

小麦条锈病菌新菌系 G22-9(CYR34)和 G22-14 流行趋势预测

黄 瑾 贾秋珍* 张 勃 孙振宇 黄苗苗 金社林*

(甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070)

摘要: 为预测小麦条锈病菌新菌系 G22-9(CYR34)和 G22-14 的未来流行趋势,科学指导小麦抗病育种及条锈病治理,采用常规鉴定法于 2009—2016 年对甘肃省 2 330 份小麦条锈病菌标样进行了生理小种鉴定及消长动态监测,并对 G22-9(CYR34)和 G22-14 的致病性及寄生适合度进行了测定。结果发现:新菌系 G22-9(CYR34)和 G22-14 在甘肃省的出现频率加快,已从 2009 年的 0 分别上升到 2016 年的 34.85% 和 6.43%,其中 G22-9(CYR34)已发展为甘肃省第 1 位流行生理小种。与主流生理小种 CYR32 和 CYR33 相比较, G22-9(CYR34)和 G22-14 具有毒性谱宽、致病力强、寄生适合度高、哺育品种多等特点。建议在甘肃省特别是小麦条锈病常发易变区的陇南麦区,针对新菌系的出现,及时调整小麦品种布局及育种目标,以持续控制条锈病的发生流行。

关键词: 小麦条锈病菌; 新菌系; G22-9(CYR34)和 G22-14; 致病性; 寄生适合度

Epidemic forecasting of the new strains G22-9 (CYR34) and G22-14 of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in wheat in Gansu Province

Huang Jin Jia Qiuzhen* Zhang Bo Sun Zhenyu Huang Miaomiao Jin Shelin*

(Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu Province, China)

Abstract: In order to forecast the epidemics of the new isolates of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst*), G22-9 (CYR34) and G22-14, first identified in Gansu Province in 2010 and 2011, and guide the resistance breeding, prevention and control, 2 330 stripe rust-infected samples were collected from Gansu Province in wheat cropping seasons, and were inoculated on 19 Chinese differential wheat varieties at seedling stage in Lanzhou greenhouses, Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences during 2009—2016. The results showed that the infection percentage of G22-9 (CYR34) increased sharply from 0 to 34.85% during 2009—2016, the first predominant strain of *Pst* in Gansu Province, and G22-14 increased from 0 to 6.43%. The new isolates G22-9 (CYR34) and G22-14 of *Pst* had higher frequencies, relative parasitic fitness, wider virulence spectrum, larger number of virulent genes and strongest pathogenicity than CYR33 and CYR32. Adjusted strategy in wheat breeding, and use of different resistant varieties in Longnan area should be encouraged to ensure the safety of wheat production in Gansu and China in the future.

Key words: *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*; new isolate; G22-9 (CYR34) and G22-14; pathogenicity; relative parasitic fitness

基金项目: 国家自然科学基金(31260414), “十二五”国家科技支撑计划(2012BAD19B04), 甘肃省农业科学院科技创新工程学科团队项目(2015GAAS04)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: jiaqiuzhen@163.com, jinshelin@163.com

收稿日期: 2017-09-04

由禾谷柄锈菌小麦专化型 *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* 引起的小麦条锈病是我国小麦生产上最重要的病害, 种植抗病品种是防治该病害最经济有效且有利于环境保护的措施(李振岐和曾士迈, 2002; 商鸿生, 2008)。条锈病菌流行生理小种的变化是造成小麦品种抗条锈性“丧失”并引致病害流行的重要因素(李振岐, 1980; 康振生等, 2015)。新菌系毒性基因组成、消长趋势、致病性及寄生适合度测定是新生理小种流行预测研究的重要手段(李振岐和曾士迈, 2002), 也是科学调整育种目标、合理指导生产上抗病品种应用、有效降低病害流行风险研究的基础工作。

小麦重要抗源材料贵农 22 是 20 世纪 80 年代贵州大学张庆勤教授利用簇毛麦 *Haynaldia villosa*、硬粒小麦 *Triticum durum* 和普通小麦 *T. aestivum* 通过常规杂交、系统选育而成的小麦抗病种质资源(曹张军等, 2004); 以 92R137、92R178 为代表的南农 92R 系是南京农业大学刘大钧教授利用簇毛麦选育的易位系材料(高胜国, 1999)。这些材料对生理小种 CYR33 及其以前发现的生理小种及致病类型均表现免疫(万安民等, 2003; 刘太国等, 2015), 是我国重要的抗条锈资源材料。2004 年全国小麦锈病和白粉病研究协作组正式将贵农 22 列为中国小麦条锈病菌鉴别寄主, 进行条锈病菌新菌系的监测。Liu et al. (2010) 和贾秋珍等(2012) 先后在四川省郫县和甘肃省甘谷县监测到侵染贵农 22 的新致病菌系, 并将其归类为贵农 22 致病类群, 其中 G22-9 和 G22-14 是新致病类群中致病性表现稳定且出现频率上升迅速的 2 个最主要致病类型。2016 年 1 月在四川省绵阳市召开的全国小麦锈病和白粉病研究协作组会议上, 将新菌系 G22-9 定名为 CYR34(刘博等, 2017), 初步的毒性基因分析发现其含有 CYR32 及 CYR33 所不具备的 *VYr26*(=*VYr24*) 和 *VYr10* 毒性基因(刘太国等, 2015; 张勃等, 2015)。为进一步明确新菌系的发展对甘肃省乃至全国小麦生产的威胁, 在刘太国等(2010)、贾秋珍等(2012) 和张勃等(2015) 研究的基础上, 本试验于 2009—2016 年对甘肃省小麦条锈病菌群体的毒性结构和消长动态、G22-9(CYR34) 和 G22-14 的致病性和相对寄生适合度等进行系统研究, 以期为指导抗锈育种、及时调整抗病品种布局 and 持续控制条锈病发生流行提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌株: 2 330 份小麦条锈病菌标样分别于

