	2019 年 In 2019		2020 年 In 2020		
	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 Lovin 10 clade	4.4	秦州区	0.6	甘谷县、临洮县	
洛 13 类群 Lovin 13 clade	0.6	甘谷县			
洛 13Ⅲ Lovin 13Ⅲ			0.6	秦州区、漳县、临洮县	
条中 31 号 CYR31	0.6	秦州区			
条中 32 号 CYR32	19.6	甘谷县、秦州区、徽县、临夏县	17.9	甘谷县、秦州区、武山县、秦安县、徽县、成县、崆峒区、庆城县、镇原县、陇西县、渭源县、漳县、临洮县、康乐县、临夏县、永登县、民乐县	
HY4			0.2	民乐县	
HY7-1			0.2	康乐县	
HY8			1.8	甘谷县、成县、秦安县、漳县、康乐县、临夏县	
HY9-1			0.4	秦州区、渭源县	
HY29	1.9	秦州区、临夏县	0.2	康乐县	
HY30			0.2	临夏县	
HY33			0.4	漳县、临夏县	
HY103			1.2	徽县、漳县、康乐县、临夏县、民乐县	
HY108			0.2	甘谷县	
HY184			0.2	康乐县	
HY193			0.2	临洮县	
HY 其他 Other HY	3.2	秦州区、甘谷县、徽县、临夏县	2.4	甘谷县、秦州区、漳县、渭源县、康乐县、临夏县、镇原县、民乐县	
条中 33 号 CYR33	4.4	秦州区、成县、临夏县	4.0	甘谷县、秦州区、秦安县、漳县、渭源县、临洮县、康乐县、临夏县、崆峒区、宁县、永昌县、庆城县	
水 3 Su11-3			0.6	秦州区、临洮县、临夏县	
水 4 Su11-4			0.2	甘谷县	
水 5-2 Su11-5-2			0.8	甘谷县、秦州区、徽县、镇原县	
水 7 Su11-7	0.6	秦州区			
水 14-1 Su11-14-1			0.2	康乐县	
水 24 Su11-24			0.2	漳县	
水 35 Su11-35	0.6	秦州区	0.6	甘谷县、康乐县	
水 37 Su11-37	0.6	秦州区			
水 41 Su11-41			0.6	甘谷县、徽县、康乐县	
水 68 Su11-68			0.2	民乐县	
水 192 Su11-192			1.0	甘谷县、秦州区、	
水 196 Su11-196			0.6	秦州区、徽县	
水源其他 Other Su11	3.8	秦州区、临潭县、临夏县	6.6	秦州区、文县、徽县、崆峒区、庆城县、渭源县、临洮县、康乐县、临夏县	
条中 34 号 CYR34	23.4	甘谷县、秦州、成县、徽县、文县、渭源县、临夏县	22.5	甘谷县、秦州、徽县、成县、秦安县、崆峒区、庆城县、宁县、陇西县、渭源县、漳县、临洮县、康乐县、临夏县、永昌县、民乐县	
贵 22-3 Gui22-3			0.2	甘谷县	
贵 22-13 Gui22-13	1.3	秦州区、临夏县			
贵 22-14 Gui22-14	2.5	甘谷县、秦州区、渭源县、临夏县	6.0	甘谷县、秦州区、秦安县、徽县、崆峒区、宁县、临洮县、康乐县、临夏县、民乐县	
贵 22-40 Gui22-40	0.6	秦州区			
贵 22-42 Gui22-42	0.6	临夏县	0.6	渭源县、临夏县	

续表 1 Table 1(Continued)

