

甘肃省冬小麦抗条锈菌 CYR34 育种策略

曹世勤^{1,2}, 贾秋珍^{1,2}, 宋建荣³, 张耀辉⁴, 王万军⁴, 岳维云³,
孙振宇^{1,2}, 黄瑾^{1,2}, 张勃^{1,2}, 王晓明^{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, 甘肃甘谷 741200; ³ 天水市农业科学研究所, 甘肃天水 741000; ⁴ 天水市农业科学研究所甘谷试验站, 甘肃甘谷 741200)

摘要: 小麦条锈病是发生于甘肃省冬小麦生产上的最主要病害, 种植抗病品种是防治该病最经济有效且有利于保护环境。本文结合近年来甘肃省小麦条锈菌 CYR34 消长动态及致病性特点、冬小麦抗条锈育种研究现状与进展, 提出了后 CYR34 时期抗病育种及抗病品种应用的思路, 以期持续控制甘肃省小麦条锈病、保障国家粮食安全生产提供技术支撑。

关键词: 冬小麦; 抗病育种; 条锈病; 思考; 甘肃省

Strategies on Breeding for Winter Wheat Resistance to *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* CYR34 in Gansu Province

CAO Shi-qin^{1,2}, JIA Qiu-zhen^{1,2}, SONG Jian-rong³, ZHANG Yao-hui⁴, WANG Wan-jun⁴, YUE Wei-yun³, SUN Zhen-yu^{1,2}, HUANG Jin^{1,2}, ZHANG Bo^{1,2}, WANG Xiao-ming^{1,2}

(¹ Institute of Plant Protection, Gansu academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070; ² Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Tianshui, Ministry of Agriculture, Gansu Gansu 741200; ³ Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui Gansu 741000; ⁴ Gansu testing station, Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Gansu Gansu 741200)

Abstract: Wheat stripe rust, caused by *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* (*Pst*), is one of the most destructive disease in winter wheat. This disease seriously threatens the production in areas of Gansu province, especially in Tianshui city and Longnan city. Planting varieties with genetic resistance was the most economical, environmentally friendly and effective method to control wheat stripe rust. In this article, the recent progress on monitoring virulence of *Pst* CYR34 and breeding for its resistance in Gansu province were summarized. Took advantage of the practice experiences over the past years, we proposed the future aspects in wheat breeding for CYR34 of *Pst*. We expect to provide solutions on sustainable management to wheat stripe rust, in order to ensure the security of wheat production in Gansu province of China.

Key words: winter wheat; resistance breeding; stripe rust; cogitate; Gansu province

小麦条锈病是发生于中国小麦生产上的最主要病害, 种植抗病品种是防治该病最经济有效且有利于环境保护的措施^[1]。自 20 世纪 50 年代以来, 小麦条锈病在全国范围内常年发生, 年均发生面积约 400 万 hm^2 ^[2]。其中 1950 年、1964 年、1990 年和 2002 年全国范围内

大流行, 损失小麦总计约 1265 万 t, 造成严重的产量和经济损失^[3]。2017 年, 小麦条锈病在我国黄淮海小麦主产区大范围流行, 全国发生面积约 556 万 hm^2 , 是自 2002 年以来发生面积最大的一年, 其中抗病品种缺乏是引致病害流行的最主要原因之一^[4]。

收稿日期: 2019-02-11 修回日期: 2019-02-28 网络出版日期: 2019-04-12

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20190211001>

第一作者研究方向为小麦有害生物综合防控技术研究, E-mail: caoshiqin6702@163.com

基金项目: 国家重点研发项目 (2018YFD0200405); 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); 甘肃省小麦产业技术体系岗位科学家 (GARS-01-07, GARS-01-05)

Foundation project: The National Key Research and Development Program of China (2018YFD0200405), The National Natural Science Funds (31560504), Science and Technology Innovation Project of Gansu Academy of Agricultural Science (2017GAAS45), Modern Agricultural Technology System in Wheat of Gansu Province (GARS-01-07, GARS-01-05)

研究发现,甘肃陇南是中国小麦条锈病的常发易变区,是条锈菌新小种的“策源地”,条锈菌群体中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^[1,5],转主寄主小檗的广泛分布与有性生殖的常年发生是我国条锈菌“易变区”形成的主要原因^[5]。截止到目前,由于条锈菌毒性变异,已在全国范围内造成 8 次大的品种更替。

