

王万军,曹世勤,王晓明,等. 小麦已知抗白粉病基因在甘肃省的有效性及其在抗病育种中的利用价值[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):187-190. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.050

# 小麦已知抗白粉病基因在甘肃省的有效性 及其在抗病育种中的利用价值

王万军<sup>1</sup>, 曹世勤<sup>2</sup>, 王晓明<sup>2</sup>, 黄 瑾<sup>2</sup>, 孙振宇<sup>2</sup>, 张 勃<sup>2</sup>, 贾秋珍<sup>2</sup>, 金社林<sup>2</sup>

(1. 天水市农业科学研究所甘谷试验站, 甘肃甘谷 741200; 2. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃兰州 730070)

**摘要:**2007—2014 年,对收集到的 44 份已知抗白粉病基因载体品种在甘肃省的不同生态区进行了成株期抗病性监测,结果表明:*Pm1*、*Pm3*、*Pm5*、*Pm6*、*Pm7*、*Pm8*、*Pm23*、*PmEra*、*Pm33* 在田间抗病性丧失,失去利用价值;*Pm4a*、*Pm12*、*Pm13*、*Pm16*、*Pm18*、*Pm19*、*Pm2* + *Pm6*、*Pm4b* + *Pm5*、*Pm4* + *Pm8* 在各地田间抗病性分离,不宜应用或慎用;其余抗病基因(组合)在田间抗性表现较好,在今后的育种工作中应充分加以利用。本研究还对抗病基因的来源及抗病基因下一步有效利用等问题进行了讨论。

**关键词:**小麦白粉病;抗病基因;有效性;评价

**中图分类号:** S512.103.4; S435.121.4<sup>+</sup>6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)06-0187-03

由专性寄生菌布氏白粉菌 [*Blumeria graminis* (DC.) E. O. Speer] 引起的小麦白粉病是危害我国小麦的最主要病害之一<sup>[1]</sup>。从 20 世纪 90 年代初期开始,由于含有抗病基因 *Pm8* 的生产品种及抗源材料在生产及育种上的广泛应用,造成对 *Pm8* 有毒性的 *Avr8* 在白粉菌群体中逐渐占据优势地位,引致携带黑麦血缘 (1BL/1RS) 的品种在生产上丧失抗白粉病性,导致小麦白粉病于 1990 年和 1991 年连续 2 年在全国范围内大面积发生<sup>[2]</sup>。在甘肃省及天水市,该病也先后多年发生流行<sup>[3-4]</sup>,造成了严重的产量和经济损失。目前在甘肃省小麦白粉病常年发生面积保持在 40.0 万  $\text{hm}^2$  以上,严重威胁着小麦生产的稳定发展。

采用化学防治措施虽然在短期内可取得较好的效果,但浪费了巨大的人力、物力和财力,而且对环境还将会造成一定的污染。多年的研究结果发现,种植抗病品种是防治该病最经济有效且有利于保护环境的措施。在抗白粉病基因有效性研究方面,自 20 世纪 90 年代始,国内诸多学者开展了已知基因载体品种抗病性评价工作,明确了已知基因在当地的有效性<sup>[5-9]</sup>。由于各地小麦白粉病菌群体毒性结构复杂,病菌群体毒性基因的组成在各地具有较大差异<sup>[10]</sup>,因此抗病基因在各地的田间抗病性表现也不尽相同。甘肃省于 20 世纪末开展了已知基因有效性评价工作<sup>[5]</sup>,但从近年来病菌群体毒性结构看,由于抗源材料和生产品种在生产上应用的变化,引致病菌群体也较原来有了一定程度的变化。进一步明确已知基因载体品种的有效性,特别是成株期有效性,将会指导其在抗

病育种上的有效利用,体现其在抗病育种中的利用价值,为有效指导抗白粉病育种和抗病基因的合理布局,持续控制甘肃省小麦白粉病的发生流行提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