小种/类型 Race/Pathotype		2019 年 In 2019		2020 年 In 2020	
		出现频率/% Frequency	分布地区 Distribution location	出现频率/% Frequency	分布地区 Distribution location
贵 22-50	Gui22-50	0.6	秦州区	0.4	甘谷县、临洮县
贵 22-51	Gui22-51			0.4	陇西县、徽县
贵 22-52	Gui22-52			0.4	秦州区
贵 22-74	Gui22-74			0.2	甘谷县
贵 22-78	Gui22-78			0.2	康乐县
贵 22-104	Gui22-104			0.2	陇西县
贵 22-107	Gui22-107			0.2	临夏县
贵 22-108	Gui22-108			1.4	甘谷县、徽县、漳县、康乐县、临夏县
贵 22-201	Gui22-201			0.2	秦州区
贵 22-233	Gui22-233			0.4	漳县、临夏县
贵 22-243	Gui22-243	7.6	甘谷县、秦州区、徽县、渭源县、 临潭县、临夏县	0.2	漳县
贵 22-244	Gui22-244			1.0	甘谷县、秦州区、临夏县
贵 22-245	Gui22-245			0.2	临夏县
贵 22-254	Gui22-254			0.2	康乐县
贵 22-271	Gui22-271			1.0	甘谷县、秦州区、漳县
贵 22-365	Gui22-365			0.2	临夏县
贵农其他	Other Guinong			13.5	甘谷县、秦州区、秦安县、徽县、成县、崆峒区、镇原县、庆城县、陇西县、渭源县、临洮县、康乐县、临夏县、永登县
ZS-1		7.0	甘谷县、秦州区、徽县、渭源县、 临夏县	0.6	甘谷县、徽县
ZS-18		1.3	秦州区	0.4	甘谷县、康乐县
ZS-52		1.9	秦州区、临夏县	0.8	秦安县、徽县、康乐县
中四其他	Other Zhong 4	12.7	甘谷县、秦州区、徽县、渭源县、 临夏县	5.8	甘谷县、秦州区、文县、徽县、宁县、漳县、渭源县、临洮县、康乐县、临夏县、永登县、民乐县
未归其他	Others uncategorized			0.4	秦州区、临洮县

2.2 生理小种消长趋势分析

2.2.1 致病类群出现频率

2019 年和 2020 年,贵农 22 致病类群出现频率分别为 36.7%和 49.5%,低于 2018 年的 50.3%,仍居第一位。HY 致病类群出现频率由 2018 年的 21.6%上升到 2019 年和 2020 年的 25.3%、25.5%,居第二位;水源致病类群出现频率 10.2%和 15.5%,与 2018 年的 12.5%相比较,年度间变化幅度不大,已从 2019 年的第五位升至 2020 年的第三位;中四致病类群出现频率由 2018 年的 13.9%、2019 年的 22.8%下降到 2020 年的 7.6%,2020 年下降到第四位(图 1)。洛夫林 10、洛夫林 13 致病类群和其他未归出现频率较低,仅为 0.4%~4.4%,对小麦生产构不成威胁。

2.2.2 生理小种及致病类型出现频率

2019 年和 2020 年,共监测出 52 个生理小种及致病类型,优势小种依然是各致病类群的代表小种条中 34 号、条中 32 号、条中 33 号及贵 22-14。条中 34 号仍为第一位优势小种,2 年共监测到 150 份,但出现频

率呈不断下降趋势,已由 2018 年的 38.5%下降到 2019 年的 23.4%和 2020 年的 22.5%^[16];条中 32 号仍居第二位,2 年共监测到 121 份,出现频率有所回升,由 2018 年的 15.2%上升到 2019 年的 19.6%和 2020 年的 17.9%;第三、四、五位优势小种有所变化,其中条中 33 号共监测到 27 份,由 2018 年的第五位升至 2019 年和 2020 年的第四位,出现频率由 2018 年的 2.4%上升至 2019 年的 4.4%和 2020 年的 4.0%^[16];贵 22-14 2 年共监测到 34 份,出现频率由 2018 年的第四位变为 2019 年的第五位和 2020 年的第三位,出现频率由 2018 年的 4.0%变为 2019 年的 2.5%和 2020 年的 6.0%;中四致病类群中的新菌系 ZS-1 两年共监测到 14 份,出现频率已由 2018 年的 7.4%下降到 2019 年的 7.0%和 2020 年的 0.6%。其他小种类型如 HY8、HY29、HY103、水 11-192、贵 22-13、贵 22-108、贵 22-244、贵 22-271 出现频率在 1.0%~1.9%之间;HY4、HY30、HY33、HY108、HY184、水 11-3、水 11-4、水 11-7、水 11-24、水 11-35、水 11-37、水 11-41、水 11-68、水 11-196、贵 22-3、贵 22-40、贵 22-42、