在当前新的条锈菌优势小种 CYR34 流行压力下,如何突破小麦生产发展面临的提升效益、产量和质量、降低成本和保护环境等多重挑战的制约和瓶颈,实现粮食安全生产、资源高效利用与环境可持续发展面前的一项刻不容缓的战略议题。在持续进行甘肃省小麦条锈菌生理小种系统监测的基础上,进一步加强冬小麦抗条锈病育种及抗病品种合理利用,是提升小麦种植效益、保护农田生态环境的治本之策之一。本文旨在对甘肃省近年来小麦条锈菌生理小种监测及冬小麦抗条锈病育种的进展进行简要总结,提出今后一段时期冬小麦抗条锈病育种的思路 and 措施,以期持续控制甘肃省小麦条锈病发生流行,保障国家小麦安全提供技术支撑。

1 甘肃省小麦条锈菌 CYR34 出现频率及致病特点

1.1 小麦条锈菌 CYR34 在甘肃省的出现频率

2009 年以来,黄瑾等^[6]、贾秋珍等^[7]对甘肃省小麦条锈菌进行系统监测结果发现,甘肃省小麦条锈菌 CYR34(甘肃省原代号 G22-9,于 2016 年 1 月在四川省绵阳市召开的全国锈病白粉协作组会议上正式定名)出现频率上升速度快,已由 2009 年的 0 上升到 2016 年的 34.85%(图 1),超过原来主要流

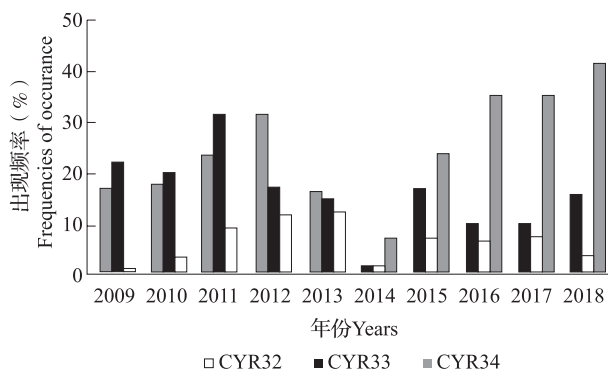


图 1 2009-2018 年 CYR34、CYR32 及 CYR33 在甘肃省出现频率

Fig.1 Frequencies of occurrence to CYR 34, CYR32 and CYR 33 of *Pst* in Gansu province during 2009-2018

行小种 CYR32 和 CYR33,成为甘肃省第 1 位的流行小种,应引起育种和生产上的高度重视。

1.2 小麦条锈菌 CYR34 苗期致病性特点

研究发现,条锈菌 CYR34 致病特点与 CYR32 类似,苗期对贵农 22、川麦 42(Yr24)、兰天 17 号(Yr26)、92R137(Yr24/Yr26)均有毒性,但对现有鉴别寄主中 4、*T.spelta album*(Yr5)无毒性;毒性基因分析发现,其含有 CYR32、CYR33 所不具备的 Yr24/Yr26 及 Yr10 毒性基因^[6-8];其致病力、相对寄生适合度均高于 CYR32、CYR33^[6]。故 CYR34 主要特点是毒性谱宽、致病力强、相对寄生适合度高。

1.3 小麦条锈菌 CYR34 对甘肃省主要生产品种(系)及抗源材料致病性分析

在原有工作的基础上^[9],2016-2018 年选用我国重要抗源材料贵农 22、南农 92R 及其衍生系材料兰天 17 号、中梁 29 号、天选 43 号等生产品种及抗源材料,进行了苗期、成株期接种鉴定,同时在甘肃省农业科学院植物保护研究所甘谷试验站及汪川良种场两地进行自然诱发鉴定,结果发现:所有供试材料中,仅有 *T.spelta album*、中 4 等极少数材料表现抗病,其余均表现感病(表 1)。