2009—2016 年采自于甘肃省天水市的甘谷县、武山县、秦州区、麦积区、清水县、张家川, 陇南市的武都区、文县、西和县、礼县、宕昌县, 定西市的陇西县、渭源县、临洮县、漳县、岷县, 平凉市的泾川县、静宁县、庄浪县、灵台县、崇信县、华亭县, 庆阳市的环县、镇原县、庆城县, 临夏州的临夏市、康乐县、和政县, 甘南州的临潭县、合作市、碌曲县, 白银市的靖远县、会宁县, 兰州市的榆中县以及张掖市的民乐县共 10 个市(州) 35 个县(区) 的成株期生产品种、高代品系和抗源材料上, 部分标样采自秋苗及越夏发病叶片。其中 2009 年标样 312 份、2010 年 320 份、2011 年 338 份、2012 年 360 份、2013 年 195 份、2014 年 186 份、2015 年 246 份、2016 年 373 份。

供试小麦材料及鉴别寄主: 小麦生产品种、高代品系及抗源材料共计 2 078 份, 其中 2011 年 321 份、2012 年 283 份、2013 年 377 份、2014 年 257 份、2015 年 403 份, 分别来自甘肃省农业科学院小麦研究所、旱地农业研究所、植物保护研究所及天水市农业科学研究所、四川农业大学、贵州省农业科学院旱粮作物研究所和西南科技大学等相关小麦育种单位。鉴别寄主采用全国统一的 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、抗引 655、水源 11、中四、洛夫林 10、Hybrid 46、*T. spelta album* 和贵农 22 共 19 个品种, 此外还增加了 Moro、92R178、兰天 17 和川麦 42 作为辅助鉴别寄主, 藉以侦察新的小种和致病类型。铭贤 169 为高度感病对照品种。所有鉴别寄主均由甘肃省农业科学院植物保护研究所麦类病害课题组提供。

1.2 方法

1.2.1 小麦条锈病菌生理小种的鉴定

参照 NY/T 1443.1—2007《小麦抗病虫害性评价技术规范 第 1 部分: 小麦抗条锈病评价技术规范》对 2009—2016 年采集的 2 330 份小麦条锈病菌标样进行分离、扩繁、保存及鉴定。标样的繁殖采用涂抹法, 鉴定采用抖孢子粉法。将铭贤 169 及所有鉴别寄主品种分别种植在直径 10 cm 的花盆内, 待第 1 片叶片展开第 2 片叶露尖时分别接种 2 330 份小麦条锈病菌标样, 置于 9~12℃ 黑暗条件下保湿 24 h 后, 转入温度为 14±3℃、光照 10~14 h/d、光照强度 90~144 μmol·m⁻²·s⁻¹ 的温室内培养。待感病对照铭贤 169 充分发病后记录各鉴别寄主的反应型。反应型是根据小麦过敏性坏死及孢子堆产生情况划分, 分为免疫(0)、近免疫(0₁)、高抗(1)、中抗(2)、中感