贵 22-50、贵 22-51、贵 22-52、贵 22-74、贵 22-78、贵 22-104、贵 22-201、贵 22-233、贵 22-245、贵 22-365 出现频率相对较低,在 0.8%以下,在病害流行中不起主导作用(图 2)。

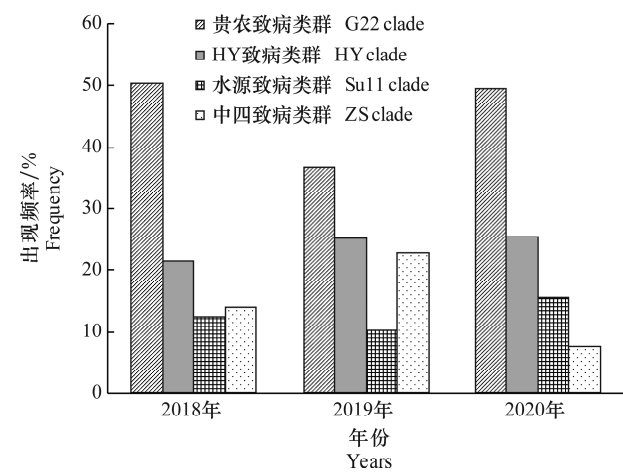


图 1 2018 年—2020 年甘肃省小麦条锈菌主要致病类群消长动态

Fig. 1 Frequency dynamics of the main clade of Pst in Gansu province during 2018–2020

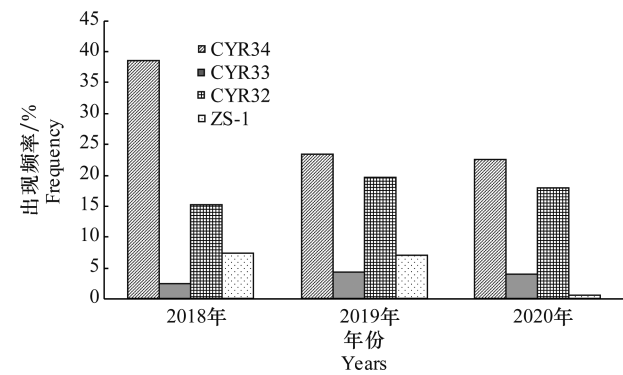


图 2 2018 年—2020 年甘肃省小麦条锈菌主要流行小种消长动态

Fig. 2 Frequency dynamics of the main races of Pst in Gansu province during 2018–2020

2.2.3 病菌毒性频率

监测结果表明,对抗条锈病基因 Yr9(载体品种‘洛夫林 10’‘洛夫林 13’)有毒性的标样 552 份,其中 2019 年 145 份,毒性频率 91.8%,与 2018 年的 89.5%相当;2020 年 407 份,毒性频率 80.9%,较 2019 年下降 10.9 个百分点。对抗条锈病基因 Yr3b+Yr4b(载体品种‘Hybrid46’)有毒性的标样 371 份,其中 2019 年和 2020 年分别有 106 份和 266 份,毒性频率为 67.1%和 52.9%,较 2018 年的 73.3%呈持续下降趋势。对抗条锈病基因 YrSu(载体品种

