81 份春小麦种质资源抗条锈病评价

侯 璐， 闫佳会， 姚 强， 李秋荣， 马永强， 郭青云*

（青海大学，农林科学院，农业部西宁作物有害生物科学观测实验站，青海省农业有害生物综合治理重点实验室，省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室，西宁 810016）

摘要 本研究结合苗期分小种接种和大田成株期自然诱发条件下对供试的 81 份春小麦资源进行抗条锈病鉴定，分析其抗条锈病情况、抗病类型及抗病性关系，结果表明：具全生育期抗条锈病类型的资源有 7 份，具成株期抗条锈病类型的资源有 39 份，有 30 份资源为含有成株期和对部分小种失去抗性的全生育期抗病性的抗性类型；苗期分别接种 7 个小种后，表现抗病的资源数为 9～25 份不等，表现中抗的资源为 2～6 份不等，表现感病的有 50～69 份不等，成株期表现抗病的 73 份，表现中抗的 3 份，感病的 5 份，即供试种质资源大部分表现为苗期感病，而成株期具有抗病性。聚类分析结果表明，该 81 份种质资源抗性聚类相对分散，遗传多样性水平较高。研究结果为小麦育种提供优良的抗条锈性资源。

关键词 春小麦； 种质资源； 条锈病； 抗病性

中图分类号： S 435.121 **文献标识码**： A **DOI**： 10.3969/j.issn.0529 - 1542.2017.03.029

Identification and analysis of the resistance of 81 spring wheat germplasm resources to stripe rust

Hou Lu， Yan Jiahui， Yao Qiang， Li Qiurong， Ma Yongqiang， Guo Qingyun

（*Qinghai University*, *Academy of Agriculture and Forestry Sciences*, *Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pest in Xining*, *Ministry of Agriculture*, *Key Laboratory of Agricultural Integrated Pest Management*, *State Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture*, *Xining* 810016, *China*）

Abstract To definite the resistance composition, resistance type and resistance relationship of 81 spring wheat germplasm resources to stripe rust, different races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* were used separately to evaluate the resistance at seedling stage by inoculation in greenhouse and at adult stage by natural infection in field. The results showed that seven germplasm resources showed all-stage resistance, thirty-nine showed adult-plant resistance, and thirty showed adult-plant resistance and ineffective all-stage resistance to part of Chinese stripe rust races. After separately inoculated seven dominant races at seedling stage, 9 - 25 germplasm resources were resistant, 2 - 6 were intermediate resistant, 50 - 69 were susceptible. when tested at adult stage, 73 germplasm resources were resistant, 3 were intermediate resistant, and 5 were susceptible. The results indicated that most of the germplasm resources were susceptible at seedling stage, but resistant at adult stage. Cluster analysis showed that resistance relationship of these 81 spring wheat germplasm resources were dispersed, and presented high stripe rust resistance diversity.

Key words spring wheat； germplasm resources； stripe rust； disease-resistance

小麦条锈病是影响小麦生产最重要的病害之一，该病害是由小麦条锈菌 *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* 引起的世界性小麦病害，在低温和潮湿环境下易发生，小麦整个生育期均可发生感染[1]。该病菌可随气流高空远距离传播，具有发病范围广，流行频率高，危害严重等特点。农药的大面积及时使用可以控制该病害，但要投入大量的人力、物力、财力，而且污染环境[2]。研究与实践证明，选育和利用抗病品种是防治小麦条锈病最有效、经济、安全的措施[1,3]。然而，小麦条锈菌群体毒性结构复杂，新毒

收稿日期： 2016 - 07 - 24 **修订日期**： 2016 - 09 - 17
基金项目： 2015 年度留学人员科技活动择优资助项目；青海省自然科学基金(2014-ZJ-925Q)；国家自然科学基金(31660513；31360421)
致 谢： 本研究温室鉴定在西北农林科技大学植物保护学院植物抗病遗传研究室温室进行，感谢井金学教授、王保通教授、李强副研究员对本研究提供菌种和试验条件。
* 通信作者 E-mail：guoqingyunqh@163.com