(3)、高感(4)共6级标准,其中0~2级为抗病,3~4级为感病。

1.2.2 新菌系致病性的测定

从1.2.1鉴定出的生理小种CYR32、CYR33、G22-9(CYR34)和G22-14中各随机选取1株菌,进行小麦条锈病菌新菌系成株期致病性测定,试验在甘肃省农业科学院植物保护研究所甘谷试验站进行。2011—2015年每年10月20日左右对供试小麦品种(系)进行分小种圃点播种植,每圃1.8 m行长,每行10个品种(系),每品种(系)穴距10 cm,行间距30 cm。翌年4月25—28日待绝大多数品种(系)完全挑旗后采用喷雾法分别接种CYR32、CYR33、G22-9(CYR34)和G22-14,接菌量为1 mg/品种,接菌前充分灌溉以保证田间湿度,接菌后盖膜夜间保湿13~15 h。5月20日左右待感病对照品种铭贤169充分发病后,分别记录各品种(系)的反应型、严重度和普遍率。记录方法参照NY/T 1443.1—2007《小麦抗病虫性评价技术规范 第1部分:小麦抗条锈病评价技术规范》进行,反应型采用6级标准,同1.2.1;严重度指病叶上夏孢子堆所占据的面积占叶片总面积的百分率,采用1%、5%、10%、20%、40%、60%、80%、100%共8级标准进行,叶片未发病,记为“0”,虽然已发病,但严重度低于“1%”,记为“t”(微量);普遍率指发病叶片数占调查叶片总数的百分率,用以表示发病程度。根据成株期致病性测定结果,分别计算CYR32、CYR33、G22-9(CYR34)和G22-14在2012—2016年对不同供试品种的致病率。致病率=感病品种数/所测全部品种数×100%(李艳芳等,1992)。

1.2.3 新菌系相对寄生适合度的测定

选择37份代表性生产品种,分别接种小麦条锈病菌生理小种CYR32、CYR33、G22-9(CYR34)和

G22-14,方法及试验区域同1.2.2,分别记录各品种的反应型、严重度和普遍率。采用成株期寄生适合度计算方法(宋位中和张忠军,1990),将反应型折合成权重值,即0、0;型赋值为0,1型赋值为0.01,2型赋值为0.15,3型赋值为0.53,4型赋值为1.00,与严重度与普遍率的积除以对照品种相对应的值,获得各生理小种于各品种上的相对寄生适合度。为了便于从总体上比较,根据各生理小种在品种上的相对寄生适合度计算出其平均相对寄生适合度值进行分析(贾秋珍等,2007)。

2 结果与分析

2.1 小麦条锈病菌新菌系消长动态分析

2009—2016年对2 330份小麦条锈病菌标样的监测结果显示,于2010年首次监测到新菌系G22-9(CYR34),出现频率为2.50%,之后几年出现频率持续上升,由2011年的7.99%上升到2016年的34.85%,在2014年出现频率已超过CYR32和CYR33,成为甘肃省第1位流行生理小种;2011年首次监测到新菌系G22-14,其出现频率相对稳定,保持在3.06%~7.40%之间(表1)。自1996年以来长期占据优势流行生理小种的CYR32和CYR33在2016年出现频率已下降为第2位和第4位。

从近年来的监测结果分析,以G22-9(CYR34)和G22-14为代表的贵农22致病类群出现频率上升迅速,已由2009年的0上升到2016年的66.76%,自2014年出现频率超过Hybrid 46和水源11致病类群后,已成为甘肃省第1位优势致病类群,而Hybrid 46、水源11致病类群优势则不断下降,2016年出现频率分别为13.94%和10.99%,成为第2位和第3位致病类群。

表1 2009—2016年小麦条锈病菌致病类群及主要生理小种(菌系)的出现频率

Table 1 Pathogenic groups and frequencies of major races/isolates of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* during 2009—2016 %

年份 Year	数量 Number	致病类群 Pathogenic group				生理小种/菌系 Race/isolate			
		HY 类群 HY group	水源11类群 Su11 group	贵22类群 G22 group	其它 Other group	CYR32	CYR33	G22-9 (CYR34)	G22-14
2009	312	20.19	73.72	0.00	6.09	16.02	21.47	0.00	0.00
2010	320	36.88	54.69	2.81	5.63	19.69	19.06	2.50	0.00
2011	338	28.11	52.07	18.93	0.89	22.49	30.77	7.99	7.40
2012	360	38.61	30.56	22.22	8.61	29.72	15.83	10.83	3.06
2013	195	25.64	41.54	28.72	4.10	15.38	13.85	11.28	7.18
2014	186	3.23	12.90	60.75	24.73	0.54	0.54	5.91	5.38
2015	246	24.80	13.01	41.87	20.33	15.85	6.10	22.76	4.47
2016	373	13.94	10.99	66.76	8.31	9.12	5.63	34.85	6.43

2.2 小麦条锈病菌贵农22致病类群在甘肃省的分布

贵农22致病类群在甘肃省不同地区均可监测到,不仅出现频率高,而且分布广,已成为甘肃省的优势致病类群(表2),在2010年监测到9份,2016年

已增长到249份,同时分布区域从2010年的甘谷县、秦州区、文县、武都区、榆中县、环县这7个县(区)扩大到2016年的甘谷县、秦州区、成县、文县、武山县、礼县、徽县、西和县、清水县、临洮县等22个县(区)。

表2 贵22致病类群在甘肃省的分布

Table 2 Distribution of the G22 group of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Gansu Province