‘水源 11’)有毒性的标样 618 份,其中 2019 年 148 份,2020 年 470 份,毒性频率分别为 93.7%和 93.4%,较 2018 年的 82.1%上升约 11 个百分点。对抗条锈病基因 Yr26(载体品种‘贵农 22’)有毒性的标样 355 份,其中 2019 年 80 份,2020 年 275 份,毒性频率分别为 50.6%和 54.7%,与 2018 年的 59.5%相近。表明目前甘肃省小麦条锈菌毒性基因仍以 VYr9、VYr3b+4b、VYrSu 及 VYr26 为主,是危害甘肃省小麦生产的最主要致病基因。在当前及今后一段时期内,以甘肃陇南为主的甘肃省小麦抗条锈育种应避免使用与上述毒性基因相对应的抗病基因。

3 结论与讨论

3.1 条锈菌群体变异动态及新菌系监测

从 2019 年和 2020 年监测结果看,甘肃省小麦条锈菌群体毒性变异呈现两个特点。一是小麦条锈菌群体毒性结构更加趋于复杂。主要表现在可归类小种数量有大的变化,2017 年—2018 年为 37 个^[16],2019 年—2020 年上升到 52 个,其主要原因是随着甘肃省特别是陇南越夏区小麦育种水平的不断提高及多抗源材料的广泛利用,生产品种(系)所含抗病基因类型较多所致。监测到许多新的致病类型如 HY7-1、HY103、水 196、贵 22-51、贵 22-365 等。条锈菌 HY、水源 11 及贵农 22 致病类群中除优势小种条中 34 号、条中 32 号、条中 33 号、HY8、贵 22-14 出现频率相对较高且稳定外,其他小种类型出现比率低,年度间差异大,消失得相对较快。二是中四致病类群出现频率变化剧烈,出现频率从 2018 年的 13.9%、2019 年的 22.8%下降到 2020 年的 7.6%。其主要原因是鉴别寄主‘中四’来源发生变化所致。从 2020 年 1 月开始,全国小麦条锈病协作组统一将鉴别寄主‘中四’调整为来自国家种质资源库的原种。而原来用的鉴别寄主‘中四’为甘肃省农业科学院植物保护研究所小麦锈病课题组自繁种,从植株及种子的形态特征看,二者间有略微的差异。从近年来的初步田间致病性结果看,中四类群新菌系 ZS-1 致病性尚不稳定,特别是苗期、成株期对主要生产品种及抗源材料的致病性有一定差异,还需在今后的工作中进一步加强该菌系的纯化分离鉴定工作,以明确其消长动态及作用。

3.2 条锈菌优势小种条中 34 号监测及控制

从 2019 年和 2020 年及近年来的监测结果看,

甘肃省小麦条锈菌群体结构依然是以条中 34 号为代表贵农 22 致病类群占优势^[15-16],居第一位。条中 34 号是当前条锈菌群体中毒性最强的生理小种^[8,11-12,14,17],对甘肃省及中国小麦安全生产构成重大威胁。2017 年小麦条锈病在黄淮麦区的严重发生,就是由于条中 34 号的发生流行所致^[18]。在甘肃省持续压缩‘贵农’‘南农 92R’‘Moro’血缘品种的种植面积,推广种植如兰天系列品种‘兰天 36 号’‘兰天 40 号’‘兰天 42 号’‘兰天 43 号’‘兰天 131’‘兰天 132’‘兰天 134’‘兰天 538’‘兰天 575’‘兰天 653’‘兰航选 121’,天选系列品种‘天选 54 号’‘天选 55 号’‘天选 57 号’‘天选 58 号’‘天选 60 号’‘天选 63 号’‘天选 65 号’‘天选 66 号’‘天选 71 号’‘天选 72 号’,中梁系列品种‘中梁 30 号’‘中梁 32 号’‘中梁 33 号’‘中梁 34 号’‘中梁 40 号’‘中梁 41 号’,中植系列品种‘中植 6 号’‘中植 7 号’‘中植 16 号’,其他品种如‘兰大 211’‘武都 23 号’‘甘农冬 1 号’‘陇中 6 号’等抗病生产品种,并进行合理布局,为保障我国小麦安全生产提供技术支撑。