2 甘肃省冬小麦抗条锈病育种成效

以条锈菌 CYR34 为代表的贵农 22 致病类群的出现和积累,造成以贵农 22、南农 92R 为代表的重要抗源材料及兰天 17 号、天选 43 号、中梁 29 号等生产品种田间抗病性丧失,失去利用价值,抗病材料相对较少^[9]。甘肃省冬小麦育种单位长期以来一直重视抗条锈病育种工作,2015-2018 年选用 1719 份甘肃省小麦品种(系)材料,在苗期接种混合菌,成株期分别接种条锈菌 CYR34、G22-14、贵农其他菌系及混合菌,进行抗病性评价。结果发现:全生育期表现抗病的有 221 份材料,占 12.86%,其中表现免疫、高抗和中抗的分别有 162 份、1 份和 58 份,分别占 9.42%、0.06% 和 3.37%;苗期表现抗病的有 465 份材料,占 27.05%,其中表现免疫和中抗的分别有 452 份和 13 份,分别占 26.29% 和 0.76%;成株期表现抗病的有 671 份材料,占 39.03%,其中表现免疫和中抗的分别有 508 份和 163 份,分别占 29.55% 和 9.48%,表明甘肃冬小麦子代材料中对条锈菌 CYR34 表现抗病的相对较多(表 2)。

表 1 2016-2018 年甘肃省重要生产品种及抗源材料田间自然诱发鉴定结果
Table 1 Field tests for resistance to *Puccinia striiformis* f.sp *tritici* in released varieties and resistant donor lines in 2016-2018

品种(系) Varieties (Lines)	甘谷试验站 Gangu testing station			汪川良种场 Wangchuan farm		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
贵农 21 Guinong 21	3/20/100 ^a	3/40/80	3/10/100	4/20/100	3/10/100	3/40/100
贵农 22 Guinong 22	3/20/100	3/20/100	3/40/100	3/10/100	4/20/100	3/40/100
92R137	3/10/100	3/40/100	3/40/100	3/40/100	3/20/100	3/40/100
92R178	3/40/100	3/20/100	3/40/100	4/20/100	4/20/100	3/10/100
T.spelta album	0	0	0	0	0	0
Moro	3/20/100	3/10/100	3/40/100	3/20/100	3/40/80	3/40/100
中 4 Zhong 4	0	0	0	0	0	0
中梁 29 Zhongliang 29	3/20/100	3/20/100	3/10/100	3/40/100	4/40/100	4/20/100
兰天 17 Lantian 17	3/40/100	3/60/100	3/40/100	4/20/100	4/40/100	4/60/100
兰天 24 Lantian 24	3/20/100	3/40/100	3/20/100	3/10/100	3/40/100	3/60/100
陇鉴 9343 Longjian 9343	3/60/100	3/10/100	3/40/100	3/40/100	4/20/100	4/40/100
天选 43 Tianxuan 43	3/60/100	3/40/100	3/20/100	3/40/100	3/40/100	3/20/100

^a: 反应型 / 严重度 (%) / 普遍率 (%)
^a: Infection type/Severity (%)/Percentage (%)

表 2 2015-2018 年子代材料对 CYR34 苗期、成株期抗病性表现数量
Table 2 The resistant wheat lines against *Pst* isolate CYR34 at the seedling and adult stages during 2015-2018

年份 Years	总数 Numbers	全生育期 All-stage				苗期 Seedling stage				成株期 Adult stage			
		合计 Total	免疫 IM	高抗 HR	中抗 MR	合计 Total	免疫 IM	高抗 HR	中抗 MR	合计 Total	免疫 IM	高抗 HR	中抗 MR
2015	480	5	0	0	5	20	19	0	1	104	91	0	13
2016	447	12	0	0	12	14	12	0	2	235	90	0	145
2017	334	26	0	0	26	102	95	0	7	125	124	0	1
2018	458	178	162	1	15	329	326	0	3	207	203	0	4
合计 Total	1719	221 (12.86)	162 (9.42)	1 (0.06)	58 (3.37)	465 (27.05)	452 (26.29)	0 (0)	13 (0.76)	671 (39.03)	508 (29.55)	0 (0)	163 (9.48)

括号内数据为相应抗病材料数占供试总材料数的百分数
The data in brackets is percentage of resistant wheat lines numbers to total numbers, IM: Immune, HR: High resistance, MR: Middle resistance