年份 Year	标样数 No. of samples	贵22致病 类群数量 No. of G22 group	出现频率 Frequency (%)	分布 Distribution
2009	312	0	0.00	—
2010	320	9	2.81	甘谷县(1)、秦州区(3)、文县(1)、武都区(1)、榆中县(1)、环县(1)、民乐县(1) Gangu County (1), Qinzhou District (3), Wen County (1), Wudu District (1), Yuzhong County (1), Huan County (1), Minle County (1)
2011	338	64	18.93	甘谷县(6)、秦州区(9)、文县(13)、成县(1)、西和县(1)、临潭县(12)、临洮县(11)、合作市(2)、临夏市(5)、安宁区(4) Gangu County (6), Qinzhou District (9), Wen County (13), Cheng County (1), Xihe County (1), Lintan County (12), Lintao County (11), Hezuo City (2), Linxia City (5), Anning District (4)
2012	360	80	22.22	甘谷县(23)、秦州区(21)、秦安县(3)、文县(4)、西和县(7)、静宁县(1)、庄浪县(5)、礼县(2)、临洮县(3)、碌曲县(1)、临夏市(4)、徽县(1)、会宁县(1)、康乐县(4) Gangu County (23), Qinzhou District (21), Qin'an County (3), Wen County (4), Xihe County (7), Jingning County (1), Zhuanglang County (5), Li County (2), Lintao County (3), Luqu County (1), Linxia City (4), Hui County (1), Huining County (1), Kangle County (4)
2013	195	56	28.72	甘谷县(8)、秦州区(9)、文县(3)、临洮县(4)、康乐县(9)、临夏市(14)、榆中县(4)、安宁区(2)、渭源县(1)、礼县(2) Gangu County (8), Qinzhou District (9), Wen County (3), Lintao County (4), Kangle County (9), Linxia City (14), Yuzhong County (4), Anning District (2), Weiyuan County (1), Li County (2)
2014	186	113	60.75	甘谷县(27)、秦州区(11)、武都区(5)、文县(14)、陇西县(2)、清水县(14)、会宁县(4)、漳县(4)、渭源县(1)、康乐县(6)、临夏市(11)、安宁区(11) Gangu County (27), Qinzhou District (11), Wudu District (5), Wen County (14), Longxi County (2), Qingshui County (14), Huining County (4), Zhang County (4), Weiyuan County (1), Kangle County (6), Linxia City (11), Anning District (11)
2015	246	103	41.87	甘谷县(20)、秦州区(11)、武山县(11)、武都区(7)、徽县(6)、成县(9)、康乐县(13)、临洮县(7)、临夏市(10)、合作市(3)、安宁区(3)、西和县(1)、庆城县(2) Gangu County (20), Qinzhou District (11), Wushan County (11), Wudu District (7), Hui County (6), Cheng County (9), Kangle County (13), Lintao County (7), Linxia City (10), Hezuo City (3), Anning District (3), Xihe County (1), Qingcheng County (2)
2016	373	249	66.76	甘谷县(33)、秦州区(27)、成县(12)、文县(5)、武山县(2)、礼县(18)、徽县(3)、西和县(7)、清水县(34)、临洮县(17)、卓尼县(11)、临夏市(10)、通渭县(4)、会宁县(11)、漳县(4)、榆中县(1)、陇西县(1)、崆峒区(17)、泾川县(3)、庆城县(3)、镇原县(7)、华亭县(19) Gangu County (33), Qinzhou District (27), Cheng County (12), Wen County (5), Wushan County (2), Li County (18), Hui County (3), Xihe County (7), Qingshui County (34), Lintao County (17), Zhuoni County (11), Linxia City (10), Tongwei County (4), Huining County (11), Zhang County (4), Yuzhong County (1), Longxi County (1), Kongtong District (17), Jingchuan County (3), Qingcheng County (3), Zhenyuan County (7), Huating County (19)

括号内数字为监测到的数量。The numbers in the brackets indicate the races belonging to Group G22 identified in the area.

2.3 小麦条锈病菌新菌系的毒性特点及致病性

2.3.1 毒性特点分析

新菌系 G22-9(CYR34)和 G22-14 与其它小麦条锈病菌生理小种相比较,均对中 4 无毒力,但对贵农 22 有毒力,二者在 Hybrid 46 上的毒力有差异;G22-9(CYR34)对 Hybrid 46 有毒力,可能由 CYR32

发展而来;G22-14 对 Hybrid 46 无毒力,可能由 CYR33 发展而来;G22-9(CYR34)和 G22-14 对辅助鉴别寄主 Moro (*Yr10*)、92R178 (*Yr26*)、兰天 17 (*Yr26*)、川麦 42 (*Yr24*)均有毒力,推测含有毒性基因 *VYr10* 和 *VYr26*(表 3)。说明新小种具有更强的毒力和更宽的毒性谱。

表 3 小麦条锈病菌主要生理小种(菌系)在重要鉴别寄主上的反应

Table 3 Resistance/susceptibility of the major races/isolates of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* on important differential varieties

