

贵农系列小麦种质资源在甘肃陇南的抗条锈病研究

曹世勤^{1,2,3}, 贾秋珍^{2,3,4}, 孙振宇^{2,3,4}, 王万军⁵, 黄瑾^{2,3,4},
张勃^{2,3,4}, 王晓明^{2,3,4}, 骆惠生^{2,3,4}

(¹甘肃省农业科学院小麦研究所, 兰州 730070; ²农业部天水作物有害生物野外科学观测实验站, 甘肃甘谷 741200;

³农业农村部国家植物保护甘谷观测实验站, 甘肃甘谷 741200; ⁴甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070;

⁵天水市农业科学研究所甘谷试验站, 甘肃甘谷 741200)

摘要: 甘肃陇南是小麦条锈病的常发易变区, 是条锈菌新小种的“策源地”。小麦条锈病是发生于该区域及甘肃省小麦生产上最主要的病害, 种植抗病品种是防治该病最经济有效且绿色环保的措施。本研究对来自贵州大学的小麦种质资源材料贵农 19、贵农 21、贵农 22、贵农 29、贵农 775 在甘肃省农业科学院植物保护研究所兰州温室进行苗期人工接种鉴定, 在甘谷试验站和天水市秦州区汪川良种场两地进行多年田间人工接种和自然诱发抗条锈病性鉴定及监测, 结果发现: 自 2010 年以来, 由于以条锈菌 CYR34 为代表的贵农 22 致病类群的发生流行, 使得贵农 19、贵农 21、贵农 22 在甘肃陇南田间先后丧失抗条锈病性而失去利用价值, 贵农 29、贵农 775 目前在甘肃陇南田间仍表现出较好的抗条锈病特性, 特别是对条锈菌新菌系 ZS-1 表现免疫, 是目前不可多得的小麦种质资源材料, 可作为一线抗条锈病资源材料在陇南抗病育种中研究和利用。

关键词: 贵农系列; 条锈病; 抗病性; 利用价值

Tests for Stripe Rust Resistance in Wheat Germplasm Guinong Lines at Southern Region of Gansu Province

CAO Shi-qin^{1,2,3}, JIA Qiu-zhen^{2,3,4}, SUN Zhen-yu^{2,3,4}, WANG Wan-jun⁵, HUANG Jin^{2,3,4},
ZHANG Bo^{2,3,4}, WANG Xiao-ming^{2,3,4}, LUO Hui-sheng^{2,3,4}

(¹Wheat Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070; ²Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Tianshui, the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, GansuGangu 741200; ³National Agricultural Experimental Station for Plant Protection at Gangu, the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, GansuGangu 741200; ⁴Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070; ⁵Gangu Testing Station, Tianshui Agricultural Sciences, GansuGangu 741200)

Abstract: The southern region of Gansu province, including Tianshui city and Longnan city, is a hot and the first emergency area of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* (*Pst*) in China. Wheat stripe rust is the most destructive disease of wheat in this area. Deployment of resistant-conferring wheat varieties is the most economical, environmental-friendly and effective method. Five wheat germplasm accessions including Guinong 19, Guinong 21, Guinong 22, Guinong 29 and Guinong 775 were derived from Guizhou university. Since 1994, these accessions have been widely used as parental lines in breeding for stripe rust resistance wheat cultivars in this area because of better resistance to stripe rust in seedling and adult stage. We have conducted

收稿日期: 2021-01-15 修回日期: 2021-02-05 网络出版日期: 2021-04-02

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210115003>

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: 国家重点研发计划 (2018YFD0200405); 国家自然科学基金 (31560504)

