

程天灵,温辉芹,裴自友,等. 山西省小麦品种对白粉病的抗性鉴定与评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(24):74-77.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.24.019

山西省小麦品种对白粉病的抗性鉴定与评价

程天灵,温辉芹,裴自友,李 雪,张立生,朱 玫,王宏兵

(山西省农业科学院作物科学研究所/农业部黄土高原作物基因资源与种质创制重点实验室,山西太原 030031)

摘要:分析山西省小麦品种对白粉病的抗性,为提高小麦抗白粉病育种水平和品种科学布局提供依据。以山西省小麦主栽品种和山西省 2015—2017 年冬小麦区域试验品种为材料,利用白粉病混合菌株,进行苗期和成株期白粉病抗性鉴定。结果表明,多数品种对白粉病表现感病,在 28 份主栽品种中仅运黑 28、良星 99、济麦 22、鑫麦 296 和山农 22 5 个南部水地品种表现成株期抗病,占 17.86%,中部水地、南部旱地和中部旱地品种中均没有发现成株期抗病品种。89 份区域试验品种成株期对白粉病免疫、高抗、中抗、中感、高感品种分别占鉴定品种的 1.12%、2.25%、19.10%、65.17%、12.36%,其中,运黑 14207 表现免疫,尧丰 1000 和伊麦 158 2 个品种表现高抗,临 6308、临 Y8012、轮选 149、圣麦 116 等 17 个品种表现中抗。117 个品种中苗期和成株期均表现抗病的有运黑 28、圣麦 104 和舜麦 186 3 个品种,仅占 2.56%。

关键词:山西省;小麦品种;白粉病;抗性鉴定

中图分类号: S435.121.4⁺6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)24-0074-04

由小麦白粉菌(*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*)引起的小麦白粉病是一种流行性病害,是我国小麦生产上的主要病害之一。据农业农村部全国农业技术推广服务中心统计,2015 年全国小麦白粉病发生面积达 842.1 万 hm^2 。小麦白粉病在苗期和成株期均可发生并产生危害,小麦白粉病侵害小麦植株地上部各器官,以叶片为主,发病严重时还可危害茎秆和穗部,在流行年份可造成 5%~34% 的产量损失^[1]。小麦是山西省第二大粮食作物,常年播种面积 66.7 万 hm^2 ,山西省小

麦的主要病害有条锈病、叶锈病、白粉病、纹枯病和赤霉病,其中白粉病常年发生面积最大,2011—2018 年年均发生 20.2 万 hm^2 ,约占小麦播种面积的 30%,其中 2016 年偏重发生,发病面积为 28.0 万 hm^2 。小麦白粉病已成为影响山西省小麦高产、稳产的主要病害之一^[2]。

大量的研究表明,培育和种植抗病品种是防治小麦白粉病最经济、有效和可靠的途径,而品种的抗病性鉴定和抗源的筛选是品种推广和抗白粉病研究的基础^[3]。研究人员先后开展了对山东^[4]、贵州^[5]、新疆^[6]、河南^[7]、陕西^[8]、甘肃^[9]等地的小麦推广品种、区域试验品种和小麦品系的白粉病抗性鉴定^[10-11],并进行了白粉病抗性基因推导^[12-13]、分子标记检测^[14-15]和抗病新基因的挖掘与利用^[16]。在山西,原宗英等鉴定表明,参加 2014—2015 年山西省小麦区域试验的品种全部感白粉病,迫切需要培育抗病品种^[17]。

山西省小麦种植区划分南部中熟冬麦区(属黄淮北片冬麦区)和中部晚熟冬麦区(属北部冬麦区),进一步按水旱地划分,山西省冬小麦品种区域试验对应设有南部中熟冬麦区水地组(南部水地)、南部中熟冬麦区旱地组(南部旱地)、中

收稿日期:2018-11-06

基金项目:国家重点研发计划七大农作物育种专项(编号:2017YFD0101002);山西省重点研发计划(编号:201603D221001-2,201703D221002-1);山西省农业科学院育种工程项目(编号:17yzgc081)。

作者简介:程天灵(1975—),男,山西平遥人,硕士,副研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Tel:(0351)7120890;E-mail:abc7120890@163.com。

通信作者:裴自友,博士,研究员,主要从事小麦遗传育种研究。Tel:(0351)7120890;E-mail:zypei621@163.com。

2018 年张家港市启用甜菜夜蛾的性诱自动计数设备,这对蔬菜的害虫测报来说是一个新的进步,它的效果有待进一步观察和比较。

参考文献:

- [1]尹仁国. 甜菜夜蛾的发生及防治[J]. 昆虫知识,1990,27(5):289-290.
- [2]杨冬薛. 甜菜夜蛾的发生规律及防治技术[J]. 种业导刊,2014(3):20-21.
- [3]索世虎,孙雪花,闫克锋,等. 豫西地区甜菜夜蛾预测预报技术及其应用的研究[J]. 中国植保导刊,2005(8):32-33.
- [4]冯殿英,任兰花,郝 伟,等. 甜菜夜蛾预测方法研究[J]. 植保

- 技术与推广,2001,21(8):8-9.
- [5]薛敏生,高九思,李可兴. 影响甜菜夜蛾发生程度的原因及预测模式研究[J]. 现代农业科技,2008(16):117,127.
- [6]徐金汉,关 雄,黄志鹏,等. 不同温湿度组合对甜菜夜蛾生长发育及繁殖力的影响[J]. 应用生态学报,1999,10(3):335.
- [7]李淑清. 甜菜夜蛾的生长发育与温湿度的关系[J]. 华中农业大学学报,2002,21(4):352-355.
- [8]马 骏,柏连阳,陈永年. 甜菜夜蛾生态学特性研究[J]. 植物保护学报,2000,27(3):215-220.
- [9]刁春友,朱叶芹. 农作物主要病虫害预测预报与防治[M]. 南昌:江西科学技术出版社,2006.
- [10]赵传东,褚福宝,杜广明,等. 甜菜夜蛾预测方法研究[J]. 现代农业科技,2010(8):174.

部晚熟冬麦区水地组(中部水地)和中部晚熟冬麦区旱地组(中部旱地)4个区组。本研究通过对上述4个生态区组山西省主栽小麦品种、小麦区域试验品种苗期和田间成株期白粉病抗性进行鉴定和评价,旨在了解山西小麦品种的白粉病抗性水平,为品种推广和小麦抗白粉病育种中亲本的选择、挖掘抗病新基因提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试小麦品种共117份,其中包括山西省主栽小麦品种28份、2015—2016年和2016—2017年山西省小麦区域试验品种89份,均由山西省农业科学院作物科学研究所优质小麦课题组提供。

1.2 白粉病菌株

试验所用白粉病菌株为混合菌株,含E09菌株以及笔者所在课题组收集自介休市、晋中市、黎城县、长子县等麦区的白粉病菌株,其中,华北地区流行的小麦白粉菌菌株E09由中国农业科学院植物保护研究所周益林研究员提供。

1.3 白粉病抗性鉴定方法

1.3.1 苗期白粉病抗性鉴定 将供试小麦品种(系)种在9 cm×9 cm营养钵,小麦感病对照品种为京双16,每钵播种10粒,营养钵放入周转箱置于培养室,自然光照,温度为18~20℃。当第1张叶完全展开后,用扫拂法充分接种在感病品种辉县红上繁殖白粉菌分生孢子,接种后盖塑料膜保湿24 h,

待感病品种充分发病后,按盛宝钦的0~4级标准^[18]调查记载病情反应型,其中0级为免疫,1级为高抗,2级为中抗,3级为中感,4级为高感。评价时,以0~2级为抗病,3~4级为感病。

1.3.2 成株期白粉病抗性鉴定 试验于2017—2018年在山西省农业科学院榆次东阳基地(112°40'E、37°32'N)进行,播种日期为2017年10月5日。试验材料人工开沟种植,每个品种种1行,行长1.5 m,行距25 cm,每行播种量为50粒,每隔20行种1行感病对照品种京双16,同时,鉴定圃四周种植京双16为诱发行,2018年4月17日下午(小麦拔节期)在诱发行上接种混合菌株,同时将菌苗就地定植,之后立即盖塑料布保湿过夜,接种后根据天气情况每10 d浇水1次,以利于充分发病。在2018年5月31日(小麦灌浆期)采用0~9级标准^[19]调查记载病情,其中0级为免疫,1~2级为高抗,3~4级为中抗,5~6级为中感,7~9级为高感。评价时,以0~4级为抗病,5~9级为感病。

2 结果与分析

2.1 山西省主栽小麦品种白粉病抗性鉴定

由表1可知,苗期28个山西省小麦主栽品种中没有免疫和高抗品种,仅运黑28表现中抗,占主栽品种的3.57%;27个品种表现感病(96.43%),其中,包括7个中感品种(25.00%)和20个高感品种(71.43%)。按生态区组看,南部旱地品种抗性最差,全部高感白粉病。