性小种不断形成，并且利用的小麦品种抗病类型单一，使小麦群体抗病遗传多样性变窄，致使小麦条锈病周期性流行。

因此，防止小麦品种抗病性“丧失”是持续控制条锈病流行危害的重要策略。如何有效解决抗病性“丧失”这一世界难题，国内外专家学者相继提出了各种理论与策略，诸如基因轮换[4]，基因布局[5]，采用多基因屏障[6]，利用微效基因抗性[7]，成株抗性[3,7-8]，慢锈性[9]和持久抗性等等，其核心是实现抗病基因的多样化及合理布局。因此，不断发掘新的抗条锈病基因并合理利用是一项有战略意义的基础研究工作。抗条锈病基因发掘及其遗传特点研究是抗病育种的重要基础。

青海省是我国小麦条锈菌主要越夏流行区之一[10]，每年拥有大量的小麦条锈病越夏菌源，主要保存在晚熟春麦上。由于该地区收获期晚，小麦条锈菌可以在植株上存活到9月中下旬，部分延迟到10月上旬，所以可以保存大量的菌源到早播冬麦出苗后，为我国东部冬麦区秋苗发病提供较多的有效菌源。同时青海省种植的春小麦主要以感病品种‘阿勃’为主，对我国小麦条锈病越夏菌源区的区域治理非常不利。

为寻找新的抗条锈病基因，增加抗病基因的多样性，国内研究者做了大量的工作。徐世昌等所在小麦条锈菌研究团队收集了大量中国小麦农家品种和生产品种并进行了系统的抗条锈病鉴定和抗病性研究[11-16]；曹世勤等对甘肃省26个春小麦品种(系)，86份贵协系小麦种质资源，临麦系列春小麦品种进行了抗病性评价和分析[17-19]；周新力等对80份国外春小麦种质资源进行了抗条锈性评价[20]；姚强等对120个春小麦品种(系)进行了成株期抗条锈性鉴定与评价，并对‘青春39’进行了苗期抗条锈性遗传分析[21-22]。本研究对搜集的81份春小麦种质资源进行了系统的抗条锈性鉴定，以期为青海省春小麦育种提供优良抗条锈病资源。

1 材料与方法

1.1 材料

81个供试春小麦种质资源由青海国家复份种质库提供；春小麦感病对照品种‘Taichung29’(T29)由中国农业科学院植物保护研究所徐世昌研究员提供，感病品种‘铭贤169’(M169)由西北农林科技大学植物保护学院植物抗病遗传研究室提供。

7个供试条锈菌小种CYR33、CYR32、Sun11-4、Sun11-6、CYR27、CYR25和CYR23由西北农林科技大学植物保护学院植物抗病遗传研究室提供，经中国鉴别寄主确认后，用感病品种‘铭贤169’扩繁后备用。

1.2 方法

1.2.1 温室试验

苗期分小种抗病性鉴定在西北农林科技大学植物保护学院植物抗病遗传研究室温室进行。供试小麦材料播种于装有培养基质的7 cm×7 cm×7 cm塑料花盆内，每份资源播6～10粒。按常规方法培育。待小麦幼苗长至1叶1心期时采用涂抹法接种条锈菌。接种完成后，将小麦幼苗放置于温度为(10±1)℃保湿箱内24 h，随后移至温室培养。温室温度控制在(16±1)℃，相对湿度为80%，光照时间16 h/d，光照强度9 000 lx。

待对照感病品种‘Taichung29’充分发病时调查反应型。反应型调查根据11级标准[23]，即0、0;、0;$^{+}$、1、1^{+}、2、2^{+}、3^{-}、3、3^{+}、4。参考Wang等2012年[24]，周新力等2015年[20]的分析方法，将0～1^{+}型划为抗病(resistant)；2～2^{+}型划为中抗(intermediate resistant)；3^{-}～4型划为感病(susceptible)。

1.2.2 田间试验

田间试验于2015年在青海省互助县威远镇锈病常发地，青海省农林科学院植物保护研究所小麦条锈病抗性鉴定自然发病圃进行。每个材料播种1行，行长1 m，每20个材料加设1行‘Taichung 29’作为感病对照，鉴定圃的四周各种3行‘Taichung 29’作诱发行。播种时间为4月上旬。从7月上旬开始(当‘Taichung 29’充分发病的时候)对各种质资源进行调查，共调查2次，间隔5～7 d。记载反应型和严重度。田间病害严重度(%)按0、2、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100分级记录。选用2次调查中最大严重度作最终统计。