Foundation projects: The National Key Research and Development Program of China (2018YFD0200405), The National Natural Science Funds (31560504)

a long-term experiment during 1999-2020 at Lanzhou greenhouse and Gangu testing station, institute of plant protection, Gansu academy of agricultural sciences, and Wangchuan farming respectively, in order to test for resistance to stripe rust at the seedling and adult stage both under greenhouse and field conditions. The results showed that there were three accessions Guinong 19, Guinong 21, Guinong 22 become susceptible by infection in field with race CYR34 since 2010 and become the ranking first popular race in Gansu province since 2015, and other pathotype clade Guinong 22 of *Pst* respectively. Two accessions Guinong 29 and Guinong 775 remain to be resistant to CYR34, especially were immune to the new isolate ZS-1 of *Pst* at adult stage by manual inoculation in field. Both were all immune to CYR32, CYR34 and ZS-1 of *Pst*, which means had better resistance at present time. Two accessions are valuable in wheat breeding in southern region of Gansu province in future.

Key words: wheat accessions Guinong lines; wheat stripe rust; resistance; using value

甘肃陇南(包括天水市、陇南市)是小麦条锈病的常发异变区,是条锈菌新小种的“策源地”^[1-3]。条锈病是发生于该区域小麦生产上最主要的病害,种植抗病品种是防治该病害最经济有效且绿色环保的措施^[1]。自20世纪80年代以来,由于以洛夫林10和洛夫林13为代表的洛夫林系、以绵阳11为代表的繁6绵阳系、以92R137和92R178为代表的南农92R系等热门抗源材料先后在甘肃陇南不同生态区的过度利用,造成这些材料抗条锈病性先后丧失而失去利用价值,导致小麦条锈病在甘肃陇南及全国大范围发生,造成严重的产量和经济损失^[4-5]。进行抗病种质资源的挖掘和利用是开展抗病新品种选育和应用的基础性工作^[6]。贵农19、贵农21、贵农22、贵农29、贵农775是由贵州大学张庆勤教授通过远源杂交创制而成的普通小麦材料^[7-8]。20世纪90年代中期由中国农业科学院植物保护研究所谢水仙研究员先后引进甘肃陇南,并率先开展了抗病性评价。由于其具有极好的抗条锈病性,特别是对条锈菌主要流行小种CYR30、CYR31、CYR32和CYR33均表现免疫^[9-11],甘肃省农业科学院植物保护研究所、天水市农业科学研究所、陇南市科学研究所、临夏州农业科学研究所等相关小麦育种单位以其为骨干亲本,先后选育出陇鉴9343、天选43号、临麦35号等多个冬春小麦生产品种^[12],并在生产上得到广泛应用,为甘肃陇南小麦条锈病的持续控制发挥了重要作用。

研究发现,小麦条锈菌有性生殖转主寄主小檗在甘肃陇南广泛分布。小麦生长期内条锈菌有性生殖和无性生殖共存,造成小麦条锈菌变异速度快,使得绝大多数小麦品种及抗源材料在该区域种植

和利用3~5年,就会由于抗条锈病性丧失而失去利用价值^[1,5]。目前,贵农系列材料已在甘肃陇南利用近30年,虽然贵农19、贵农21、贵农22由于条锈菌CYR34的出现,自2010年开始在甘肃陇南田间抗病性丧失而失去利用价值^[13-14],但贵农29、贵农775至今仍保持较好的抗条锈病特性。目前甘肃省内各育种单位对贵农29、贵农775利用的相对较少,尚没有选育出以其为亲本的生产品种。基于此,笔者结合多年研究结果,系统总结了供试材料在甘肃陇南的抗条锈病性特点,旨在为下一步的更好利用2个品种打下良好基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试品种材料贵农19、贵农21、贵农22、贵农29、贵农775及对照品种铭贤169,供试条锈菌单孢菌系CYR29、CYR30、CYR31、CYR32、CYR33、CYR34及ZS-1和混合菌,均由甘肃省农业科学院植物保护研究所小麦病害课题组提供。

1.2 试验方法

1.2.1 人工接种鉴定 1999年、2008年和2019年,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,对供试材料分别进行苗期、成株期人工接种鉴定。其中苗期鉴定采用抖孢子粉法,成株期采用喷孢子悬浮液法^[12]。