44 个已知抗白粉病基因载体品种来自甘肃省农业科学院植物保护研究所小麦病害课题组,其所含抗白粉病基因见表 1。

### 1.2 试验方法

自 2007 年开始,在甘肃省不同生态区的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,A)、甘谷县新兴镇五甲庄铁路南(海拔 1 270 m,B)、甘谷县白家湾乡东三十里铺村(海拔 1 680 m,C)、甘谷县古坡乡魏家坪村(海拔 1 920 m,D)、天水市秦州区汪川良种场(海拔 1 670 m,E)、陇南市成县农业技术推广中心(海拔 1 220 m,F)、陇南市武都区东江陇南市农业科学研究所(海拔 980 m,G)、定西市临洮农业学校(海拔 1 880 m,H)、临夏州农业科学研究所(海拔 2 060 m,I)、平凉市庄浪县农业技术推广中心南湖试验站(海拔 1 790 m,J)、平凉市静宁县种子管理站(海拔 1 850 m,K)和白银市景泰县草窝滩镇长城村(海拔 1 420 m,L)等 12 个试验点设置病圃。各试验点中,A、B、F、G 试验点代表甘肃陇南麦区低海拔川道区,C、E 试验点代表甘肃陇南麦区半山区,D 试验点代表甘肃陇南麦区高山区,H、I 试验点代表甘肃中部麦区冬春麦混作区,J 试验点代表甘肃陇东干旱麦区,K 试验点代表春季播种区。

冬季播种于每年 9 月中旬至 10 月下旬在各试验点进行,春季播种于当年 3 月中旬进行。每品种每试验点播种 1 行,行长 1 m,行距 30 cm,每 20 行种植 1 行感病品种辉县红或 Chancellor 作为发病对照,病圃四周再播种 2~3 行感病品种作为保护行和诱发行,于当年小麦白粉病发病的高峰期(5 月中旬至 7 月上旬),按照 0~9 级标准<sup>[11]</sup>,进行逐品种调查记

收稿日期:2015-01-21

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303016);国家自然科学基金(编号:31360433)。

作者简介:王万军(1972—),男,甘肃甘谷人,助理农艺师,主要从事农作物病虫害防控技术研究。E-mail:843223350@qq.com。

通信作者:曹世勤,博士,研究员,主要从事农作物病虫害防控技术研究。E-mail:caoshiqin6702@163.com。

载。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,7~8 级为高感,9 级为极感。

1.3 数据分析

为分析方便,按照 0 和 1 标准,将田间病级 0~4 级划分为 0,5~9 级级划分为 1。利用 Excel 2003 和 DPS 3.01 软件,进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 田间抗病性评价

由表 1 结果可见,*Pm1*、*Pm3*、*Pm5*、*Pm6*、*Pm7*、*Pm8*、*Pm23*、*PmEra*、*Pm33* 在甘肃各地田间总体抗病性较低,失去利用价值。*Pm4a*、*Pm12*、*Pm13*、*Pm16*、*Pm18*、*Pm19*、*Pm2* + *Pm6*、*Pm4b* + *Pm5*、*Pm4* + *Pm8* 在甘肃陇南、中部、陇东干旱麦区及沿黄灌区春麦区田间抗病性差异较大,部分基因(组合)在当地抗病性相对较低,对其的利用要针对当地抗病性进行。其余基因(组合)抗病性较好,可在育种及生产中充分利用。