3 后条锈菌 CYR34 时期甘肃省冬小麦育种策略

多年的研究结果发现,甘肃冬麦区特别是陇南和中部在中国小麦条锈病流行体系中具有十分重要的作用。其中在秋苗期,该区越夏菌源在早播秋苗上侵染繁殖后,可向本地及四川、陕西、湖北等广大东部冬麦区传播^[1,10],造成这些地区秋苗发病,进而引致翌年黄淮海麦区的发生流行。在成株期,该区发病可向甘肃中部冬春麦混作区及我国西部麦区的青海、宁夏提供大量菌源,引致这些晚熟春麦区的发生流行。因此具有苗期感病、成株期耐(感)病的

品种不宜在该区域推广种植,避免早期(特别是秋苗期)积累大量菌源并向外传播。从表 2 鉴定结果看,1719 份供试品种(系)材料中,苗期抗病的仅占 27.05%,比例相对偏低,但从总体数量看,4 年合计共有 465 份品系表现抗病,特别是 2017 年和 2018 年,分别有 95 份和 326 份高代品系表现抗病,说明高代品系中抗病材料相对较多,这也与这些地区的育种家高度重视苗期抗性品种的选育有关。

基于近年来甘肃省小麦条锈菌群体结构的变化特点,给甘肃省小麦育种特别是冬小麦抗锈育种提出了新的挑战。今后一段时期内,在开展密切监测甘肃省小麦条锈菌群体及主要流行小种变异动态的

基础上,持续开展有针对性的抗病育种工作,同时培育具有不同抗病基因的品种,逐步实现抗病品种特别是抗病基因的合理布局,同时逐步实现植物病理与抗病育种的深度融合,为持续控制甘肃省小麦条锈病的发生流行,保障黄淮海麦区粮食安全生产提供技术支撑。

3.1 针对主要目标开展抗病育种

针对当前甘肃省小麦条锈菌主要流行小种 CYR34 的实际,今后一段时期甘肃省及国内小麦抗锈育种的目标应以抗 CYR34 为主,同时兼顾 CYR32、CYR33 及贵农 22 致病类群中其他致病类型,密切关注新致病类型中 4-1。

3.2 加强已知抗病基因的研究与利用

自 2000 年以来,甘肃省相关育种单位如甘肃省农业科学院小麦研究所、天水市农业科学研究所等以已知基因载体品种 (*Yr12*、*Yr13*、*Yr16*、*Yr26*、*Yr30*) 为亲本,开展了抗病品种的筛选与利用,先后育成了兰天 17 号、兰天 19 号、兰天 20 号、兰天 24 号、中梁 29 号、陇鉴 9343、天选 43 号等一批抗条锈病新品种^[11],为甘肃陇南抗病基因合理布局的框架构成打下了良好基础。截止到目前,国内外已标记并命名了 80 个 *Yr* 基因^[12]和多个未定名基因。但从其利用现状和对以条锈菌 CYR34 为代表的贵农 22 致病类群的抗病性看,目前尚不可知,亟需进一步研究,以解决已知抗病基因在甘肃冬麦区抗病育种中利用相对匮乏的局面。在此基础上,利用分子标记辅助选择技术,有针对性的进行抗条锈病基因累加和聚合,进行抗病育种,提高选择的准确性和育种效率,助力提高品种抗条锈性和基因多样化,应对甘肃陇南条锈病防治新形势。

3.3 加强外源材料的研究与利用

研究发现,中间偃麦草后代中 4 条锈病抗性强,天水市农业科学研究所中 4 为骨干亲本进行抗病育种,先后选育出中梁 22 号、中梁 25 号、中梁 27 号、中梁 28 号等一批适宜于甘肃陇南高海拔山区种植的冬小麦品种^[11]。西北农林科技大学井金学教授团队已从其衍生系材料中梁 22、中梁 93444、中梁 93447 中标记出新的抗病基因 *YrZhong22*^[13]、*YrZhong93444*^[14]和 *YrZhong93444*^[15];中国农业科学院作物科学研究所张学勇研究员团队利用长穗偃麦草 R431,选育出携带抗病新基因 *YrTp1* 和 *YrTp2* 的、适宜于陇南山区种植的冬小麦品种中天 1 号^[16-17];王万军等^[18]研究发现,贵协系材料中含有丰富的抗条锈病资源,且含有诸多外源血缘。这