2 结果与分析

2.1 供试资源对条锈菌系的抗性鉴定与评价

81份供试材料苗期对7个小种的抗性和大田成株期自然发病鉴定结果如表1，根据抗病特性，将供试资源划分为3种抗条锈病类型。

第一种为全生育期抗条锈病类型，有7份资源，其中XM000002、YJ003477、YJ006793和YJ011792苗期对所测7个小种均表现抗病(反应型为0;～1^{+})，

成株期也表现为抗病,反应型为 0;,严重度为 2%～5%;XM000276、XM000702 和 MY005846,苗期对所测 7 个小种表现为抗病或中抗,反应型为 0;～2^+,严重度为 5%。

第二种为成株期抗条锈病类型,有 39 份资源,苗期对所测 7 个小种均表现感病(反应型为 3～4),成株期表现为抗病或中抗(反应型为 0;～2,严重度为 2%～20%)。

第三种为含有成株期和对部分小种失去抗性的全生育期抗病性的抗性类型,有 30 份资源。苗期对所测 7 个小种表现有抗病性分化,即对所测小种至少有一个表现抗病或中抗,成株期除了 XM000622 表现中抗(反应型为 2,严重度为 10%)外,其余 29 份资源成株期均表现抗病(反应型为 0;～1,严重度为 2%～20%)。

MY006378 苗期除了对 Sun11－4 表现感病以外,对其他 6 个小种均表现抗病,而成株期为感病。由于成株期为田间自然诱发鉴定,小种数多,该资源暂且归不到以上三种抗条锈类型中,需要田间重复试验加以验证确定。

表 2 结果显示:苗期接种 7 个小种后,表现抗病的资源数为 9～25 份不等,表现中抗的资源为 2～6 份不等,表现感病的有 50～69 份不等,表明供试种质资源苗期大部分为感病,而成株期则大部分(73 份)抗病。

表 1　81 份春麦种质资源苗期分小种和成株期抗条锈性鉴定结果

Table 1　Identification of the resistance of the tested germplasm resources at adult-plant stage in field and the resistance to different pathotype of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* at seedling stage

资源 Germplasm resources	苗期测试 Seedling test 反应型 Infection type							成株期测试 Adult-stage test (2015 青海互助 Huzhu,Qinghai in 2015)	
	CYR32	CYR33	Sun11-4	Sun11-6	CYR27	CYR25	CYR23	反应型 Infection type	严重度/% Disease severity
全生育期抗病性 All-stage resistance									
XM000002	1	0;	0;	1	0;	0;	0;	0;	2
YJ003477	0;	1	0;	0;	0;	0;	0;	0;	5
YJ006793	0;	0;	0;	0;	0;	0;	0;	0;	5
YJ011792	1^+	1	0;	1	0;	0;	0;	0;	2
XM000276	2	1	0;	1	0;	0;	0;	0;	5
XM000702	1^+	2	0;	0;	2^+	1	1	0;	5
MY005846	1	0;	2^+	1^+	1	0;	0;	0;	5
成株期抗病性 Adult-plant resistance									
YJ006797	4	3	3^+	3^+	4	3	4	0;	5
XM000177	4	4	4	3^+	4	4	4	0;	5
XM000148	4	3^+	3	3	3^+	4	4	0;	2
XM000156	4	3^+	4	3^+	4	4	4	0;	5
XM000175	4	3^+	4	3^+	4	4	4	0;	10
YJ003442	4	3^+	4	3^+	4	4	4	0;	10
美 18	4	3^+	4	3^+	4	4	4	0;	5
45428	4	3^+	4	3^+	4	3^+	4	0;	2
XM000490	4	3^+	4	3^+	3^+	4	4	0;	2
XM000483	4	3^+	3^+	3	4	4	4	0;	2
YJ011782	4	3^+	3^+	3	3^+	4	4	1	5
YJ003462	4	3^+	3^+	3^+	3	4	3^+	1	5
XM000114	4	3^+	3^+	3^+	4	4	4	0;	2
XM000121	4	3^+	3^+	3^+	4	4	4	0;	2
XM000147	4	3^+	3^+	3^+	4	4	3^+	0;	5
XM000285	4	3^+	3^+	3^+	4	4	4	0;	5
YJ006965	4	3^+	3^+	3^+	4	4	4	0;	5
YJ011801	4	3^+	3^+	3^+	4	3^+	3^+	0;	5
YJ003466	4	3^+	3^+	3^+	4	4	4	1	5
XM000266	4	3^+	3^+	3^+	3^+	3^+	4	0;	15
XM000480	4	3^+	3^+	3^+	3^+	4	4	0;	5
YJ005125	4	3^+	3^+	3^+	3^+	3	3	0;	5
MY003684	3^+	3^+	3^+	3^+	4	4	4	0;	5
XM000227	3^+	3^+	3^+	3^+	3^+	3^+	3^+	0;	2

