

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

曹世勤^{1,2}, 孙振宇^{1,2}, 徐志³, 王万军⁴, 贾秋珍^{1,2},
杨随庄⁵, 彭云良³, 黄瑾^{1,2}, 张勃^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070; 2. 农业部天水作物有害生物科学观测实验站, 甘谷 741299; 3. 四川省农业科学院植物保护研究所, 成都 610066; 4. 甘肃省天水市农业科学研究所 甘谷试验站, 甘谷 741200; 5. 西南科技大学生命科学与工程学院, 绵阳 621010)

摘要 2014 年—2017 年度先后对 331 份四川省小麦生产品种(系)在温室进行苗期人工接种条锈菌混合菌鉴定和甘谷试验站大田成株期分别接种 CYR32、CYR33、CYR34、G22-14、中 4-1 和混合菌鉴定, 同时在甘谷试验站和汪川良种场两地进行自然诱发鉴定。结果发现: 在人工接种条件下, 苗期、成株期表现抗病的分别有‘XK201465’等 36 份和‘XK20132’等 72 份材料, 分别占 10.88% 和 21.75%; 有‘XK62483’等 11 份材料全生育期表现抗病, 占 3.32%; 两地三年自然诱发鉴定发现, 仅有‘XK20132’等 5 份材料在两地均表现抗病, 有‘川农 17’等 30 份材料具有慢条锈性。对供鉴材料在甘肃陇南的利用前景进行了分析。

关键词 四川省; 小麦品种(系); 甘肃陇南; 条锈病; 抗性利用

中图分类号: S 435.121.42 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018052

Evaluation resistance of 331 Sichuan wheat cultivars (lines) to stripe rust and their utilization prospect in southern Gansu Province

CAO Shiqin^{1,2}, SUN Zhenyu^{1,2}, XU Zhi³, WANG Wanjun⁴, JIA Qiuzhen^{1,2},
YANG Suizhuang⁵, PENG Yunliang³, HUANG Jin^{1,2}, ZHANG Bo^{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, Gangu 741299, China*;
3. *Institute of Plant Protection, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China*;
4. *Gangu Testing Station, Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Gangu 741200, China*; 5. *College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China*)

Abstract The resistance of 331 wheat cultivars (lines) from Sichuan Province to stripe rust was evaluated by manual inoculation of mixed isolates of *Pst* in seedling stage at Lanzhou Greenhouse, single race/isolate of CYR32, CYR33, CYR34, G22-14, Zhong 4-1 and mixed isolates of *Pst* in adult stage at Gangu station, IPP GAAS during 2014–2017. The resistance to natural *Pst* was also identified at Gangu station, IPP GAAS and Wangchuan farm. The results showed that 36 wheat varieties were resistance to mixed isolates of *Pst* in seedling stage, accounting for 10.88%. 72 wheat cultivars (lines) were resistant to tested single and mixed races/isolates of *Pst* in adult stage, accounting for 21.75%. 11 wheat cultivars (lines) were resistant in all-stage, accounting for 3.32%. Only 5 wheat cultivars (lines) were resistant to natural *Pst* in field at Gangu station and Wangchuan farm. 30 wheat cultivars (lines) had slow rusting characters. Their utilization prospect in southern Gansu Province in future was also analyzed in this paper.

Key words Sichuan Province; wheat variety (line); southern Gansu Province; stripe rust; resistance utilization

收稿日期: 2018-01-30 修订日期: 2018-03-02

基金项目: 农业部西南作物有害生物综合治理开放基金(XNYH2016-2); 国家自然科学基金(31560504); 甘肃省农业科学院农业科技创新专项(2017GAAS45)

联系方式 E-mail: caoshiqin@163.com

甘肃陇南和四川川西北是小麦条锈菌的重要越冬区和常发易变区,是条锈菌新小种的策源地^[1-2],四川盆地是我国小麦条锈病菌的冬繁区,是引起东部麦区条锈病春季流行最重要的菌源输出地之一^[1-3],这些区域小麦条锈病的发生流行,不仅危害当地小麦生产,而且对我国黄淮海麦区条锈病的发生流行影响巨大^[4]。条锈菌生理小种毒性结构的变异是导致小麦品种抗锈基因失效、并引致病害流行的主要因素^[1,3-5]。培育和种植抗病品种是防治该病最经济、有效、环保的措施^[6]。自2009年以来,随着以条锈菌CYR34为代表的贵农22致病类群的不断出现和积累,造成我国重要抗源材料‘贵农22’、‘南农92R’及其衍生系材料如‘兰天17号’、‘中梁29号’、‘天选43号’、‘内麦9号’等先后在田间“丧失”抗病性^[7-9],又一次对甘肃省及中国小麦条锈病的防控提出新的要求。