鉴别寄主 Differential variety	生理小种/菌系 Race/isolate					
	CYR29	CYR31	CYR32	CYR33	G22-9(CYR34)	G22-14
T.E	S	S	S	R-S	S	S
尤皮 II 号 Jubilejna II	R	R	S	S	S	S
洛夫林 13 Lovrin 13	S	S	S	S	S	S
抗引 655 Kangyin 655	R	R	S	S	S	S
水源 11 Shuiyuan 11	R	S	S	S	S	S
中 4 Zhong 4	R	R	R	R	R	R
洛夫林 10 Lovrin 10	S	S	S	S	S	S
Hybrid 46	R	S	S	R	S	R
贵农 22 Guinong 22	R	R	R	R	S	S
Moro*	R	R	R	R	S	S
92R178*	R	R	R	R	S	S
兰天 17 Lantian 17*	R	R	R	R	S	S
川麦 42 Chuanmai 42*	R	R	R	R	S	S

R: 抗病; S: 感病; *标示品种为甘肃省辅助鉴别寄主。R: Resistant; S: susceptible; * indicates the auxiliary differential varieties in Gansu Province.

2.3.2 致病性

2012—2016 年,选用新菌系 G22-9(CYR34)、G22-14 和主要流行生理小种 CYR32 及 CYR33,分别对 2 078 份生产品种(系)及抗源材料进行的成株期致病性测定结果显示,CYR32 对供试品种(系)的致病率在 14.95%~38.13%之间,平均为 23.86%;CYR33 的致病率在 12.85%~54.20%之间,平均为 27.15%;G22-9(CYR34)的致病率在 9.97%~57.10%

之间,平均为 30.81%;G22-14 的致病率在 6.70%~49.25%之间,平均为 24.15%(表 4)。G22-9(CYR34)对供试品种(系)的致病力高于 CYR32 和 CYR33,表明新菌系 G22-9(CYR34)致病性相对较强,对未来小麦安全生产威胁更大,应引起育种及生产上的高度警惕。G22-14 的致病力虽然相对较低,但其致病力仍高于 CYR32,在密切监测 G22-9(CYR34)的同时,应兼顾 G22-14 的消长动态。

表 4 2012—2016 年小麦条锈病菌主要生理小种(菌系)对供试小麦品种(系)的成株期致病性

Table 4 Pathogenicity of the races/isolates of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* to wheat varieties (lines) tested during 2012—2016

年份 Year	CYR32		CYR33		G22-9(CYR34)		G22-14	
	数量 Number	致病率(%) Morbidity	数量 Number	致病率(%) Morbidity	数量 Number	致病率(%) Morbidity	数量 Number	致病率(%) Morbidity
2012	321	14.95	319	12.85	321	9.97	296	16.22
2013	283	23.67	241	37.76	279	34.77	326	27.91
2014	377	17.24	358	15.36	366	17.49	373	6.70
2015	257	38.13	286	54.20	366	57.10	400	49.25
2016	403	25.31	398	15.59	403	34.73	382	20.68
合计 Total	1 641	—	1 602	—	1 735	—	1 777	—
平均 Average	—	23.86	—	27.15	—	30.81	—	24.15

2.4 小麦条锈病菌的相对寄生适合度

CYR32、CYR33、G22-9(CYR34)和 G22-14 在 37 个供试品种(系)上的平均相对寄生适合度分别为 0.0944、0.0539、0.1145 和 0.0791,其中 G22-9(CYR34)

的平均相对寄生适合度明显高于 CYR32 和 CYR33, 具有更强的繁殖力,在条锈病流行中将具有更突出的作用(表 5)。G22-14 的平均相对寄生适合度虽低于 CYR32,但高于 CYR33,生产中也应高度重视。

表 5 流行生理小种(致病类型)在 37 个小麦品种上的成株期相对寄生适合度

Table 5 Relative fitness of the major races/isolates of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* to 37 wheat varieties at adult stage