1.2.2 自然诱发鉴定 1999-2020年的22年间,每年先后在甘肃省农业科学院植物保护研究所甘谷试验站(海拔1270 m)和天水市秦州区汪川良种场(海拔1680 m)两地,进行成株期自然诱发鉴定。在感病对照品种铭贤169发病高峰期的5月下旬和6月上旬,分别记载供试各品种条锈病病情(反应型/

严重度(%) / 普遍率(%))。

2 结果与分析

2.1 人工接种鉴定评价结果

通过1999年、2008年和2019年对供试材料进行苗期、成株期人工接种鉴定,发现在1999年,供试品种材料苗期、成株期对供试条锈菌CYR29、CYR30、CYR31、CYR32和混合菌均表现免疫;2008年,贵农19苗期和成株期对混合菌表现中抗,对CYR33表现中感,对CYR32表现免疫。贵

农21、贵农22、贵农29和贵农775对所有供试小种及混合菌均表现免疫;2019年,贵农19、贵农21、贵农22在苗期和成株期对CYR34、ZS-1和混合菌均表现中感或高感,但对CYR32、CYR33表现免疫。贵农29苗期对混合菌表现免疫,成株期对CYR34和混合菌表现中抗,对CYR32、CYR33、ZS-1表现免疫。贵农775苗期和成株期对供试菌系和混合菌均表现免疫。表明贵农19、贵农21、贵农22在甘肃陇南田间已丧失抗病性,贵农29和贵农775抗病性表现优异(表1)。

表1 贵农系材料苗期、成株期人工接种鉴定结果

Table 1 Resistance of tested wheat accessions Guinong lines to *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* by manual inoculation at seedling and adult stages

年份 Years	品种 Varieties	苗期混合菌 Seedling stage with mixed isolates	成株期 Adult stage							
			混合菌 Mixed isolates	CYR29	CYR30	CYR31	CYR32	CYR33	CYR34	ZS-1
1999	贵农19	0	0	0	0	0	0	/	/	/
	贵农21	0	0	0	0	0	0	/	/	/
	贵农22	0	0	0	0	0	0	/	/	/
	贵农29	0	0	0	0	0	0	/	/	/
	贵农775	0	0	0	0	0	0	/	/	/
	铭贤169	3/40/100	3/40/100	3/60/100	3/40/100	3/80/100	3/40/100	/	/	/
2008	贵农19	2/10/20	2/10/10/	/	/	/	0	3/10/20	/	/
	贵农21	0	0	/	/	/	0	0	/	/
	贵农22	0	0	/	/	/	0	0	/	/
	贵农29	0	0	/	/	/	0	0	/	/
	贵农775	0	0	/	/	/	0	0	/	/
	铭贤169	3/20/100	3/20/100	/	/	/	3/60/100	3/40/100	/	/
2019	贵农19	3/40/100	3/40/100	/	/	/	0	0	3/40/100	3/60/100
	贵农21	4/40/100	3/40/100	/	/	/	0	0	3/20/100	3/40/100
	贵农22	4/40/100	3/20/100	/	/	/	0	0	3/40/100	3/40/100
	贵农29	0	2/10/10	/	/	/	0	0	2/10/10	0
	贵农775	0	0	/	/	/	0	0	0	0
	铭贤169	3/80/100	3/40/100	/	/	/	3/20/100	3/40/100	3/60/100	3/40/100

表中数据表示病情,即反应型/严重度(%) / 普遍率(%); / 表示无数据。下同

The data showed Disease index, this means Infection type/Severity (%) / Percentage (%), / Showed no data. The same as below