表 1 已知基因载体品种及其在各地的成株期抗病性表现

序号	品种名称	<i>Pm</i> 基因	试验点抗病性(病级)												感病 点数	感病点 率(%)
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
1	阿夫		8~9	7~8	7	8	9	8	9	9	8	9	7	8	12	100.00
2	Chancellor	0	9	8	8	9	8	9	9	9	8	9	8	9	12	100.00
3	Festival	1	9	9	9	8	9	8	9	9	9	8	7	7	12	100.00
4	Axminster	1	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8	8	8	12	100.00
5	Ulka/8Cc	2	3~4	4~5	4	4	6	2	4	3	4	2	3	4	1	8.33
6	Asoson	3a	4~5	5	5	5	5	6	6	5	4	3	3	5	3	25.00
7	CII4121	3b	6	5	6	5~6	5	5	6	5	4	3	3	4	4	33.33
8	Sonora/8Cc	3c	3	4	5	5~6	5	5	6	5	5	4	4	5	4	33.33
9	Koliber	3d	3	5	6	5~6	3	5	6	4	4	3	3	6	6	50.00
10	W150	3e	5	5~6	6	5~6	5	5	6	5	4	4	4	5	9	75.00
11	Michigan Amber	3f	8	7	6	5~6	6	4	6	4	4	5	5	5	8	66.67
12	Khapli/8Cc	4a	5	5~6	4	4	5	3	4	2	4	4	5	4	4	33.33
13	Armada	4b	3	4	0	2	2	1	3	0	2	2	2	1	0	0
14	Hope/8Cc	5	8	6	5	4	6	5	6	4	5	5	4	4	8	66.67
15	CII4125	5	7	4~5	5	5	7	5	5	4	5	5	5	4	9	75.00
16	Aqulia	5	7	6	5	4	6	5	6	4	4	5	6	4	8	66.67
17	Coker 747	6	6	5	5	6	5	5	6	2	3	4	6	5	9	75.00
18	Timgalen	6	5	5~6	5	6	6	5	6	4	4	4	3	6	8	66.67
19	CII4189	7	7	6~7	5	5	4	4	5	5	4	6	6	4	8	66.67
20	高加索	8	5	6~7	7~8	8	8	8	8	7	6	5	5	8	12	100.00
21	PI36179	8	5	7	7~8	8	8	8	8	7	6	6	7	9	12	100.00
22	Pm8/百农 3217 *6	8	4	6~7	8	7	8	8	8	8	8	0	7	7	10	83.33
23	CII4119	12	5~6	5	5	4	6	6	5	5	4	3	5	2	8	66.67
24	96-282	13	3	6	5	5	6	5	5	5	4	2	4	4	7	58.33
25	96-283	16	2	6	5	5	9	6	4	4	2	5	4	3	6	50.00
26	Amigo	17	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	5	2	3	25.00
27	XX186	18	5~6	7	4	5	5	5	5	3	4	6	3	4	7	58.33
28	96-286	19	3	5	4	5	3	4	5	5	4	2	3	5	5	41.67
29	92R178	21	1	0	0	2	3	3	2	0	2	3	3	2	0	0
30	R43	21	0	2	0	2	4	0	2	0	1	3	3	1	0	0
31	Pm23	23	4	4	5	5	7	5	6	6	5	6	3	5	9	75.00
32	齿牙糙	24	1	4	3	4	3	1	3	4	4	3	3	3	0	0
33	Era	Era	6~7	8	4	6	8	6	5	5	6	3	6	5	10	83.33
34	Am4/百农 3217 *6	33	7~8	5	8	6	7	6	4	6	6	4	7	6	10	83.33
35	小白冬麦	XBD	4	3	3	5	5	4	4	5	4	3	3	4	9	75.00
36	Normandie	1+2+9	4	3	4	3	4	3	2	2	3	3	3	2	0	0
37	白兔 3 号	4+2X	2	5	3	2	7	1	2	2	3	2	3	4	2	16.67
38	Brock	2+tal	3	4	3	2	3	3	3	3	2	4	0	1	0	0
39	Maris Huntsman	2+6	3	2	2	2	6	0	2	4	4	5	4	5	3	25.00
40	CII2632	2+6	3	5	3	3	4	0	2	3	2	3	2	3	1	8.33
41	Maris Dove	2+Mld	4	4	4	3	3	2	3	2	3	0	3	3	0	0
42	Mission	4b+5	0	3	4	4	5	3	3	5	5	4	4	2	3	25.00
43	Coker983	5+6	3	3	4	3	4	3	2	4	2	4	2	4	0	0
44	肯贵阿 1 号	4+8	4~5	6~7	4~5	4~5	5	4	5~6	6~7	5~6	6	4	6	7	58.33

## 2.2 聚类分析

由图 1 结果看出,在  $\lambda = 0.85$  时,将已知基因载体品种划分为 2 个大的类群,其中感病点率  $\geq 4$  为一类群,感病点率  $< 4$  为另一类群。在  $\lambda$  为 0.8 以下时,又划分为多个小的类群。