表1 山西省主栽小麦品种苗期和成株期白粉病抗性表现

品种名称	区组	白粉病抗性	
		苗期	成株期
济麦22	南部水地	3(MS)	3(MR)
冀麦325	南部水地	4(HS)	5(MS)
良星99	南部水地	3(MS)	2(HR)
临汾8050	南部水地	3(MS)	5(MS)
临远8号	南部水地	4(HS)	6(MS)
鲁原502	南部水地	4(HS)	7(HS)
山农22	南部水地	4(HS)	4(MR)
舜麦1718	南部水地	4(HS)	5(MS)
鑫麦296	南部水地	3(MS)	4(MR)
尧麦16	南部水地	4(HS)	7(HS)
运黑28	南部水地	2(MR)	0(IM)
晋麦47	南部旱地	4(HS)	7(HS)
晋麦79	南部旱地	4(HS)	7(HS)
晋麦90	南部旱地	4(HS)	7(HS)

品种名称	区组	白粉病抗性	
		苗期	成株期
晋麦97	南部旱地	4(HS)	7(HS)
晋麦98	南部旱地	4(HS)	7(HS)
晋麦99	南部旱地	4(HS)	5(MS)
临丰3号	南部旱地	4(HS)	6(MS)
运旱102	南部旱地	4(HS)	7(HS)
运旱115	南部旱地	4(HS)	7(HS)
长麦251	南部旱地	4(HS)	5(MS)
晋太182	中部水地	3(MS)	6(MS)
长4738	中部水地	4(HS)	6(MS)
长麦6135	中部水地	4(HS)	6(MS)
中麦175	中部水地	4(HS)	6(MS)
太10604	中部旱地	4(HS)	6(MS)
长6359	中部旱地	3(MS)	6(MS)
长6878	中部旱地	3(MS)	5(MS)

注:数字表示病级,括弧内英文缩写表示抗病类型,其中IM表示免疫,HR表示高抗,MR表示中抗,MS表示中感,HS表示高感。表2同。

成株期白粉病抗病性鉴定结果表明,运黑28(免疫)、良星99(高抗)、济麦22(中抗)、鑫麦296(中抗)和山农22(中抗)5个品种表现抗病,占17.86%;冀麦325、临汾8050和临远8号等14个品种表现中感,占50.00%;鲁原502、尧麦16和晋麦47等9个品种表现高感,占32.14%。按生态区组看,南部水地主栽品种抗病性相对较好,抗病和感病品种比例分别为45.45%、54.55%;中部水地、南部旱地和中部旱地品种均为感病品种,其中,中部水地和中部旱地主栽品种全部表现中感,南部旱地品种中,中感、高感品种分别占30.00%、

70.00%。

综合来看,仅运黑28品种表现苗期和成株期均抗病。

2.2 山西省小麦区域试验品种白粉病抗性分析

由表2可知,苗期仅圣麦104和舜麦186表现中抗,占区试品种的2.25%,87个品种表现感病,占97.75%,其中,包括29个中感品种(32.58%)和58个高感品种(65.17%)。按生态区组看,南部旱地品种抗性最差,高感品种占82.61%。