品种 Variety	生理小种(菌系) Race (isolate)			
	CYR32	CYR33	G22-9(CYR34)	G22-14
兰天 19 Lantian 19	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000
天选 57 Tianxuan 57	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
川麦 107 Chuanmai 107	0.2120	0.2120	0.4000	0.0700
陇鉴 111 Longjian 111	0.0000	0.0000	0.0212	0.0000
陇原 0914 Longyu 0914	0.2120	0.3200	0.1800	0.0159
陇原 0456 Longyu 0456	0.0060	0.1800	0.0954	0.0053
临麦 33 Linmai 33	0.0000	0.0000	0.0027	0.0053
临麦 34 Linmai 34	0.0954	0.0000	0.0371	0.0053
陇鉴 9343 Longjian 9343	0.0000	0.0000	0.0954	0.1060
中植 2 号 Zhongzhi 2	0.0477	0.0001	0.0053	0.0053
贵农 25 Guinong 25	0.0000	0.0000	0.0742	0.1908
贵农 26 Guinong 26	0.0000	0.0000	0.1908	0.1484
贵农 28 Guinong 28	0.0000	0.0000	0.1696	0.1908
92R137	0.0000	0.0000	0.1060	0.0424
川农 18 Chuannong 18	0.0133	0.0477	0.0027	0.0050
川农 23 Chuannong 23	0.0001	0.0742	0.0530	0.0636
川麦 16 Chuanmai 16	0.1060	0.0424	0.1060	0.0106
川麦 30 Chuanmai 30	0.2120	0.1696	0.2120	0.1060
贵农 22 Guinong 22	0.0000	0.0000	0.1060	0.0424
天选 62 Tianxuan 62	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
绵麦 39 Mianmai 39	0.1060	0.0954	0.8000	0.2120
陇春 37 Longchun 37	0.0053	0.0636	0.0159	0.0106
甘春 30 Ganchun 30	0.0027	0.0030	0.0053	0.0053
甘春 29 Ganchun 29	0.0318	0.0106	0.0212	0.0053
兰天 30 Lantian 30	0.0159	0.0027	0.0477	0.0424
兰天 22 Lantian 22	0.0100	0.0000	0.0265	0.0000
兰天 18 Lantian 18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
兰天 05-140 Lantian 05-140	0.0424	0.0477	0.0000	0.0954
兰天 21 Lantian 21	0.0000	0.0000	0.0053	0.0000
兰天 17 Lantian 17	0.0000	0.0000	0.0318	0.1908
兰天 094 Lantian 094	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
兰天 25 Lantian 25	0.0477	0.0053	0.1800	0.1908
陇中 1 号 Longzhong 1	0.4000	0.0240	0.0106	0.0265
甘麦 8 号 Ganmai 8	0.2120	0.2120	0.2000	0.2000
临麦 35 Linmai 35	0.0053	0.0000	0.0000	0.0004
绵麦 38 Mianmai 38	0.0001	0.0100	0.0318	0.0212
贵农 775 Guinong 775	0.0000	0.0000	0.0424	0.0371
铭贤 169 Mingxian 169 (CK)	0.5400	0.8000	0.8000	0.7200
平均 Average	0.0944	0.0539	0.1145	0.0791

3 讨论

贵农 22、南农 92R 和 Moro 等是针对以 CYR31、CYR32、CYR33 为代表的小麦条锈病菌 Hybrid 46 和水源 11 致病类群的流行危害而筛选出的主要抗源材料(韩德俊等, 2010), 由于其良好的抗病性和综合农艺性状, 甘肃省及四川省的相关育种单位以其为亲本先后选育出陇鉴 9343、天选 43、兰天 24、兰天 17、中梁 29 及绵麦 39、绵麦 42、绵麦 43、川麦 42、内麦 8 号~11 号等多个抗病品种并在生产上得到较好利用(贾秋珍等, 2012), 这些抗源的广泛利用虽然为小麦条锈病的持续控制发挥了重要作用, 但单一抗源材料及其衍生系材料的大面积种植, 加速了新菌系的出现和流行, 这也是以 G22-9(CYR34)和 G22-14 为代表的贵农 22 致病类群在甘肃省产生并迅速发展的根本原因, 由此引致生产上诸多含有贵农及南农 92R 血缘的品种(系)田间抗锈性丧失而失去利用价值。从近年来甘肃省及国内生产品种(系)及抗源材料在甘肃省陇南麦区的抗病性评价结果看, 仅有兰天 33、兰天 34、兰天 36、天选 49、天选 54、中梁 33、陇鉴 386、陇鉴 103 及临农 3D-17、临农 4D1-21、02-195-7、02-150-3-2-1-1、XK2014-69、WJ15-6、WJ15-61 和贵协 2、贵协 3、贵协 7 等极少数生产品种(系)及抗源材料具有较好的抗条锈性, 可在今后更好地利用。

本研究通过对 2 078 份小麦生产品种、后备品种、高代品系及抗源材料的致病性测定及 37 份重要生产品种的寄生适合度测定, 发现 G22-9(CYR34)具有毒性谱宽、致病力强、寄生适合度高、哺育品种多的特点, 其出现频率在甘肃省已超过 CYR32 和 CYR33, 能克服所有含有 1B/1R、繁 6、Hybrid 46、水源 11、贵农、南农 92R 及 Moro 等血缘品种的抗性, 其流行危害使得含有贵农、南农 92R 血缘的大批甘肃省生产品种如兰天系的兰天 17、兰天 24, 中梁系的中梁 29, 天选系的天选 43、天选 48、天选 51, 陇鉴系的陇鉴 9343 及临麦系的临麦 34 等大批主栽品种丧失抗条锈性, 这与邝文静等(2013)用 10 个 *avrYr10/24/26/ch42* 突变体菌株(属贵农 22 致病类群)对 39 份四川省小麦审定品种进行毒性测定, 发现其对 38 个品种具有毒性的结果基本一致。