3.3 抗病基因及抗源材料利用策略

针对甘肃省小麦条锈菌群体结构发展变异动态,特别是以条中 34 号为代表的贵农 22 致病类群出现频率一直居第一位的现状,且以 ZS 为代表的中四类群新菌系的积累和流行,给甘肃省特别是陇南抗条锈病育种又提出了新的挑战。近年来的研究发现,抗条锈病基因 *Yr5*、*Yr11*~*Yr14*、*Yr16*、*Yr18*、*Yr28*、*Yr30*,抗源材料‘贵农 29’‘贵农 775’‘贵协 1 号’‘BJ399’等目前在田间抗病性表现较好^[19-22],可作为亲本材料进一步研究利用。在此基础上,抗条锈育种目标应仍以抗条中 34 号、条中 32 号为主,兼顾条中 33 号、贵 22-14 及中四致病类群中的 ZS-1。密切关注中四致病菌系的发展动向及抗条锈病基因 *Yr5* 新菌系^[23]的出现和流行。

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(8): 896-904.

[4] MCINTOSH R A, BARINAN H S, PARK R F, et al. Aspects of wheat rust research in Australia [J]. Euphytica, 2001, 119(1/2): 117-122.

[5] CHEN Xianming, MARY M, EUQENE A M, et al. Wheat stripe rust epidemics and races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the United States in 2000 [J]. Plant Disease, 2002, 86(1): 39-46.

[6] ZENG Shimai, LUO Yong. Long-distance spread and interregional epidemics of wheat stripe rust in China [J]. Plant Disease, 2006, 90(8): 980-988.

[7] 韩德俊, 康振生. 中国小麦品种抗条锈病现状及存在问题与对策[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 1-12.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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.

[13] 贾秋珍, 金社林, 曹世勤, 等. 2004—2009 年甘肃省小麦条锈菌生理专化研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(9): 85-90.

[14] 黄瑾, 贾秋珍, 金社林, 等. 2010—2012 年甘肃省小麦条锈病菌生理小种变化动态监测[J]. 植物保护, 2014, 40(3): 101-105.

[15] 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.

[16] 贾秋珍, 曹世勤, 王晓明, 等. 2017—2018 年甘肃省小麦条锈病菌生理小种变化动态监测[J]. 植物保护, 2021, 47(2): 214-218.

[17] 曹世勤, 贾秋珍, 宋建荣, 等. 甘肃省冬小麦抗条锈菌 CYR34 育种策略[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(5): 1129-1133.

[18] 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, 2017, 43(2): 162-166.

[19] 曹世勤, 贾秋珍, 孙振宇, 等. 贵农系列小麦种质资源在甘肃陇南的抗条锈病研究[J]. 麦类作物学报, 2021, 22(4): 1048-1053.

[20] 曹世勤, 孙振宇, 徐志, 等. 331 份四川小麦品种(系)在甘肃陇南抗条锈性表现及利用价值[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 155-158.

[21] 周喜旺, 刘鸿燕, 王娜, 等. 小麦种质资源 BJ399 抗条锈病基因的分子标记定位[J]. 麦类作物学报, 2020, 40(8): 325-331.

[22] 王万军, 曹世勤, 王晓明, 等. 86 份贵协系小麦种质资源对条锈病的抗病性评价[J]. 植物保护, 2016, 42(2): 198-203.

[23] MEHMET T, AHMET C, KADIR A, et al. A new virulent race of wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) on the resistance gene *Yr5* in Turkey [J/OL]. Plant Disease, 2021. DOI: 10.1094/PDIS-03-21-0629-PDN.