成株期白粉病抗病性鉴定结果表明,运黑14207表现免

表 2 山西省小麦区域试验品种苗期和成株期白粉病抗性表现

品种名称	区组	白粉病抗性		品种名称	区组	白粉病抗性	
		苗期	成株期			苗期	成株期
MY5859	南部水地	4(HS)	7(HS)	普冰 151	南部旱地	4(HS)	6(MS)
ZM148	南部水地	3(MS)	5(MS)	沃麦 323	南部旱地	3(MS)	3(MR)
嘉麦 168	南部水地	4(HS)	5(MS)	翔麦 8156	南部旱地	4(HS)	7(HS)
京麦 1768	南部水地	4(HS)	6(MS)	运丰 199-5	南部旱地	4(HS)	7(HS)
京麦 5381	南部水地	4(HS)	7(HS)	运旱 139-1	南部旱地	4(HS)	6(MS)
临 6308	南部水地	3(MS)	4(MR)	运旱 1411-2	南部旱地	4(HS)	7(HS)
临 Y8012	南部水地	4(HS)	4(MR)	运旱 1512	南部旱地	4(HS)	6(MS)
临 Y8210	南部水地	4(HS)	5(MS)	运糯 32 号	南部旱地	4(HS)	5(MS)
临麦 7006	南部水地	3(MS)	6(MS)	长 7080	南部旱地	4(HS)	6(MS)
临研 151	南部水地	4(HS)	6(MS)	长麦 3913	南部旱地	4(HS)	5(MS)
轮选 149	南部水地	4(HS)	4(MR)	长麦 5169	南部旱地	3(MS)	6(MS)
轮选 628	南部水地	3(MS)	6(MS)	紫麦 8555	南部旱地	4(HS)	6(MS)
圣麦 20	南部水地	3(MS)	3(MR)	LG10	中部水地	4(HS)	6(MS)
圣麦 116	南部水地	3(MS)	4(MR)	汾 4556	中部水地	4(HS)	5(MS)
石农 086	南部水地	3(MS)	3(MR)	航麦 513	中部水地	4(HS)	5(MS)
沃麦 611	南部水地	4(HS)	7(HS)	晋农 1101	中部水地	4(HS)	5(MS)
翔麦 6339	南部水地	4(HS)	6(MS)	晋太 146	中部水地	4(HS)	6(MS)
婴泊 700	南部水地	3(MS)	3(MR)	晋太 1508	中部水地	4(HS)	5(MS)
运丰 198	南部水地	4(HS)	7(HS)	京麦 10	中部水地	4(HS)	5(MS)
运黑 161	南部水地	3(MS)	4(MR)	轮选 638	中部水地	3(MS)	6(MS)
运黑 14207	南部水地	3(MS)	0(IM)	圣麦 101	中部水地	4(HS)	7(HS)
运麦 08123	南部水地	4(HS)	4(MR)	太 315	中部水地	3(MS)	6(MS)
长 7050	南部水地	4(HS)	5(MS)	太 412	中部水地	4(HS)	5(MS)
长 9194	南部水地	4(HS)	7(HS)	太 413	中部水地	4(HS)	6(MS)
长麦 3909	南部水地	4(HS)	4(MR)	太 5293	中部水地	3(MS)	3(MR)
子麦 607	南部水地	4(HS)	5(MS)	长 5638	中部水地	4(HS)	6(MS)
良星 608	南部水地	4(HS)	5(MS)	长 9499	中部水地	4(HS)	5(MS)
临研 16	南部水地	4(HS)	5(MS)	长麦 5245	中部水地	3(MS)	6(MS)
鲁科 298	南部水地	3(MS)	4(MR)	长麦 6789	中部水地	4(HS)	6(MS)
圣麦 104	南部水地	2(MR)	3(MR)	ZM147	中部旱地	4(HS)	7(HS)
舜麦 186	南部水地	2(MR)	4(MR)	汾 4519	中部旱地	3(MS)	5(MS)
尧丰 1000	南部水地	3(MS)	2(HR)	汾 4862	中部旱地	3(MS)	4(MR)
伊麦 158	南部水地	4(HS)	2(HR)	晋太 141	中部旱地	3(MS)	6(MS)
运麦 14 观 74	南部水地	4(HS)	5(MS)	晋太 1510	中部旱地	3(MS)	5(MS)
早优 6 号	南部旱地	4(HS)	6(MS)	晋太 1515	中部旱地	4(HS)	6(MS)
华麦 5 号	南部旱地	3(MS)	5(MS)	润麦 1 号	中部旱地	3(MS)	5(MS)
京麦 1773	南部旱地	4(HS)	6(MS)	太 714	中部旱地	4(HS)	6(MS)
临 4133	南部旱地	4(HS)	4(MR)	太 1411	中部旱地	3(MS)	5(MS)
临 K5006	南部旱地	4(HS)	5(MS)	太 1512	中部旱地	4(HS)	6(MS)
临 Y8168	南部旱地	4(HS)	6(MS)	长 5553	中部旱地	3(MS)	6(MS)
临早 9 号	南部旱地	4(HS)	6(MS)	长 6388	中部旱地	3(MS)	6(MS)
临早 5115	南部旱地	4(HS)	7(HS)	长麦 3897	中部旱地	4(HS)	5(MS)
临早 5322	南部旱地	4(HS)	6(MS)	长麦 6065	中部旱地	3(MS)	5(MS)
临科 6349	南部旱地	3(MS)	6(MS)	长麦 6197	中部旱地	4(HS)	6(MS)
临糯 88	南部旱地	4(HS)	5(MS)				