自 20 世纪 70 年代中期, 以洛夫林 10 和洛夫林 13 为代表的抗源材料的广泛利用及其衍生系品种在甘肃省陇南地区的大面积种植, 导致以 CYR28、CYR29 为代表的洛 10 致病类群和洛 13 致病类群先

后出现, 引致 1985 年及 1990 年我国小麦条锈病大流行(李振岐和曾士迈, 2002)。自 1993 年以来, 随着以 CYR31、CYR32、CYR33 为代表的 Hybrid 46 及水源 11 致病类群的出现和流行, 造成繁 6 及其衍生系品种抗病性丧失, 导致 2002 年小麦条锈病在全国范围内大流行, 产量损失超过 10 亿 kg(Wan et al., 2004)。以新菌系 G22-9(CYR34)、G22-14 为代表的贵农 22 致病类群在甘肃省的出现将会是继 Hybrid 46 及水源 11 致病类群后的又一个新致病类群, 本研究表明该致病类群已成为甘肃省主要致病类群, 分布于甘肃省各地。贵农 22 致病类群出现频率的迅速上升标志着我国小麦条锈病菌种群结构已进入到一个新的变异活跃期, 也是继 CYR32、CYR33 之后对甘肃省乃至全国小麦生产构成极大威胁的又一新条锈病菌致病类群。从其近年来的监测结果看, 在甘肃省各地均有分布。究其原因与可能当前甘肃省小麦生产品种(系)中含有大批贵农、92R (*Yr26*)血缘有极大的关系。

鉴于贵农 22 致病类群具有潜在的流行风险, 在今后的工作中需加强监测, 密切关注贵农 22 致病类群的分化及发展动态。各地应及早调整品种布局, 压缩含有贵农、92R (*Yr26*)血缘品种的种植面积, 调整育种目标, 尽快应用含有 *Yr5*、*Yr11~Yr14*、*Yr16* 及 *Yr18* 等抗病基因的新抗源。在此基础上, 加强新抗源的筛选及新基因挖掘, 提高抗锈育种进程。同时, 加强抗病品种推广利用步伐, 以降低病害发生程度, 持续控制甘肃省陇南麦区小麦条锈病发生流行, 保障国家粮食生产安全。

参 考 文 献 (References)

- Cao ZJ, Jing JX, Wang MN, Xu ZB, Shang HS, Li ZQ. 2004. Analysis of stripe rust resistance inheritance of wheat cultivar Guinong 22. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 24(6): 991-996 (in Chinese) [曹张军, 井金学, 王美南, 徐智斌, 商鸿生, 李振岐. 2004. 小麦品种贵农 22 号抗条锈基因遗传分析. *西北植物学报*, 24(6): 991-996]
- Gao SG. 1999. Identification and analysis of resistance of NAU 92R wheat lines. *Acta Agronomica Sinica*, 25(3): 389-391 (in Chinese) [高胜国. 1999. 南农 92R 系统白粉病抗源多抗性鉴定及其抗条锈性遗传分析. *作物学报*, 25(3): 389-391]
- Han DJ, Wang QL, Zhang L, Wei GR, Zeng QD, Zhao J, Wang XJ, Huang LL, Kang ZS. 2010. Evaluation of resistance of current wheat cultivars to stripe rust in northwest China, north China and the middle and lower reaches of Changjiang River epidemic area. *Scientia Agricultura Sinica*, 43(14): 2889-2896 (in Chinese) [韩德俊, 王琪琳, 张立, 魏国荣, 曾庆东, 赵杰, 王晓杰, 黄丽丽, 康振