甘肃省陇南市的武都区、文县等地与四川盆地具有相近的生态条件,故在20世纪80年代末以‘绵阳11’、‘绵阳19’为代表的绵阳系列品种在这些地区广泛种植,有效控制了以条锈菌CYR29为代表的洛夫林13致病类群的流行危害,为该区域及中国小麦条锈病的持续控制发挥了重要作用^[10]。虽然四川小麦品种(系)在甘肃陇南利用较多,但在系统性抗条锈病性鉴定与评价研究方面开展相对较少。进行四川小麦品种(系)在甘肃陇南抗条锈病性研究,明确其抗病性特点,将会对其在甘肃和四川的更好利用,持续控制条锈病发生流行起到积极的推动作用。基于此,作者于2014—2017年度,对331份四川小麦品种(系)开展了抗条锈病性研究。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试小麦材料共计331份,其中生产品种35份,高代品系296份。分别来自四川省农业科学院植物保护研究所和作物科学研究所、西南科技大学及四川省绵阳市农业科学院。供试菌系包括条锈菌生理小种CYR32、CYR33、CYR34及G22-14、中4-1和混合菌。

1.2 试验方法

1.2.1 接种鉴定

2014—2017年度,在甘肃省农业科学院植物保护研究所兰州低温温室和甘谷试验站分别进行苗期和成株期接种鉴定。苗期鉴定于1叶1心期采用抖孢子粉法接种混合菌。成株期鉴定于每年4月下

旬,待80%以上品种(系)旗叶完全展开后,用喷洒孢子悬浮液法分6个圃分别接种供试条锈菌单孢菌系和混合菌^[1,11]。接种后18~20 d,待感病品种‘铭贤169’(CK,下同)充分发病后,依次记载各品种病情[反应型/严重度(%) / 普遍率(%),下同]。

1.2.2 自然诱发鉴定

2014—2017年度,在甘肃省农业科学院植物保护研究所甘谷试验站(海拔1 270 m)和汪川良种场(海拔1 680 m)对供试材料进行成株期自然诱发鉴定。每品种(系)种植1行,行长1.5 m,行距30 cm,顺序播种。每隔20行播1行感病品种‘铭贤169’。四周播种3行‘铭贤169’作诱发行和保护行。5月下旬和6月上旬,分别记载两地各品种病情。

1.3 记载标准

按照农业行业标准(NY/T 1443.1-2007)进行^[12]。

2 结果与分析

2.1 抗病性评价

2.1.1 接种鉴定

供试品种(系)中,苗期对条锈菌混合菌表现抗病的有36份,占10.88%,其中表现免疫、高抗和中抗的分别有29份、1份和6份,分别占8.76%、0.30%和1.81%。成株期对供试条锈菌生理小种、致病类型及混合菌均表现抗病的有72份,占21.75%,其中表现免疫、高抗和中抗的分别有36份、6份和30份,占10.88%、1.81%和9.06%。苗期、成株期对供试条锈菌生理小种、致病类型及混合菌均表现抗病的有11份,占3.32%(表1列出了11份抗病性优异XK系材料鉴定结果)。

2.1.2 自然诱发鉴定

三年两地鉴定结果发现,仅有‘XK20132’、‘XK201465’、‘XK201469’、‘XK60849’、‘XK61373’5份材料在成株期表现抗病,占1.51%(表2)。

有‘川农17’、‘川农18’、‘川农19’、‘川农23’、‘川农27’、‘川麦107’、‘川麦16’、‘川麦30’、‘川麦39’、‘川麦41’、‘川麦44’、‘川麦50’、‘川麦60’、‘西科麦2’、‘西科麦5’、‘绵麦38’、‘绵麦40’、‘绵麦43’、‘绵麦45’、‘绵麦46’、‘绵麦47’、‘绵麦48’、‘绵麦2002-5’、‘绵麦1403’、‘XK50901’、‘XK50913’、‘XK51924’、‘XK62429’、‘XK62483’、‘XK96151’等30个品种(系)虽在两地田间表现中度感病,但病情指数低于20,具有慢条锈特性^[12](表3)。