疫,占 1.12%;尧丰 1000 和伊麦 158 2 个品种表现高抗,占 2.25%;表现中抗的有临 6308、临 Y8012、轮选 149 和圣麦 116 等 17 个品种,占 19.10%;ZM148、嘉麦 168 和京麦 1768 等 58 个品种表现中感,占 65.17%;MY5859、京麦 5381 和沃麦 611 等 11 个品种高感白粉病,占 12.36%。综合看,抗病和感病品种所占比例分别为 22.47%、77.53%。按生态区组看,南部水地主栽品种抗病性相对较好,抗病品种所占比例由大到小依次为南部水地(47.06%)>南部旱地(8.70%)>中

部旱地(6.67%)>中部水地(5.88%)。抗病品种数量依次为南部水地(16 个)>南部旱地(2 个)>中部水地(1 个)=中部旱地(1 个),且免疫和高抗品种均为南部水地品种。
苗期和成株期均表现抗病的品种有圣麦 104 和舜麦 186,仅占 2.25%。

3 讨论与结论

本研究利用白粉病混合菌株对 117 个山西省小麦品种进

行了抗性鉴定,结果表明,品种间存在较大差异,苗期和成株期均表现抗病的品种有运黑 28、圣麦 104 和舜麦 186 3 个品种,仅占 2.56%。供试的 28 个主栽品种的成株期抗性多数表现较差,感病品种占参试主栽品种的 82.14%,仅运黑 28、良星 99、济麦 22、鑫麦 296 和山农 22 5 个品种表现抗病,占 17.86%,而且,上述抗病品种均为南部水地品种。中部水地、南部旱地和中部旱地品种中均没有发现成株期抗病品种,其中中部水地和中部旱地品种全部表现中感,而在南部旱地中高感品种占比达 70.0%,会造成在丰水年旱地品种因高感白粉病,导致小麦严重减产。因此必须加快抗病品种的培育,减少感病主栽品种种植,从而实现减少农药用量,降低生产成本,保护环境,保证山西小麦的可持续生产。

山西省区域试验品种中成株期白粉病免疫、高抗、中抗、中感、高感品种分别占鉴定品种的 1.12%、2.25%、19.10%、65.17% 和 12.36%,其中来自南部水地的运黑 14207、尧丰 1000 和伊麦 158 表现免疫或高抗,4 个区组中临 6308、临 Y8012 和轮选 149 等 17 个表现中抗,抗病品种所占比例由大到小依次为南部水地(47.06%)>南部旱地(8.70%)>中部旱地(6.67%)>中部水地(5.88%)。上述抗病品种可作为育种亲本加以利用,同时有希望从后备品系中育成中抗白粉病小麦品种。

具有优良性状大面积推广的品种良星 99、济麦 22 和婴泊 700 对山西省小麦白粉病混合菌株表现成株期抗病,说明良星 99 的抗白粉病基因 *Pm52*、济麦 22 上的 *2BL* 抗病基因、婴泊 700 含有的 *Pm2* 基因座等位基因均为有效抗病基因^[20-22]。具有白粉病成株期抗性的 2 个品种(运黑 28 和运黑 14207)籽粒都为蓝粒,说明其所携带的控制蓝粒染色体片段或基因可能有成株期抗白粉病新基因,值得深入研究。同时,笔者所在课题组在多年研究中也发现育成的具有中间偃麦草血缘的蓝粒品系,成株期高抗白粉病。由于抗病鉴定中菌种、接种鉴定时期、评价方法和环境因素等差异导致部分品种与品种审定公告或山西省小麦区域试验品种抗性鉴定单位(山西省农业科学院植物保护研究所负责)的鉴定结果不一致。

小麦白粉病菌生理小种多,毒性变异快,品种抗性易丧失。在我国抗白粉病育种中,*Pm1*、*Pm3*、*Pm5*、*Pm8* 等抗病基因对我国现在流行的白粉病菌株已经丧失了抗性,*Pm4a* 在我国的大部分地区仍然有较高的抗性,可以应用在生产上^[16]。来源于簇毛麦的 *Pm21* 是目前对小麦白粉病抗性最强、抗谱最广的基因,已作为抗源选育出一批高抗白粉病的新品种和新品系^[23]。因此,必须聚合不同抗性基因,培育抗谱更广、特别是兼抗多种病害的小麦新品种。

今后将利用与抗白粉病基因共分离或紧密连锁的分子标记,检测小麦品种(系)相关抗白粉病基因的组成,明确上述 117 个小麦品种(系)的抗病基因多样性,为分子标记辅助选择方法高效利用抗病基因、快速聚合主效基因以及培育多抗小麦新品种提供科学参考。