续表 1 Table 1(Continued)

资源 Germplasm resources	苗期测试 Seedling test 反应型 Infection type							成株期测试 Adult-stage test (2015 青海互助 Huzhu,Qinghai in 2015)	
	CYR32	CYR33	Sun11-4	Sun11-6	CYR27	CYR25	CYR23	反应型 Infection type	严重度/% Disease severity
YJ003454	3+	3+	3+	3+	3+	4	4	0;	5
XM000190	3+	3+	4	3+	4	4	4	0;	10
XM000286	3	3	3+	3+	3+	4	3+	0;	2
XM000305	3+	3	3	3	4	4	3+	0;	5
MY004833	3+	4	3+	3+	3+	3+	3+	0;	5
YJ004686	3+	3+	4	3+	4	4	4	0;	2
XM000077	3+	3+	3+	3	4	4	4	0;	5
YJ006964	3+	3+	3+	3	4	4	3	0;	5
YJ006963	3+	3+	3+	3	3+	4	4	2	20
YJ011802	3+	3+	3+	3	3+	4	4	0;	5
51131	3+	3+	3+	3	3+	4	3+	0;	5
XM000494	3+	3+	3+	3+	4	3+	4	0;	2
YJ003385	3+	3+	3+	3+	4	4	4	0;	2
ZM018927	3+	3+	3+	3+	4	3+	4	1	10
ZM016851	3+	3+	3+	3+	4	4	3+	2	5
含有成株期和对部分小种失去抗性的全生育期抗病性 Adult-plant resistance and ineffective all-stage resistance to part of races									
XM000407	1	3+	1	0;	2	0;	0;	0;	2
MY008111	3	2	3+	3+	1+	4	3+	0;	2
XM000622	3	2+	3	3+	0;	0;	1	2	10
YJ006827	4	3	1	2	3	2	3+	0;	2
XM000011	4	3	3	2	4	0;	0;	1	20
YJ003417	4	3+	3	3	3	0;	0;	0;	5
XM000279	4	3+	3	3+	0;	4	2+	0;	5
美 15	4	3+	4	3	3+	0;	2+	0;	15
美 7	4	3+	4	1+	1	0;	0;	0;	15
YJ003391	4	3+	0;	2	2	0;	0;	0;	2
MY010810	4	3+	3+	1	4	4	4	1	10
62552	4	3+	3+	3+	4	2	4	0;	5
美 6	4	3+	3+	3+	1+	0;	0;	0;	10
XM000247	4	3+	3+	3+	3+	4	0;	0;	5
XM000192	0;	0;	0;	0;	4	2+	1	0;	5
XM000054	0;	3+	2	3	0;	0;	0;	0;	2
MY005194	1+	1	3+	0;	3+	2+	0;	1	10
MY1573	3+	2+	3+	3+	3+	0;	3	0;	20
YJ003443	1	3	3+	3+	2+	0;	1	0;	5
YJ003412	1	0;	3+	3+	2+	0;	0;	0;	5
YJ011784	3	0;	3+	3+	0;	1	0;	0;	5
XM000992	3+	3+	3	3+	0;	0;	0;	0;	2
XM0001039	3+	3+	3	3+	2+	0;	3	0;	2
MY014471	3+	3+	3+	2	3+	3+	3+	0;	2
XM000536	3+	3+	3+	3	1	4	0;	0;	5
XM000304	3+	3+	3+	3	3	4	2	0;	2
XM000275	3+	3+	3+	4	3+	2+	4	0;	5
XM000284	3+	3+	3+	3+	3	0;	4	0;	2
XM000209	3+	3+	3+	3+	0;	0;	0;	0;	5
62550	3+	3+	3+	3+	3+	2+	3+	1	15
感病 Susceptible									
XM000234	3+	3+	4	3+	4	3+	4	3+	10
YJ011790	3+	3+	3+	3+	3	3+	4	3+	10
MY009494	3+	3+	3+	3+	4	4	4	4	20
MY011523	3+	3+	3+	3+	4	3+	3	4	30
Taichung29	4	4	4	4	4	4	4	4	50
MY006378	0;	0;	3+	0;	0;	0;	0;	3+	10