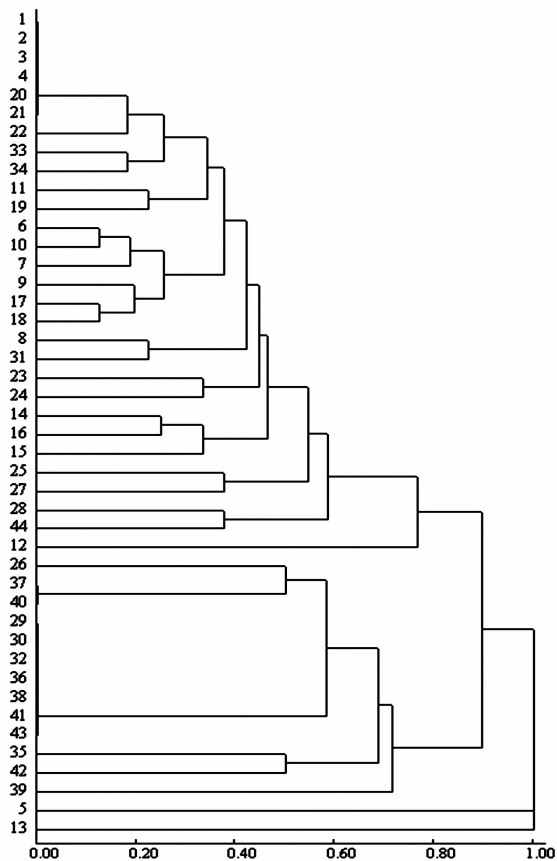


图1 聚类分析结果

## 3 结果与讨论

### 3.1 抗病基因来源

截至目前,国际上已先后命名了 60 个小麦白粉病抗性基因(包括复等位基因),还有 20 余个尚未命名的新基因。在这些基因中,一类来自普通小麦,主要有 *Pm1*、*Pm3*、*Pm5*、*Pm9*、*Pm10*、*Pm11*、*Pm14*、*Pm22*、*Pm23*、*Pm24* 等;一类来自小麦近缘种,如栽培(野生)一粒小麦、斯卑尔脱小麦、栽培(野生)二粒小麦、波斯小麦、提莫菲维小麦等,主要有 *Pm1b*、*Pm1d*、*Pm4a*、*Pm4b*、*Pm6*、*Pm16*、*Pm18* 等;第 3 类来自小麦近缘属如黑麦、拟斯卑尔脱山羊草、高大山羊草、粗山羊草、簇毛麦等,主要有 *Pm7*、*Pm8*、*Pm12*、*Pm13*、*Pm20*、*Pm21* 等。在这些已定名的、在国内有大量种质材料的基因载体品种中,*Pm9* 没有单独的载体,*Pm10*、*Pm11*、*Pm14* 和 *Pm15* 是抗偃麦草白粉病的专化抗性基因,不抗小麦白粉病,在生产上没有利用价值,*Pm17* 抗谱狭窄,利用价值不大。

### 3.2 热门抗病基因在抗病育种中的应用及在病害流行中的风险

小麦白粉病菌具有有性生殖阶段,且病菌适应范围广,因此病原菌毒性群体结构丰富,毒性变异快。在生态条件和温湿度条件适合的甘肃陇南,白粉病菌毒性变异更是如此。自从 20 世纪 80 年代中期开始含有黑麦血缘的骨干抗源材料牛

朱特、高加索、阿美乐尔和洛夫林在甘肃陇南抗病育种中的广泛利用,引致对 *Pm8* 有毒性的 *Avr8* 毒性频率的快速上升,造成含有这些骨干亲本血缘的子代材料抗病性丧失,造成小麦白粉病的大流行。自 20 世纪 90 年代中期以来,由于来自簇毛麦血缘的、以南农 92R 为代表的、对国内诸多白粉病菌均表现免疫的 *Pm21* 在抗病育种中的广泛利用,国内育种单位以此为骨干亲本,先后选育出兰天 24、兰天 17、中梁 29、内麦 9 号、内麦 10 号、内麦 11 号等多个品种,在生产上广泛应用。热门抗源材料的过度利用或其衍生材料的大面积推广种植,必将加速白粉病菌定向选择的部分,产生对该基因有毒性的新的白粉病菌致病菌系,导致抗病基因抗性丧失而失去利用价值。同时对含有这些基因的生产品种造成巨大威胁,有可能引致小麦白粉病再一次在甘肃省及全国范围内的大流行。近年来的监测结果发现,甘肃省小麦白粉病菌对 *Pm21* 的毒性频率已由 20 世纪初的 0 上升为 2009 年的 20.8%。这与育种及生产上大面积推广种植含有这些抗病基因的品种(系)有很大关系。因此若条件适宜,小麦白粉病必将在甘肃省及全国范围内大面积流行,应引起育种和生产部门的高度关注。在今后的工作中,应进一步加强抗白粉病的育种和抗病品种推广工作,充实甘肃省抗病基因丰富度和抗病品种遗传多样性,以解除潜在的危机<sup>[12]</sup>。

同时研究发现,近年来由于抗源及种植品种的改变,造成甘肃部分抗病基因(组合) *Pm4a*、*Pm4b* + *Pm5*、*Pm4* + *Pm8* 等抗病性变异明显<sup>[5,13]</sup>,由原来的抗病变为当前感病,逐步失去利用价值。