2.2 自然诱发鉴定结果

1999-2020年在甘谷试验站和汪川良种场两地的多年调查结果表明,对自然诱发的条锈病,贵农19、贵农21和贵农22自2009年始在甘谷试验站田

间出现中抗株,2010年始在两地均开始发病,反应型3~4型,病情指数最高达到60。贵农29和贵农775在田间抗条锈病性表现稳定,一直保持免疫或中抗水平(表2)。

表 2 1999-2020 年贵农系材料在甘肃陇南田间抗病性表现

Table 2 Resistance to stripe rust in tested accessions Guinong lines at Southern region of Gansu province during 1999-2020

年份 Years	甘谷试验站 Gansu testing station					汪川良种场 Wangchuan farming				
	贵农 19	贵农 21	贵农 22	贵农 29	贵农 775	贵农 19	贵农 21	贵农 22	贵农 29	贵农 775
	Guinong 19	Guinong 21	Guinong 22	Guinong 29	Guinong 775	Guinong 19	Guinong 21	Guinong 22	Guinong 29	Guinong 775
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	2/10/10	1/5/10	2/5/5	0	0	1/5/5	2/10/5	2/5/t	0	0
2010	3/10/5	3/10/10	2/10/20	0	0	3/10/40	3/10/5	2/10/40	0	0
2011	3/10/100	3/10/50	3/10/100	0	0	3/10/80	3/10/100	3/20/100	0	0
2012	3/20/100	3/10/80	3/20/100	0	0	3/10/100	3/10/40	3/10/100	0	0
2013	3/20/100	3/20/100	3/40/100	0	0	3/20/100	3/20/80	3/20/100	0	1/10/10
2014	4/20/100	3/20/100	3/10/100	0	0	3/10/100	3/10/100	3/40/100	0	0
2015	3/40/1100	3/40/100	3/20/100	0	0	3/40/100	3/20/100	3/10/100	0	0
2016	3/20/100	3/20/100	3/10/100	0	0	3/20/100	3/40/100	3/20/100	0	0
2017	3/40/100	3/20/100	3/40/100	2/10/10	0	3/40/100	3/10/100	3/20/100	0	0
2018	3/60/100	3/10/100	3/40/100	1/10/5	0	3/60/100	3/40/100	3/10/100	0	2/10/10
2019	3/40/100	3/40/100	3/20/100	1/10/10	0	3/20/100	3/40/100	3/10/100	2/10/10	1/10/10
2020	3/60/100	3/20/100	3/10/100	0	0	3/40/100	3/40/100	3/20/100	1/10/20	0

3 讨论

多年来的甘肃陇南田间抗条锈病鉴定与监测结果表明,贵农 19、贵农 21、贵农 22 在 2010 年以前由于具有极好的抗条锈病特性,故一直作为骨干亲本在甘肃陇南抗条锈病育种中得到较好利用^[11-12, 14]。正是由于热门材料的过度利用及其后代材料的广泛种植,才使得以 CYR34 为代表的贵农 22 致病类群到 2015 年成为了甘肃省第 1 位流行小种和致病类群,导致贵农 19、贵农 21、贵农 22 及其衍生系材料天选 43 号、陇鉴 9343 等在田间抗条锈病性丧失而失去利用价值^[13-14]。

在甘肃陇南持续开展抗条锈病种质资源的挖掘、评价和利用是一项长期性工作,也是丰富甘肃

陇南抗病基因库、实现持续控制的基础性工作。人工鉴定结果发现,贵农 775 对条锈菌 CYR31、CYR32 表现免疫,与周祥椿等^[15]研究结果一致。进一步鉴定发现,该品种在甘谷试验站成株期对接种的 CYR34、CYR33 表现免疫,在甘谷试验站和汪川良种场两地成株期对自然诱发的条锈病表现免疫或中抗,抗条锈病性表现优异且稳定,是当前甘肃陇南育种中为数不多的条锈病抗源材料。贵农 775 是由贵州大学张庆勤^[16]利用远缘杂交(节节麦/野燕麦//偏凸山羊草/硬粒小麦)方法培育的普通小麦材料。张超等^[17]研究表明,贵农 775 对 CYR32 的抗病性由 2 对显性基因控制,其中的 YrG775 很可能来自偏凸山羊草。但后来,袁洪等^[8]通过 C-带分析发现贵农 775 含有一对 6VS/6AL