- 生. 2010. “西北-华北-长江中下游”条锈病流行区系当前小麦品种(系)抗条锈病性评价. 中国农业科学, 43(14): 2889-2896]
- Jia QZ, Huang J, Cao SQ, Zhang B, Wang XM, Jin SL. 2012. Discovery of new stripe rust strain infected to China's major wheat resistant material Guinong 22 and its preliminary pathogenicity analysis. Gansu Agricultural Science and Technology, (1): 3-5 (in Chinese) [贾秋珍, 黄瑾, 曹世勤, 张勃, 王小明, 金社林. 2012. 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. 甘肃农业科技, (1): 3-5]
- Jia QZ, Jin SL, Cao SQ, Luo HS, Jin MA. 2007. Tending to prevalence and progress of CYR32 and Shuiyuan 14 pathotypes in Gansu Province. Journal of Plant Protection, 34(3): 263-267 (in Chinese) [贾秋珍, 金社林, 曹世勤, 骆惠生, 金明安. 2007. 小麦条锈菌生理小种条中32号及水源14致病类型在甘肃的流行与发展趋势. 植物保护学报, 34(3): 263-267]
- Kang ZS, Wang XJ, Zhao J, Tang CL, Huang LL. 2015. Advances in research of pathogenicity and virulence variation of the wheat stripe rust fungus *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Scientia Agricultura Sinica, 48(17): 3439-3453 (in Chinese) [康振生, 王晓杰, 赵杰, 汤春蕾, 黄丽丽. 2015. 小麦条锈菌致病性及其变异研究进展. 中国农业科学, 48(17): 3439-3453]
- Kuang WJ, Zhang GS, Zhang ZY, Ji HL, Shen L, Ni JY, Wang ZH, Peng YL. 2013. Studies on virulence of *avrYr10/24/26/ch42* mutants of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 26(6): 2323-2331 (in Chinese) [广文静, 张贵胜, 章振羽, 姬红丽, 沈丽, 倪建英, 王宗华, 彭云良. 2013. 小麦条锈菌 *avrYr10/24/26/ch42* 突变体的毒性研究. 西南农业学报, 26(6): 2323-2331]
- Li YF, Yuan ZY, Ren HB. 1992. Monitoring and pathogenicity of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* CYR29. Shanxi Journal of Agricultural Sciences, (2): 11-13 (in Chinese) [李艳芳, 原宗英, 任海宝. 1992. 小麦条锈菌条中29号小种的监测及致病性. 山西农业科学, (2): 11-13]
- Li ZQ. 1980. The variation of wheat variety resistance to stripe rust in China and the way of its solution. Scientia Agricultura Sinica, 13(3): 72-77 (in Chinese) [李振岐. 1980. 我国小麦品种抗条锈性丧失原因及其解决途径. 中国农业科学, 13(3): 72-77]
- Li ZQ, Zeng SM. 2002. Wheat rusts in China. Beijing: Chinese Agriculture Press (in Chinese) [李振岐, 曾士迈. 2002. 中国小麦锈病. 北京: 中国农业出版社]
- Liu B, Liu TG, Zhang ZY, Jia QZ, Wang BT, Gao L, Peng YL, Jin SL, Chen WQ. 2017. Discovery and pathogenicity of CYR34, a new race of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China. Acta Phytopathologica Sinica, 47(5): 1-8 (in Chinese) [刘博, 刘太国, 章振羽, 贾秋珍, 王保通, 高利, 彭云良, 金社林, 陈万权. 2017. 中国小麦条锈菌条中34号的发现及其致病特性. 植物病理学报, 47(5): 1-8]
- Liu TG, Peng YL, Chen WQ, Zhang ZY. 2010. First detection of virulence in *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China to resistance genes *Yr24* (=Yr26) present in wheat cultivar Chuanmai 42. Plant Disease, 94(9): 1163
- Liu TG, Zhang ZY, Liu B, Gao L, Peng YL, Chen WQ. 2015. Detection of virulence to *Yr26* and pathogenicity to Chinese commercial winter wheat cultivars at seedling stage. Acta Phytopathologica Sinica, 45(1): 41-47 (in Chinese) [刘太国, 章振羽, 刘博, 高利, 彭云良, 陈万权. 2015. 小麦抗条锈病基因 *Yr26* 毒性小种的发现及其对我国小麦主栽品种苗期致病性分析. 植物病理学报, 45(1): 41-47]
- Shang HS. 2008. Wheat stripe rust and its control. Beijing: Jindun Publishing House (in Chinese) [商鸿生. 2008. 小麦条锈病及其防治. 北京: 金盾出版社]
- Song WZ, Zhang ZJ. 1990. The study on the method to estimate fitness of wheat variety $\times$ yellow rust race. Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis, (S): 170-173 (in Chinese) [宋位中, 张忠军. 1990. 小麦品种 $\times$ 条锈菌生理小种适合度测定方法研究. 北京农业大学学报, (S): 170-173]
- Wan AM, Wu LR, Jin SL, Yao G, Wang BT. 2003. Discovery and studies on CY32, a new race of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China. Journal of Plant Protection, 30(4): 347-352 (in Chinese) [万安民, 吴立人, 金社林, 姚革, 王保通. 2003. 中国小麦条锈菌条中32号的命名及其特性. 植物保护学报, 30(4): 347-352]
- Wan AM, Zhao ZH, Chen XM, He ZH, Jin SL, Jia QZ, Yao G, Yang JX, Wang BT, Li GB, et al. 2004. Wheat stripe rust epidemic and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China in 2002. Plant Disease, 88(8): 896-904
- Zhang B, Jia QZ, Huang J, Cao SQ, Sun ZY, Luo HS, Wang XM, Jin SL. 2015. Trends and toxicity analysis of new strains G22-9 and G22-14 in *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 24(7): 125-130 (in Chinese) [张勃, 贾秋珍, 黄瑾, 曹世勤, 孙振宇, 骆惠生, 王小明, 金社林. 2015. 小麦条锈菌新菌系贵22-9和贵22-14发展趋势与毒性分析. 西北农业学报, 24(7): 125-130]

(责任编辑:李美娟)