参考文献:

[1] Bennett F G A. Resistance to powdery mildew in wheat: a review of its use in agriculture and breeding programmes[J]. Plant Pathology,

1984,33(3):279-300.
 [2] 郭美芳,温辉芹,裴自友,等. 山西省近年小麦病虫害发生特点及综合防控对策[J]. 农业网络信息,2017(2):107-111.
 [3] 郭东林,彭一良,汪 慧,等. 我国小麦抗白粉病研究进展[J]. 安徽农业科学,2013,41(25):10309-10312.
 [4] 张 秋,郭 栋,樊庆琦,等. 山东省部分小麦种质成株期和苗期白粉病抗性鉴定[J]. 山东农业科学,2012,44(5):86-88.
 [5] 熊仕俊,黄 芳,李文贞,等. 贵州省主要小麦品种对小麦白粉病的抗性[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):93-95.
 [6] 高海峰,白微微,刘恩良,等. 新疆小麦品种(系)对小麦白粉病抗性的初步鉴定[J]. 新疆农业科学,2015,52(12):2259-2263.
 [7] 曹廷杰,陈永兴,李 丹,等. 河南小麦新育成品种(系)白粉病抗性鉴定与分子标记检测[J]. 作物学报,2015,41(8):1172-1182.
 [8] 宫丹丹,杨金叶,杜志宏,等. 陕西省 2015—2016 年小麦区试品种(系)的抗白粉病分析[J]. 麦类作物学报,2017,37(5):617-622.
 [9] 黄 瑾,黄苗苗,李亚凯,等. 甘肃省小麦白粉菌群体毒性及小麦品种苗期抗白粉病性分析[J]. 植物保护,2015,41(5):169-173.
 [10] 曹世勤,黄 瑾,孙振宇,等. 2007—2015 年小麦品种(系)抗白粉病性鉴定及评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(8):89-92.
 [11] 汪 华,杨立军,向礼波,等. 408 份小麦品种(系)白粉病抗性的评价[J]. 麦类作物学报,2011,31(3):544-548.
 [12] 杨立军,曾凡松,龚双军,等. 68 个主推小麦品种的白粉病抗性分析及基因推导[J]. 中国农业科学,2013,46(16):3354-3368.
 [13] 王振花,刘 伟,徐 志,等. 50 个小麦生产及后备品种(系)的抗白粉病基因推导[J]. 植物保护,2017,43(6):152-158.
 [14] 李洪杰,王晓鸣,宋风景,等. 中国小麦品种对白粉病的抗性反应与抗病基因检测[J]. 作物学报,2011,37(6):943-954.
 [15] 刘理森,张 倩,任 妍,等. 241 份小麦品种(系)白粉病抗性鉴定与分子标记检测[J]. 分子植物育种,2016,14(3):619-637.
 [16] Sun H G, Hu J H, Song W, et al. *Pm61*: a recessive gene for resistance to powdery mildew in wheat landrace Xuxusanyuehuang identified by comparative genomics analysis[J]. Theoretical and Applied Genetics,2018,131(10):2085-2097.
 [17] 原宗英,武英鹏. 山西省小麦区试品种抗病性鉴定[J]. 山西农业科学,2016,44(9):1338-1341.
 [18] 盛宝钦. 用反应型记载小麦苗期白粉病[J]. 植物保护,1988,14(1):49.
 [19] 盛宝钦,段霞瑜. 对记载小麦成株期白粉病“0~9 级法”的改进[J]. 北京农业科学,2001,9(1):38-39.
 [20] 邹景伟,邱 丹,孙艳玲,等. *Pm52*——小麦品种良星 99 抗白粉病基因的有效性[J]. 作物学报,2017,43(3):332-342.
 [21] 殷贵涛,李根英,何中虎,等. 小麦新品种济麦 22 抗白粉病基因的分子标记定位[J]. 作物学报,2009,35(8):1425-1431.
 [22] Ma P T, Zhang H X, Xu H X, et al. The gene *PmYB* confers broad-spectrum powdery mildew resistance in the multi-allelic *Pm2* chromosome region of the Chinese wheat cultivar Yingbo 700[J]. Molecular Breeding,2015,35:124.
 [23] 江 峥,王琪琳,吴建辉,等. 基于基因特异性标记分析 *Pm21* 在中国冬小麦品种(系)中的分布[J]. 中国农业科学,2014,47(11):2078-2087.