表 2　供试资源大田抗性鉴定和对不同条锈菌生理小种苗期抗性统计结果[1)]

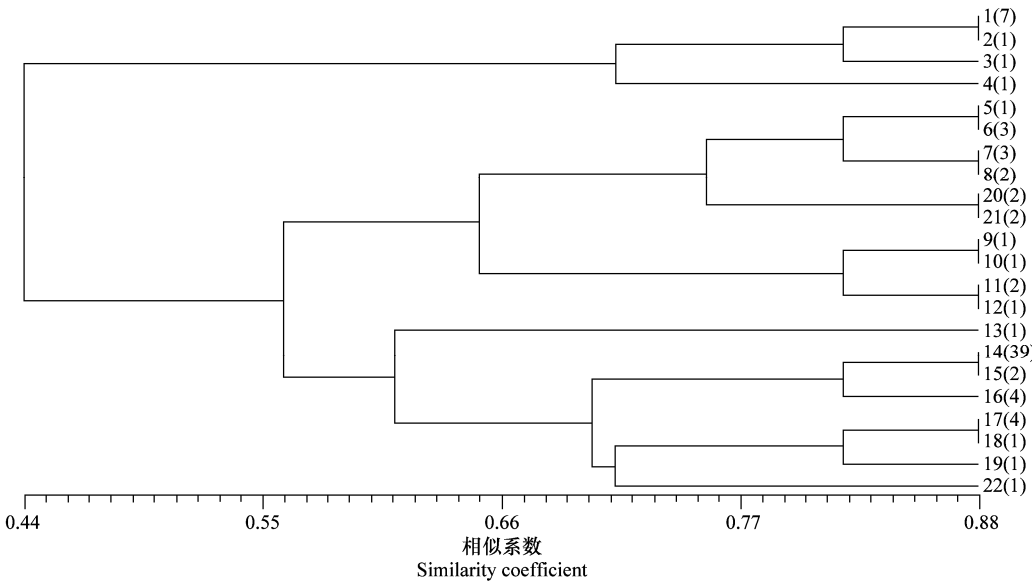
Table 2　Statistical results of the resistance of the tested germplasm resources at adult-plant stage in field and the resistance to different pathotype of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* at seedling stage

鉴别小种 Race	抗病/份 (IT:0～1⁺) Resistant	中抗/份 (IT:2～2⁺) Intermediate resistant	感病/份 (IT:3～4) Susceptible	总计/份 Total
CYR32	10	2	69	81
CYR33	9	3	69	81
Sun11-4	12	2	67	81
Sun11-6	15	5	61	81
CYR27	17	6	58	81
CYR25	25	6	50	81
CYR23	25	4	52	81
AP	73	3	5	81

1) AP: 大田成株期鉴定; IT: 反应型。
AP: Adult plant tested; IT: Infection type.