表 1 11 份抗性优异材料对供试条锈菌接种鉴定结果¹⁾

Table 1 Resistance of 11 wheat lines to tested isolates of <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i> at seedling and adult stage								
序号 No.	品种(系) Variety (line)	苗期混合菌 Mixed isolates of <i>Pst</i> at seedling stage	成株期 Adult stage					
			CYR32	CYR33	CYR34	G22 - 14	中 4 - 1 Zhong 4-1	混合菌 Mixed isolates of <i>Pst</i>
1	XK20132	0 ^a	0	0	0	0	0	0
2	XK201465	0	0	0	0	0	0	0
3	XK201469	0	0	0	0	0	0	0
4	XK50901	0	0	0	0	0	0	0
5	XK50913	0	0	0	0	0	0	0
6	XK51924	0	0	0	0	0	0	0
7	XK60849	0	0	0	0	0	0	0
8	XK61373	0	0	0	0	0	0	0
9	XK62429	0	0	0	0	0	0	0
10	XK62483	0	0	0	0	0	0	0
11	XK96151	0	0	0	0	0	0	0
12	铭贤 169(CK)	4/60/100 ^b	3/80/100	3/60/100	4/60/100	3/40/100	4/40/100	4/40/100

1) a:“0”表示免疫;b:反应型/严重度(％)/普遍率(％)。下同。
a: 0 indicate immune; b: Infection type (IT)/severity (％)/percentage (％). The same below.

表 2 2014—2017 年度 5 份抗性优异 XK 系材料甘谷、汪川两地的成株期抗条锈性表现

Table 2 Resistance of 5 wheat XK lines to stripe rust at Gangu station and Wangchuan farm in adult stage during 2014—2017							
序号 No.	品种(系) Variety (line)	甘谷试验站 Gangu testing station			汪川良种场 Wangchuan farm		
		2014—2015	2015—2016	2016—2017	2014—2015	2015—2016	2016—2017
1	XK20132	0	0	0	0	0	2/10/20
2	XK201465	0	0	0	0	0	0
3	XK201469	0	0	0	0	0	0
4	XK60849	0	0	0	0	0	2/10/10
5	XK61373	0	0	0	0	0	0
6	铭贤 169(CK)	3/60/100	3/40/100	3/60/100	3/40/100	3/60/100	3/80/100

表 3 2014—2017 年度 33 份慢条锈品种(系)甘谷、汪川两地的抗条锈性表现

Table 3 Resistance of 33 slow rusting wheat varieties (lines) at Gangu station and Wangchuan farm in adult stage during 2014—2017							
序号 No.	品种(系) Variety (line)	甘谷试验站 Gangu testing station			汪川良种场 Wangchuan farm		
		2014—2015	2015—2016	2016—2017	2014—2015	2015—2016	2016—2017
1	川农 17	3/10/50	3/20/70	3/10/100	3/10/50	3/20/100	3/10/100
2	川农 18	3/10/50	3/10/20	3/20/100	3/10/20	3/10/40	3/20/100
3	川农 19	3/10/20	3/10/40	3/10/40	3/10/20	3/10/50	3/10/100
4	川农 23	3/10/50	3/10/50	3/10/100	3/10/80	3/10/80	3/20/100
5	川农 27	3/10/10	3/10/50	3/20/100	3/10/50	3/10/40	3/10/40
6	川麦 107	3/20/100	3/40/100	3/20/100	3/10/90	3/10/10	3/10/60
7	川麦 16	3/10/40	3/10/20	3/10/100	3/10/100	3/10/50	3/10/100
8	川麦 30	3/10/20	3/10/10	3/20/100	3/10/50	3/10/60	3/10/50
9	川麦 39	3/10/10	3/10/50	3/10/100	3/10/20	3/10/70	3/10/40
10	川麦 41	3/10/50	3/10/40	3/20/100	3/10/40	3/10/100	3/10/20
11	川麦 44	3/10/20	3/10/20	3/20/100	3/10/80	3/10/20	3/10/40
12	川麦 50	3/10/10	3/10/50	3/40/100	3/10/50	3/20/100	3/10/100
13	川麦 60	3/5/5	3/10/10	3/10/20	3/10/70	3/10/50	3/10/50
14	西科麦 2	3/10/50	3/10/50	3/10/40	3/10/100	3/10/20	3/20/100
15	西科麦 3	3/10/80	3/10/40	3/10/50	3/20/40	3/10/10	3/10/20
16	西科麦 5	3/10/20	3/10/70	3/10/20	3/10/80	3/20/100	3/10/50
17	绵麦 38	3/10/20	3/10/20	3/10/10	3/10/40	3/10/20	3/10/80
18	绵麦 39	3/10/10	3/10/10	3/10/50	3/10/20	3/10/40	3/10/100
19	绵麦 40	3/10/20	3/10/50	3/10/70	3/10/50	3/10/40	3/10/20
20	绵麦 42	3/10/10	3/10/50	3/10/60	0	3/10/20	3/10/100
21	绵麦 43	2/10/10	3/10/70	3/10/40	0	3/10/40	3/10/50
22	绵麦 45	2/10/40	3/10/20	3/10/50	0	3/10/20	3/10/50
23	绵麦 46	0	3/10/10	3/10/20	0	3/10/50	3/40/100
24	绵麦 47	0	3/10/20	3/10/100	0	3/10/20	3/10/100
25	绵麦 48	0	3/10/10	3/10/80	0	3/10/10	3/20/100
26	绵阳 2002 - 5	3/10/20	3/10/10	3/10/20	0	3/10/20	3/10/100