多基因组合品种对于小麦白粉病的防治十分有效,进行抗病基因的有效聚合,将会延长品种使用年限,提高抗病基因(组合)的利用价值。如 Bennet 研究发现,Maris Huntsman (*Pm2* + *Pm6*) 在英国种植多年,抗白粉病仍然保持较好,就是一个很好的例证<sup>[14]</sup>。因此育种部门应尽可能利用抗源材料通过基因累加,尽快将抗谱上互补的基因进行聚合,同时借助分子生物学技术,进行辅助育种,才有望培育出较为持久的抗性品种。

### 3.3 成株期多年多点鉴定在抗病基因利用中的作用

已有研究结果发现,甘肃生态条件复杂,各生态区病菌毒性结构不一。因此仅在一地或单年进行抗病性变异监测,不能准确评价抗病基因的抗病性状,同时不能准确、及时地监测到品种抗性变异信息。不能及时指导抗病品种及抗源材料利用,对指导抗病育种工作和抗病品种的合理布局不能起到较好的指导意义。

### 3.4 抗病性监测与聚类分析相结合在生产实践中的意义

本试验将基因抗病性监测与聚类分析相结合,可更好地评价基因的有效性。为丰富和实现甘肃省小麦品种抗白粉病基因的多样化,生产和育种中可依据供试品种(系)连锁距离的不同,在不同生态区进行品种合理搭配、布局并进行抗病育种,为小麦白粉病的持续控制和抗病品种的更好利用打下良好基础。

## 参考文献:

- [1] 李 迅,肖悦岩,刘万才,等. 小麦白粉病地理空间分布特征[J]. 植物保护学报,2002,29(1):41-46.

韩晶波,李 明,李荣玉,等. 异丙威、啉虫脒及其混配对褐飞虱的毒力与田间防效[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):190-192.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.051

# 异丙威、啉虫脒及其混配对褐飞虱的毒力与田间防效

韩晶波<sup>1,2</sup>, 李 明<sup>1</sup>, 李荣玉<sup>1,3</sup>, 徐雪凌<sup>1,3</sup>, 尹显慧<sup>1,3</sup>

(1. 贵州大学作物保护研究所, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州大学生命科学学院, 贵州贵阳 550025; 3. 贵州大学农学院, 贵州贵阳 550025)

**摘要:**为明确贵州褐飞虱对异丙威、啉虫脒的敏感性,采用浸渍法在室内测定了异丙威、啉虫脒及其混配对贵州 3 地褐飞虱的毒力与田间防效试验。结果表明:异丙威、啉虫脒及其混配对贵州 3 地褐飞虱 LC<sub>50</sub> 的平均值分别为 23.289 2、4.204 1、3.632 5 μg/mL。与敏感品系相比,贵州 3 地褐飞虱对异丙威表现出低水平抗性,对啉虫脒表现敏感。2015 年田间试验结果表明,异丙威和啉虫脒以 1:2 混比对水稻褐飞虱具有较好的防效,施药 7 d 后防效达到 80.71%,高于异丙威(63.13%)和啉虫脒(69.52%)的单剂防效。

**关键词:**异丙威;啉虫脒;褐飞虱;毒力测定;防治效果

**中图分类号:**S482.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)06-0190-03

水稻是我国的主要粮食作物,常年种植面积约为 3 000 万 hm<sup>2</sup>,约占全国谷物种植面积的 30%,占全国粮食总产量的 40%<sup>[1]</sup>。稻飞虱属于同翅目飞虱科,具有体型小、迁飞繁殖力强等特性,稻飞虱刺吸水稻汁液,造成黄叶或者枯死,暴发严重时造成水稻减产甚至绝产,是我国水稻上的主要害虫,其中危害较重的是褐飞虱和白背飞虱<sup>[2]</sup>。

目前防治褐飞虱的常用药剂有:有机磷类、氨基甲酸酯类、烟碱类、新杂环类、生物源类、拟除虫菊酯类等<sup>[3]</sup>。其中异丙威和啉虫脒是防治稻飞虱的常用药剂,在农业生产上被农民广泛用来防治褐飞虱,以保障水稻的产量。异丙威(*isoprocarb*)是一种氨基甲酸酯类杀虫剂,具有触杀、胃毒和熏蒸作用,对刺吸式害虫稻飞虱和叶蝉有很好的防效<sup>[4-5]</sup>。啉虫