(含有抗白粉病基因 *Pm21*) 易位染色体, 因此认为簇毛麦是贵农 775 的原始亲本之一。而造成异交的原因很可能是在贵农 775 选育过程中, 种植在周边的带有簇毛麦 6V 染色体材料(如贵农 21、6V/6A 代换系)的花粉漂移。本研究通过多年在甘谷试验站田间观察, 发现贵农 775 对 CYR34 的抗病性及相关农艺性状与贵农 21、贵农 22 有一定差异, 故也认为其抗条锈病基因可能来源于偏凸山羊草而非簇毛麦。

从 2019 年鉴定结果进一步看出, 贵农 775 和贵农 29 不仅对条锈菌 CYR34 表现抗病, 而且对近年来甘肃省出现频率较高的、目前已成为甘肃省第 3 位流行菌系的条锈菌新菌系 ZS-1 也表现抗病, 是目前甘肃陇南田间数量不多的抗源材料。进一步加强贵农 775 和贵农 29 在甘肃陇南的研究和应用, 尽快开展抗病基因的挖掘、鉴定和利用研究, 将是下一步工作的重点。

1999 年、2008 年和 2019 年人工鉴定结果表明, 贵农 775 和贵农 29 在苗期对接种诱发的混合菌表现免疫。基于 2 个品种具有苗期抗性特点和甘肃陇南越夏区抗病品种特别是苗期抗性品种缺乏的实际, 建议下一步将 2 个品种作为抗源材料在陇南越夏区的高海拔地区应用, 以尽快补充当前苗期抗性材料相对较少的局面。陇南越夏区在中国小麦条锈病流行体系中的作用主要是在秋苗期。该区越夏菌源在早播秋苗上侵染繁殖后, 可向甘肃陇南及四川、陕西、湖北等广大东部冬麦区传播^[1], 因此在陇南越夏区大范围种植具有苗期抗性的品种, 将会显著降低该区域秋苗期菌源量和向东部麦区的四川盆地、陕西南部及湖北十堰等条锈菌冬季繁殖区输入的菌源量, 对保障我国黄淮海麦区粮食安全生产、降低农药使用量意义重大。