些工作的开展,为今后抗病育种资源的进一步挖掘与利用提供了可靠的信息。

3.4 提高抗源材料利用的丰富度和精准度

慎用热门抗源,加强抗源材料利用的多样性,将会降低病菌毒性选择的步伐,延长品种抗病性的年限。基于此,近年来甘肃省内育种单位以保丰 6 号、德国 2 号、SXA4、Mo(s)311、Dippes Triumph、Flanders、Fr81-1、Ciemenp、15th12、Holdfast 及小黑麦、三属麦 1 号等为亲本,先后选育出兰天 21 号、兰天 22 号、兰天 23 号、兰天 25 号、兰天 131、兰天 26 号、兰天 27 号、中梁 26 号、中梁 30 号、天选 45 号、天选 44 号、天选 59 号等一批适于陇南不同生态区种植的抗病、丰产品种;以白大头、多头麦等农家小麦为亲本,选育出天 00127、武都 18 号等。进一步加强国内外抗源材料、农家品种材料及其他材料的评价与筛选,在此基础上,对抗病性优异的抗源材料及生产品种,利用国内现已开发出的基因芯片进行扫描,规模化快速发掘鉴定这些优异材料中携带的抗条锈病基因,进而进行辅助育种,以提高抗病育种的精准性和抗病基因的有效性,从而使甘肃陇南目前的抗病品种资源多样化真正上升到抗病基因的多样化,为防止普遍应用同一抗病基因,减缓对条锈病菌群体的选择压力,延长抗病品种在生产上的使用时间、持续控制甘肃省小麦条锈病的发生流行起到积极的推动作用。

参考文献

- [1] 李振岐,曾士迈.中国小麦锈病.北京:中国农业出版社,2002:3
Li Z Q, Zeng S M. Wheat Rusts in China. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 3
- [2] 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.植物保护,2018,44(5):1-12
Han D J, Kang Z S. Current status and future strategy in breeding wheat for resistance to stripe rust in China. Plant Protection, 2018, 44(5): 1-12
- [3] Wan A M, Zhao Z H, Chen X M, He Z H, Yao G, Yang J X, Wang B T, Li G B, Bi Y Q, Yuan Z Y. Wheat stripe rust epidemic and virulence of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in China in 2002. Plant Disease, 2004, 88: 896-904
- [4] 黄冲,姜玉英,李佩玲,彭红,崔彦,杨俊杰,谢飞舟.2017 年我国小麦条锈病流行特点及重发原因分析.植物保护,2017,43(2):162-166
Huang C, Jiang Y Y, Li P L, Peng H, Cui Y, Yang J J, Xie F Z. Epidemics analysis of wheat stripe rust in 2017. Plant Protection, 2017, 43(2): 162-166
- [5] 康振生,王晓杰,赵杰,汤春蕾,黄丽丽.小麦条锈菌致病性及其变异研究进展.中国农业科学,2015,48(17):3439-3453
Kang Z S, Wang X J, Zhao J, Tang C L, Huang L L. Advances