续表 3 Table 3(Continued)

序号 No.	品种(系) Variety (line)	甘谷试验站 Gangu testing station			汪川良种场 Wangchuan farm		
		2014—2015	2015—2016	2016—2017	2014—2015	2015—2016	2016—2017
27	绵麦 1403	0	3/10/20	3/10/40	0	3/10/20	3/10/50
28	XK50901	0	3/10/10	3/10/20	0	0	3/10/30
29	XK50913	0	3/10/10	3/10/10	0	3/10/10	3/10/40
30	XK51924	0	3/10/10	3/10/10	0	3/10/20	3/10/40
31	XK62429	3/10/20	3/10/10	3/10/20	0	3/10/20	3/10/10
32	XK62483	0	3/10/40	3/10/20	2/10/40	3/10/10	2/10/10
33	XK96151	0	3/10/10	3/10/20	3/10/10	3/10/40	3/10/20
34	铭贤 169(CK)	3/60/100	3/40/100	3/60/100	3/40/100	3/60/100	3/80/100

3 小结与讨论

徐志等^[14]、任勇等^[15]、张培禹等^[16]先后对部分四川小麦品种(系)进行抗条锈性研究,结果发现部分供试品种在四川表现抗病。本研究发现供试的35个生产品种在甘肃陇南田间均表现感病,与上述研究结果有一定差异,这可能与甘肃条锈菌系群体中含有较多的以CYR34为代表的G22致病类群有关。但本研究结果与李北等^[17]研究发现的供试菌中加入从四川小麦品种‘川麦42’标样分离的条锈菌新菌系V26/CM42和从甘肃天水小麦抗源‘贵农22’标样分离的V26/G22新菌系后,重庆品种仅有极少数材料保持苗期抗性的结论相一致。研究表明,生产品种‘绵阳41’和‘川麦42’对条锈菌CYR32和CYR33表现抗病,且其中含有对条锈菌CYR32表现抗病的新基因YrMY41^[18]和YrCH42^[19]。本研究结果发现其在甘肃田间均表现感病,说明新基因对条锈菌CYR34抗病性较低,今后在甘肃和四川利用尚需谨慎。从本试验结果看,有5份XK系材料‘XK20132’、‘XK201465’、‘XK201469’、‘XK60849’和‘XK61373’,连续3年不仅在苗期、成株期对接鉴定的混合菌表现抗病,而且对甘谷、汪川两地自然诱发的条锈菌亦表现抗病,表明其具有优异的抗病性特点,建议在当前抗病品种(系)严重匮乏的前提下和明确其抗性基因背景的基础上,加快研究步伐,提高育种效率,以期早日应用于生产实践。

已有的研究表明,甘肃陇南和四川盆地存在大量的周年条锈菌交流^[1,4,6,20],两地间具有相同(相近)的条锈菌流行小种和致病类型。本试验结果说明供试小麦品种(系)在甘肃省田间抗病性的丧失意味着在四川田间抗病性亦将丧失而失去利用价值。在抗病品种应用策略上,该区小麦品种种植和抗病品种应用应与陇南越夏区一致,即种植具有苗