脒(*acetamiprid*)是一种新烟碱类杀虫剂,具有较强的渗透和触杀作用,广泛用于稻飞虱、蚜虫、蓟马以及鳞翅目害虫的防治,防效显著<sup>[6-8]</sup>。长期施用农药造成了褐飞虱对多种农药产生了抗药性,因此寻找常规农药混配配方成为当前科研工作者的研究方向,徐福寿等报道了 25% 扑虱灵和 40% 异稻瘟净或 3.3% 阿维·联苯菊乳油或 20% 丁硫克百威混用后,不但提高了速效性,而且显著提高了对成虫和若虫的防效<sup>[9]</sup>;何明远等报道了噻嗪酮与异丙威 6:19 复配时,共毒系数最高达 163.16,增效作用显著<sup>[10]</sup>;夏锦瑜等报道了毒死蜱与吡蚜酮以 3:1 混配对褐飞虱毒力大于单剂,有明显增效作用,共毒系数为 178.25<sup>[11]</sup>;郁艳等报道了醚菊酯与吡虫啉 1:5 混配和醚菊酯与噻虫嗪 1:7 混配对贵州 3 县褐飞虱种群共毒系数为 166.93~198.23 和 174.29~188.74,表现出明显的增效作用<sup>[12]</sup>;任学祥等报道了哒螨灵和仲丁威复配对田间稻飞虱有很好的速效性和持效性<sup>[13]</sup>。然而,有关异丙威与啉虫脒混配具体的增效配比尚未见报道。本研究选用目前在水稻稻飞虱防治中常用的药剂异丙威和啉虫脒,以其单剂及混配(有效成分比为 1:2)对贵州 3 地(桐梓、黄平、开阳)褐飞虱 3 龄若虫进行生物毒力测定,旨在明确筛选出的最佳增效组合对褐飞虱的防效,为褐飞虱的抗药性治理、药剂汰选以及混

收稿日期:2016-01-14

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201203038);贵州大学引进人才科研项目(编号:贵大人基合字(2008)030 号、贵大人基合字(2015)07 号)。

作者简介:韩晶波(1991—),女,硕士研究生,研究方向为环境化学与毒理。E-mail:huohf151@foxmail.com。

通信作者:李 明,博士,教授,从事植物源农药及其毒理和农产品质量安全方面研究。E-mail:lm21959@163.com。

[2]段霞瑜. 欧洲小白粉菌的毒性监测和抗病基因的利用[J]. 植物保护,1994,20(3):36-38.

[3]卢凯洁. 天水市小麦品种系抗白粉病性鉴定[J]. 中国植保导刊,2004,24(4):16-18.

[4]曹世勤,骆惠生,金明安,等. 2010 年甘肃陇南麦区小麦白粉病发生特点及防控策略[J]. 中国植保导刊,2011,31(11):24-26.

[5]李继平,金社林,曹世勤,等. 小麦抗白粉病基因在甘肃的有效性评价[J]. 植物保护学报,2003,30(1):30-34.

[6]郭爱国,程玉河,杨文香,等. 小麦白粉病抗性基因在河北省的有效性研究[J]. 河北农业大学学报,1991,14(4):72-75.

[7]武英鹏,原宗英,李 颖,等. 小麦白粉病抗性基因在山西省的有效性评价[J]. 麦类作物学报,2009,29(6):1105-1109.

[8]段双科,许育彬,吴兴元. 小麦白粉病菌致病毒性和抗病基因及抗病育种研究进展[J]. 麦类作物学报,2002,22(2):83-86.

[9]李隆业,黄元江. 小麦白粉病已知抗性基因的效应及评价[J]. 中国农业科学,1990,23(3):20-26.

[10]段霞瑜,周益林,盛宝钦. 我国主要麦区白粉菌毒性现状[M]. 北京:技术出版社,1998:246-249.

[11]盛宝钦. 用反应型记载小麦白粉病“0-9 级法”的改进[J]. 北京农业科学,1991,9(1):8-9.

[12]曹世勤,骆惠生,武翠平,等. 甘肃省主要小麦生产品种(系)及抗源材料抗白粉病基因推导分析[J]. 作物学报,2010,36(12):2107-2115.

[13]曹世勤,郭建国,骆惠生,等. 甘肃小麦白粉病抗源材料的筛选及抗病基因库的构建[J]. 植物保护,2008,34(1):49-52.

[14]Bennet F G A. Resistance to powdery mildew in wheat: a review of its use in agriculture and breeding programmes[J]. Plant Pathology, 1984,33:279-300.