- in research of pathogenicity and virulence variation of the wheat stripe rust fungus *Puccinia striiformis* f.sp.*tritici*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(17): 3439-3453
- [6] 黄瑾, 贾秋珍, 张勃, 孙振宇, 黄苗苗, 金社林. 小麦条锈病菌新菌系 G22-9 (CYR34) 和 G22-14 流行趋势预测. *植物保护学报*, 2018, 45(1): 101-108
Huang J, Jia Q Z, Zhang B, Sun Z Y, Huang M M, Jin S L. Epidemic forecasting of the new strains G22-9 (CYR34) and G22-14 of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in wheat in Gansu province. *Journal of Plant Protection*, 2018, 45(1): 101-108
- [7] 贾秋珍, 曹世勤, 黄瑾, 张勃, 孙振宇, 骆惠生, 王小明, 金社林. 2013-2016 年甘肃省小麦条锈菌生理小种变异监测. *植物保护*, 2018, 44(6): 162-167
Jia Q Z, Cao S Q, Huang J, Zhang B, Sun Z Y, Luo H S, Wang X M, Jin S L. Monitoring the variation of physiological races of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in Gansu province during 2013-2016. *Plant Protection*, 2018, 44(6): 162-167
- [8] 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. 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*, 2017, 47(5): 681-687
Liu B, Liu T G, Zhang Z Y, Jia Q Z, Wang B T, Gao L, Peng Y L, Jin S L, Chen W Q. Discovery and pathogenicity of CYR34, a new race of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* in China. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2017, 47(5): 681-687
- [9] 曹世勤, 王小明, 贾秋珍, 孙振宇, 骆惠生, 张勃, 黄瑾, 金明安, 王万军, 金社林. 2003-2013 年小麦品种 (系) 抗条锈性鉴定及评价. *植物遗传资源学报*, 2017, 18(2): 253-260
Cao S Q, Wang X M, Jia Q Z, Sun Z Y, Luo H S, Zhang B, Huang J, Jin M A, Wang W J, Jin S L. Evaluation of resistance to stripe rust in wheat varieties (lines) during 2003-2013 in longnan region, Gansu province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2017, 18(2): 253-260
- [10] Zeng S M, Luo Y. Long-distance spread and interregional epidemics of wheat stripe rust in China. *Plant Disease*, 2006, 90(8): 980-988
- [11] 宋建荣, 张耀辉, 岳维云. 甘肃省冬小麦抗条锈育种进展与思路. *麦类作物学报*, 2010, 30(5): 981-985
Song J R, Zhang Y H, Yue W Y. Progress and thoughts on breeding of resistance to stripe rust of winter wheat in Gansu province. *Journal of Triticeae Crops*, 2010, 30(5): 981-985
- [12] Wu J H, Hang S, Zeng Q D, Liu S J, Wang Q L, Mu J M, Yu S Z, Han D J, Kang Z S. Comparative genome-wide mapping versus extreme pool genotyping and development of diagnostic SNP markers linked to QTL for adult plant resistance to stripe rust in common wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 2018, 131: 1777-1792
- [13] 杨敏娜, 徐智斌, 王美南, 宋建荣, 井金学, 李振岐. 小麦品种中梁 22 抗条锈病基因的遗传分析和分子作图. *作物学报*, 2008, 37(4): 1280-1284
Yang M N, Xu Z B, Wang M N, Song J R, Jing J X, Li Z Q. Genetic analysis and molecular mapping of stripe rust resistance gene in wheat cultivar Zhongliang 22. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(7): 1280-1284
- [14] 王岭岭, 侯冬媛, 王文立, 周新力, 宋建荣, 井金学. 小麦品系中梁 93444 的抗条锈性遗传分析和分子作图. *植物保护学报*, 2011, 38(2): 109-115
Wang L L, Hou D Y, Wang W L, Zhou X L, Song J R, Jing J X. Genetic analysis and molecular mapping of stripe rust resistance gene in wheat line Zhongliang 93444. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2011, 38(2): 109-115
- [15] 杨悦, 马东方, 王文立, 宋建荣, 井金学. 中梁 93447 抗条锈病基因遗传分析和分子作图. *植物病理学报*, 2010, 40(5): 482-488
Yang Y, Ma D F, Wang W L, Song J R, Jing J X. Genetic analysis and molecular mapping of stripe rust resistance gene in Zhongliang 93447. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2010, 40(5): 482-488
- [16] 宋建荣, 吕莉莉, 张耀辉. 冬小麦新品种中天 1 号选育报告. *甘肃农业科技*, 2009(1): 3-5
Song J R, Lv L L, Zhang Y H. Breeding report of winter wheat cultivar Zhongtian 1. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2009(1): 3-5
- [17] 殷学贵, 尚勋武, 庞斌双, 宋建荣, 曹世勤, 李金昌, 张学勇. A-3 中抗条锈新基因 *YrTp1* 和 *YrTp2* 的分子标记定位分析. *中国农业科学*, 2006, 39(1): 10-17
Yin X G, Shang X W, Pang B S, Song J R, Cao S Q, Li J C, Zhang X Y. Molecular mapping of two novel stripe rust resistance genes *YrTp1* and *YrTp2* in A-3 derived from *Triticum aestivum* × *Thinopyrum ponticum*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(1): 10-17
- [18] 王万军, 曹世勤, 王小明, 张立异, 黄瑾, 孙振宇, 张勃, 贾秋珍, 金社林, 张庆勤. 86 份贵协系小麦种质资源对条锈病的抗病性评价. *植物保护*, 2016, 42(2): 198-203
Wang W J, Cao S Q, Wang X M, Zhang L Y, Huang J, Sun Z Y, Zhang B, Jia Q Z, Jin S L, Zhang Q Q. Identification of resistance to stripe rust in 86 Guixie wheat germplasm. *Plant Protection*, 2016, 42(2): 198-203