期抗性的品种,从而有效降低冬季病菌繁殖量和向东部麦区提供菌源的数量,对保障我国东部麦区粮食安全生产具有积极的推动作用。同时,甘肃陇南和四川盆地应种植和应用具有不同抗性基因的品种,减少条锈菌跨区域传播而造成的大区流行风险。

自2009年以来,我国小麦条锈菌群体结构再一次呈现出变化活跃和向多极化方向发展的特点。作为“源头”的甘肃省特别是陇南麦区,这一特点表现更为明显。2016年甘肃省小麦条锈菌生理小种监测结果表明,条锈菌CYR34出现频率已超过CYR32和CYR33,成为第一位流行小种^[21],表明甘肃省小麦条锈菌群体结构已逐渐从以CYR32、CYR33为代表的Hybrid46和水源11致病类群转向以CYR34为代表的贵农22致病类群^[9,13]。以条锈菌CYR34为代表的贵农22致病类群主要毒性特点是含有CYR32及CYR33没有的VYr26(=VYr24)和VYr10毒性基因^[7-9,13],由此造成国内原来对CYR32及CYR33表现抗病的抗源材料‘贵农21’、‘贵农22’及‘南农92R’和‘Moro’及含有其血缘的品种(系)在田间抗病性丧失,逐步失去利用价值。从本试验及前人研究结果看,绝大多数小麦品种(系)都可以成为条锈菌CYR34的哺育品种,CYR34在越夏区的甘肃陇南经秋苗期繁殖和越冬区的四川盆地冬季繁殖后,进一步在春季为东部广大麦区提供春季流行菌源。建议在有效压缩感病品种面积和条锈病准确预测预报基础上,在条锈菌菌源基地采用拌种、早期挑治等化学防控措施,持续控制小麦条锈病发生流行,保障国家粮食安全生产。

参考文献

[1] 李振岐,曾士迈. 中国小麦锈病[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
[2] 李振岐. 我国小麦品种抗条锈性丧失原因及其解决途径[J]. 中国农业科学,1980(3):72-77.

- [3] 曹克强, 国立耘, 李保华, 等. 中国苹果树腐烂病发生和防治情况调查[J]. 植物保护, 2009, 35(2): 114–117.
- [4] 焦浩, 范艳云, 高小宁, 等. 8 种药剂对苹果树腐烂病的田间防效评价[J]. 河南农业科学, 2015, 44(10): 95–99.
- [5] 翟慧者, 胡同乐, 陈曲, 等. 10 种化学杀菌剂对苹果树腐烂病的防效评价[J]. 植物保护, 2012, 38(3): 151–154.
- [6] TAMURA O, SAITO I. Histopathological changes of apple bark infected by *Valsa ceratosperma* (Tode ex Fr.) Maire during dormant and growing periods [J]. Annals of the Phytopathological Society of Japan, 2009, 48: 490–498.
- [7] 陈亮, 刘君丽, 司乃国, 等. 丁香酚酯对苹果树腐烂病的防治[J]. 农药, 2009, 48(6): 402–404.
- [8] 王磊, 邵佐鹏, 黄丽丽, 等. 防治苹果树腐烂病杀菌剂的室内筛选[J]. 植物病理学报, 2009, 39(5): 549–554.
- [9] 刘长令. 世界农药大全[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 122–126, 155–158, 281–282.
- [10] 祁之秋, 周明国. 戊唑醇对小麦纹枯病菌的抑菌作用[J]. 农药学报, 2003, 5(3): 80–84.
- [11] 吴学宏, 肖建华, 张文华, 等. 2%三唑醇·戊唑醇种衣剂对小麦纹枯病菌变角甾醇含量的影响[J]. 农药学报, 2005, 7(4): 372–375.
- [12] 刘保友, 张伟, 栾炳辉, 等. 苹果轮纹病菌对苯醚甲环唑和氟硅唑的敏感性及其交互抗性[J]. 植物病理学报, 2013, 43(5): 541–548.
- [13] HENRÍQUEZ S J L, SAEMIENITO V O, ALACÓN C P. Sensitivity of *Venturia inaequalis* Chilean isolates to difenoconazole, fenarimol, mancozeb and pyrimethanil [J]. Chilean Journal of Agricultural Research, 2011, 71(1): 39–44.
- [14] RCKANOVIĆE, MIHAJLOVIĆM, POTOČNIK I. *In vitro* sensitivity of *Fusarium graminearum* (Schwabe) to difenoconazole, prothioconazole and thiophanate-methyl [J]. Pesticide Phytomedicine, 2010, 25(4): 325–333.
- [15] YIN Y, LIU X, LI B, et al. Characterization of sterol demethylation inhibitor-resistant isolates of *Fusarium asiaticum* and *F. graminearum* collected from wheat in China [J]. Phytopathology, 2009, 99(5): 487–497.
- [16] 祁之秋, 鞠雪娇, 纪明山, 等. 辽宁省稻瘟病菌对咪鲜胺敏感基线的建立[J]. 农药学报, 2012, 14(6): 673–676.
- [17] CHEN Yu, YAO Jian, WANG Wenxiang, et al. Effect of epoxiconazole on rice blast and rice grain yield in China [J]. European Journal of Plant Pathology, 2013, 135(4): 675–682.
- [18] 齐永志, 李海燕, 苏媛, 等. 小麦纹枯病菌对啶唑酰胺的敏感性及其抗性突变体的主要生物学性状[J]. 农药学报, 2014(3): 271–280.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 158 页)