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] 康振生, 王晓杰, 赵杰, 唐春蕾, 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
- [3] 曹世勤, 金社林, 段霞瑜, 骆惠生, 刘太国, 陈万权, 李辉, 蒲崇建, 贾秋珍, 金明安, 张勃, 黄瑾. 甘肃中部麦区小麦条锈病菌越夏调查及品种抗性变异监测结果初报. 植物保护, 2011, 37(3): 133-138
Cao S Q, Jin S L, Duan X Y, Luo H S, Liu T G, Chen W Q, Li H, Pu C J, Jia Q Z, Jin M A, Zhang B, Huang J. A preliminary of over-summering stripe rust and the resistance variety of wheat cultivars in middle Gansu. Plant Protection, 2011, 37(3): 133-138
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 高胜国, 靳秋生, 宋瑞杰. 92R 系统白粉病抗源多抗性鉴定. 作物品种资源, 1998(2): 34
Gao S G, Jin Q S, Song R J. Evaluation multi-resistance to NAU 92R wheat lines. Journal of Plant Genetic Resources, 1998(2): 34
- [7] 葛昌斌, 廖平安, 郭春强, 秦素研, 徐如宏, 张庆勤. 小麦贵农 775 抗条锈病新基因 *YrGA* 的研究. 河南农业科学, 2003(7): 19-24
Ge C B, Liao P A, Guo C Q, Qin S Y, Xu R H, Zhang Q Q. A novel gene *YrGA* resistant to stripe rust in wheat variety Guinong775. Henan Agricultural Sciences, 2003(7): 19-24
- [8] 袁洪, 李勤菲, 戴秀梅. 小麦抗病种质贵农 775 的细胞学分析. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2009, 34(3): 137-141
Yuan H, Li Q F, Dai X M. Cytology analysis of resistant wheat germplasm Guinong 775. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 2009, 34(3): 137-141
- [9] 曹世勤, 金社林, 李继平, 贾秋珍, 陈怡蓉, 郭致杰, 谢水仙. 贵农系小麦种质资源抗条锈性鉴定. 作物品种资源, 1999(3): 35-36
Cao S Q, Jin S L, Li J P, Jia Q Z, Chen Y R, Guo Z J, Xie S X. Identification of resistance of stripe rust to wheat germplasm Guinong lines. Journal of Plant Genetic Resources, 1999(3): 35-36
- [10] 曹世勤, 王晓明, 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
- [11] 曹世勤, 金社林, 金明安, 贾秋珍, 李继平. 1994-2002 年小麦品种(系)抗条锈性鉴定与监测. 植物遗传资源学报, 2003, 4(2): 119-122
Cao S Q, Jin S L, Jin M A, Jia Q Z, Li J P. Identification of wheat varieties (lines) for resistance to stripe rust in 1994-2002. Journal of Plant Genetic Resources, 2003, 4(2): 119-122
- [12] 曹世勤, 张勃, 李明菊, 徐世昌, 骆惠生, 金社林, 贾秋珍, 黄瑾, 尚勋武. 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. 作物学报, 2011, 37(8): 1360-1371

- Cao S Q, Zhang B, Li M J, Xu S C, Luo H S, Jin S L, Jia Q Z, Huang J, Shang X W. Postulation of stripe rust resistance genes and analysis of adult resistance in 50 wheat varieties (lines) in Gansu province. *Acta Agronomic Sinica*, 2011, 37(8): 1360-1371
- [13] 曹世勤, 贾秋珍, 宋建荣, 张耀辉, 王万军, 岳维云, 孙振宇, 黄瑾, 张勃, 王晓明. 甘肃省冬小麦抗条锈菌 CYR34 育种策略. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(5): 1129-1133
Cao S Q, Jia Q Z, Song J R, Zhang Y H, Wang W J, Yue W Y, Sun Z Y, Huang J, Zhang B, Wang X M. Strategies on breeding for winter wheat resistance to *Puccinia striiformis* f.sp *tritici* CYR34 in Gansu province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(5): 1129-1133
- [14] 贾秋珍, 曹世勤, 黄瑾, 张勃, 孙振宇, 骆惠生, 王晓明, 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
- [15] 周祥椿, 杜久元, 鲁清林. 小麦条锈病抗源材料筛选和抗条锈基因库组建研究. *麦类作物学报*, 2005, 25(1): 6-12
Zhou X C, Du J Y, Lu Q L. Study on selection of resistance sources to stripe rust and gene bank setup for stripe-rust-resistance wheat breeding. *Journal of Triticeae Crops*, 2005, 25(1): 6-12
- [16] 张庆勤. 小麦远缘杂交中兼抗育种方法研究. *西南农业学报*, 1999, 12(1): 32-38
Zhang Q Q. The methodology of multi-resistance to diseases in wheat distant breeding. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 1999, 12(1): 32-38
- [17] 张超, 徐如宏, 思彬彬, 任明见, 张庆勤. 用 AFLP 标记来自偏凸山羊草的抗条锈病新基因 *YrG775*. *中国农业科学*, 2006, 39(4): 673-678
Zhang C, Xu R H, Si B B, Ren M J, Zhang Q Q. Tagging a novel yellow rust resistance gene *YrG775* derived from *Aegilops ventricosa* with AFLP marker. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(4): 673-678