2.2　供试种质资源的抗条锈性遗传多样性分析

采用 NTSYspc 2.2 软件依据抗、感类型计算遗传相似系数,然后以 UPGMA (Unweighted Pair-Group Mean Average) 法对上述 81 份种质资源的苗期和成株期抗病性调查数据进行聚类分析(图 1)。结果显示,在相似系数为 0.44 水平上,81 份资源分为 2 类,第 1 大类 10 份资源,第 2 大类 71 份资源;在相似系数为 0.56 水平上,分为 3 类,第 1 大类 10 份资源,第 2 大类 18 份资源,第 3 大类 53 份资源;在相似系数为 0.61 水平上,分为 4 类;在相似系数为 0.65水平上,分为 5 类;在相似系数为 0.755 水平上,分为 9 类;在相似系数为 0.82 水平上,可分为 14 类;在相似系数为 0.88 水平上,可分为 22 类。抗性聚类分析表明,选择的 81 份种质资源抗性聚类相对分散,遗传多样性水平较高,这可能与种质资源的多样性有关。



括号外数字代表不同的抗病谱; 括号内数字代表各种抗病谱类型包含的资源数
Numbers outside the bracket represent the different resistance spectrum; numbers in the bracket represent the germplasm resources numbers belonging to certain resistance spectrum

图 1　春麦资源抗条锈性聚类分析

Fig. 1　Cluster analysis of stripe rust resistance of the tested germplasm resources

3　讨论

小麦条锈病是中国小麦生产的主要病害之一,增加小麦抗条锈基因的遗传多样性,可以减缓小麦条锈病的流行发展速度和减少病害造成的损失;小麦材料的抗条锈性是小麦与条锈菌在长期的协同进化中形成的一系列防御机制,是寄主植物和病原物之间相互作用所表现出来的抗病或感病的现象,是二者相互作用的结果。根据小麦品种对条锈菌小种的专化性,可以划分为小种专化型抗病性和非小种专化型抗病性;按小麦不同生育期抗条锈性特点,分为全生育期抗病性和成株期抗病性[25]。全生育期抗病性 ASR (all-stage resistance)在小麦苗期就被鉴定出来,在小麦苗期至成株期均表现抗病性。全生育期抗病性属于小种专化性抗病性,抗病性水平较高,但致病菌的突变重组和释放容易使原具有全

生育期抗病性的小麦品种感病[1,26-27]，此类抗病性一般是由主效单基因或寡基因控制，表现质量性状遗传。目前全生育期抗条锈病基因只有少数还维持其抗性，如 *Yr5*、*Yr15*[28]。成株期抗病性 APR (adult plant resistance)，是指在小麦成株期表达的一类抗病性。在较高环境温度下表达的一类成株期抗病性，又被称为高温成株期抗病性 HTAP(high-temperature adult plant resistance)，具有高温成株期抗病性的小麦品种在苗期是感病的，但随着小麦的生长和温度的升高抗病性会逐渐增强，这类抗病性无小种专化性，抗病性比较持久[26]，由于属于数量性状遗传，一般难以被结合到育种材料中去，具有这类基因的抗病品种与感病品种的杂交后代中，抗病程度是连续性变化的，亦有表现质量性状特点的。植物的生长时期、环境温度和湿度是影响高温成株期抗病性的主要因素[1]。

本研究对供试 81 份春小麦种质资源在温室和田间进行抗条锈性评价，根据不同生育期表现的抗病性，将其划分为全生育期抗病类型、成株期抗病类型和含有成株期和对部分小种失去抗病性的全生育期抗病性的抗性类型。全生育期抗病性又分为对本研究所测小种均表现抗病的全生育期抗病性和对本研究所用部分小种表现抗病的全生育期抗病性；抗性聚类分析表明，选择的 81 份种质资源抗性聚类相对分散，遗传多样性水平较高。本研究结果表明供试种质资源对条锈病抗性苗期以高感为主，成株期以近免疫为主，即该 81 份资源中大部分为具有成株期抗病性的资源，对本研究所测小种均表现抗病的全生育期抗病性的资源仅有 7 份，该 7 份资源将优先被推荐应用于育种。

参考文献

[1] Chen Xianming. Epidemiology and control of stripe rust *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* on wheat [J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 2005,27: 314-337.

[2] 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.

[3] Line R F, Chen Xianming. Successes in breeding for and managing durable resistance to wheat rusts [J]. Plant Disease, 1995,79(12):1254-1255.

[4] 曾士迈. 曾士迈文集—植物病理学研究 1948—2005[M]. 北京：中国农业出版社，2006:19-23

[5] 李振岐，曾士迈. 中国小麦锈病[M]. 北京：中国农业出版社，2002:330-334.