- [3] HAN Dejun, WANG Qilin, CHEN Xianming, et al. The emerging Yr26-virulent races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* are threatening the wheat production in the Sichuan basin, China [J]. Plant Disease, 2015, 99(6): 754–760.
- [4] WAN Anmin, ZHAO Zhonghua, CHEN Xianming, et al. Wheat stripe rust epidemics and virulence of *Puccinia striiformis* in China in 2002 [J]. Plant Disease, 2003, 88(8): 896–904.
- [5] 陈万权, 康振生, 马占鸿, 等. 中国小麦条锈病综合治理理论与实践[J]. 中国农业科学, 2013, 46(20): 4254–4262.
- [6] CHEN Wanquan, WU Liren, LIU Taiguo, et al. Race dynamics, diversity, and virulence evolution in *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, the causal agent of wheat stripe rust in China from 2003 to 2007 [J]. Plant Disease, 2009, 93: 1093–1101.
- [7] 刘博, 刘太国, 章振羽, 等. 中国小麦条锈病条中 34 号的发现及其致病特性[J]. 植物病理学报, 2017, 47(5): 681–687.
- [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): 1163.
- [9] 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.
- [10] 牛永春, 吴立人. 繁 6-绵阳系小麦抗条锈性变异及对策[J]. 植物病理学报, 1997, 17(1): 5–8.
- [11] 曹世勤, 张勃, 李明菊, 等. 甘肃省 50 个主要小麦品种(系)苗期抗条锈基因推导及成株期抗病性分析[J]. 作物学报, 2011, 37(8): 1360–1371.
- [12] 陈万权, 刘太国, 陈巨莲, 等. 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: NY/T1443. 1–2007 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [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] 徐志, 王胜, 姬红丽, 等. 四川小麦条锈病菌贵农 22 致病类群流行对小麦品种抗性的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(6): 2845–2853.
- [15] 任勇, 李生荣, 周强, 等. 134 份四川小麦品种(系)的条锈病抗性评价[J]. 麦类作物学报, 2014, 50(6): 847–853.
- [16] 张培禹, 曾庆东, 王琪琳, 等. 四川盆地小麦品种(系)抗条锈性鉴定与评价[J]. 麦类作物学报, 2012, 50(4): 779–783.
- [17] 李北, 徐琪, 杨宇衡, 等. 重庆麦区小麦品种(系)抗条锈性评价与基因分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(3): 413–425.
- [18] REN Yong, LI Shengrong, WEI Yuming, et al. Molecular mapping of a stripe rust resistance gene in Chinese wheat cultivar Mianmai 41 [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(2): 295–304.
- [19] LI Gaoqi, LI Zaifeng, YANG Wuyun, et al. Molecular mapping of stripe rust resistance gene YrCH42 in Chinese wheat cultivar Chuanmai 42 and its allelism with Yr24 and Yr26 [J]. Theoretical & Applied Genetics, 2006, 112: 1434–1440.
- [20] ZENG Shimai, LUO Yong. Long-distance spread and interregional epidemics of wheat stripe rust in China [J]. Plant Disease, 2006, 90(8): 979–988.
- [21] 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.

(责任编辑: 杨明丽)