[6] 万安民，牛永春，吴立人，等. 1991—1996 年我国小麦条锈菌生理专化研究[J]. 植物病理学报，1999, 29(1): 15-20.

[7] Jacobs T H, Parlevliet J E. 抗病性的持久性 [M]. 杨作民，曾士迈 译. 北京：中国农业大学出版社，1997: 19-20, 99-107.

[8] 何中虎，兰彩霞，陈新民，等. 小麦条锈病和白粉病成株抗性研究进展与展望[J]. 中国农业科学，2011,44(11):2193-2215.

[9] Singh R P, Huerta-Espino J, Rajaram S. Achieving near-immunity to leaf and stripe rusts in wheat by combining slow rusting resistance genes [J]. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 2000, 35: 133-139.

[10] 姚强，郭青云，闫佳会，等. 青海东部麦区小麦条锈菌越冬调查初报[J]. 植物保护学报，2014,41(5):578-583.

[11] 王建超，冯晶，王凤涛，等. 我国小麦农家品种‘小红芒’成株抗条锈性遗传分析[J]. 植物保护，2015,41(1):154-157.

[12] 刘太国，邱军，周益林，等. 中国冬小麦区域试验品种抗病性评价[J]. 中国农业科学，2015,48(15):2967-2975.

[13] 王吐虹，郭青云，蔺瑞明，等. 中国 40 个小麦农家品种和甘肃南部 40 个生产品种抗条锈病基因推导[J]. 中国农业科学，2015,48(19):3834-3847.

[14] 王步云，冯晶，王凤涛，等. 河南省小麦品种(系)遗传多样性和抗条锈性分析[J]. 华北农学报，2014,29(S1): 62-70.

[15] 高晓梅，冯晶，蔺瑞明，等. 2008—2009 年度河北、河南、四川和江苏四省冬小麦区试品系的遗传多样性和抗条锈性分析[J]. 植物保护，2014,40(2):113-118.

[16] 王步云，冯晶，蔺瑞明，等. 2007—2008 年度冀鲁豫川四省小麦区试品种(系)遗传多样性和抗条锈性分析[J]. 中国农学通报，2014,30(28):255-263.

[17] 曹世勤，吕小欢，黄瑾，等. 甘肃省 26 个春小麦品种(系)苗期抗条锈基因分析及成株期抗病性评价[J]. 麦类作物学报，2013, 33(4):771-776.

[18] 李永平，曹世勤，金社林，等. 临麦系列春小麦品种抗条锈性分析[J]. 植物保护，2016, 42(2):209-213.

[19] 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.

[20] 周新力，詹刚明，黄丽丽，等. 80 份国外春小麦种质资源抗条锈性评价[J]. 中国农业科学，2015,48(8):1518-1526.

[21] 姚强，贺苗苗，闫佳会，等. 春小麦品种青春 39 的抗条锈性遗传分析[J]. 麦类作物学报，2014,34(1):39-42.

[22] 姚强. 120 个春小麦品种(系)成株期抗条锈性鉴定与评价[J]. 西北农业学报，2014,23(7): 96-101.

[23] 徐世昌，张敬原，赵文生，等. 小麦京核 891-1 抗条锈病主效、微效基因的遗传分析[J]. 中国农业科学，2001,34(3):272-276.

[24] Wang Meinan, Chen Xianming, Xu Liangsheng, et al. Registration of 70 common spring wheat germplasm lines resistant to stripe rust [J]. Journal of Plant Registrations, 2012, 6(1):104-110.

[25] 王吐虹. 小麦不同类型品种对条锈菌的抗性组成及遗传特点研究[D]. 西宁：青海大学农牧学院，2015:8-9.

[26] Line R F. Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review [J]. Annual Review of Phytopathology, 2002,40: 75-118.

[27] Chen Xianming, Penman L, Wan Anmin, et al. Virulence races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in 2006 and 2007 and development of wheat stripe rust and distributions, dynamics, and evolutionary relationships of races from 2000 to 2007 in the United States [J]. Canadian Journal of Plant Pathology,2010, 32:315-333.

[28] 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.

(责任编辑：杨明丽)