

2004—2008年东北春麦区小麦白粉病菌 种群毒性动态分析

曹远银¹ 迟文娟¹ 张晓蕾¹ 朱庆顺²

(1. 沈阳农业大学植物免疫研究所, 沈阳 110161; 2. 沈阳于洪区平罗农业服务中心, 沈阳 110147)

摘要: 采用全国统一的9个鉴别寄主离体叶片法鉴定侵染型和 Gilmour 八进制法命名小种, 对2004—2008年采自东北春麦区的辽宁、黑龙江等省不同县市的298个小麦白粉病菌标样进行生理小种及毒力频率分析, 并利用已知抗白粉病基因的22个小麦品种(系)对参试菌株进行毒力频率测定。结果表明: 2004—2006年优势小种为生理小种15号, 出现频率分别为13.7%、15.6%和20.3%; 2007年优势小种为17号小种, 出现频率为10.2%; 2008年411号小种上升为优势小种, 频率达20.6%; 2004—2008年毒性基因 *V4b*、*V2+6*、*V4+8*、*V12*、*V16*、*V18*、*V20*、*V21*、*V22* 和 *V23* 毒力频率较低, 在0~28.0%之间, 其对应抗性基因 *Pm4b*、*Pm2+6*、*Pm4+8*、*Pm12*、*Pm16*、*Pm18*、*Pm20*、*Pm21*、*Pm22* 和 *Pm23* 抗性较强, 可作为有效的抗病基因加以利用。

关键词: 小麦白粉病菌; 生理小种; 毒力频率; 抗白粉病基因

A survey of race and virulence types of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* in China's northeastern spring wheat region during 2004 – 2008

Cao Yuanyin¹ Chi Wenjuan¹ Zhang Xiaolei¹ Zhu Qingshun²

(1. Institute of Plant Immunology, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning Province, China;
2. Pingluo Centre of Agricultural Services, Yuhong District, Shenyang 110147, Liaoning Province, China)

Abstract: In present paper, with a total of 298 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* collected in China's northeastern spring wheat region during 2004 – 2008, the physiologic race and virulence types of the pathogen were investigated using detached leaf culture method of 9-nationwide unified differential hosts for infection type, Gilmour's octal number system for race designation and 22 known *Pm* gene wheat varieties (lines) for virulence frequency analysis. The race survey result was indicated that race 15 maintained prevalent for 3 consecutive years; 2004 – 2006 with the frequency of 13.7%, 15.6% and 20.3%, however, in the year 2007, the race 17 became most common with the frequency of 10.2%, furthermore, the prevailing race was shifted into race 411 with the frequency of 20.6% in the year 2008. The virulence frequency result for 2004 – 2008 was shown that the virulent genes *V4b*, *V2+6*, *V4+8*, *V12*, *V16*, *V18*, *V20*, *V21*, *V22*, *V23* occurred in very low amount, their virulence frequency being 0 – 28.0%, in other words, *Pm4b*, *Pm2+6*, *Pm4+8*, *Pm12*, *Pm16*, *Pm18*, *Pm20*, *Pm21*, *Pm22*, *Pm23* were effective and had applicable value in wheat breeding for resistance.

Key words: *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*; physiological race; virulence frequency; *Pm* genes

基金项目: 国家科技攻关(2004BA509B03), 国家科技支撑计划(2006BAD08A05), 公益性行业(农业)科研专项(3-15)

作者简介: 曹远银, 男, 1955年生, 研究员, 研究方向为植物免疫学, email: caoyy66@yahoo.com.cn

收稿日期: 2009-01-07

由小麦白粉菌 *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* 引起的小麦白粉病是影响我国小麦生产的重要病害。自 20 世纪 80 年代以来,由于抗病基因单一化导致大面积抗性丧失,不仅造成我国南方中原麦区小麦白粉病普遍流行,也造成我国东北麦区多次暴发,以致小麦产量损失严重^[1]。为了扭转这种局面,科研人员多方引入和挖掘新抗病基因,开展新一轮抗病品种的选育与推广工作。目前,一些有效抗病基因如 *Pm4a*、*Pm4b*、*Pm21* 和 *Pm2 + 6* 等已在新的品种或品系中出现,尤其是 *Pm21* 已被普遍用于新一轮品种培育研究中^[2]。寄主与病原互作进化没有止境,病菌新的毒力变异亦必将会产生,因此,连续监测、阶段性的系统分析和发布病菌小种与毒力动态信息,对新的抗病品种选育、实时监测品种使用中的抗性变化和品种(基因)及时调整具有重要指导意义^[3]。东北春麦区小麦白粉病作为我国小麦白粉病流行体系的重要组成部分,不仅具有本区域流行特点,还与南部冬麦菌源区的病害流行有密切联系。对本区内小麦白粉病小种与毒力变异动态监测自 20 世纪 90 年代即被高度重视,杨家书等^[4]和 Yang & Cao^[5]相继报道了中国东北小麦白粉病小种及毒性基因频率情况,分析了当时不同 *Pm* 基因的价值;近年来,魏松红等^[6-7]和迟文娟等^[8]在继续分析东北春麦区白粉病小种及毒性基因变异动态的前提下,研究了部分抗性品种的有效抗病基因;季宏平等^[9]利用部分黑龙江省的菌株进行了白粉病菌的小种类型分析。在白粉病流行的新形势下,作者对近 5 年东北春麦区小麦白粉病菌种群动态进行监测,并与国内其它地区小麦白粉病监测结果进行了比较。

1 材料与方法

1.1 材料

小麦白粉病菌生理小种的鉴别寄主 9 个:阿夫、Ulka/8 * Cc、Era、高加索、CI12632、Maris Huntsman、肯贵阿、白兔 3 号和小白冬麦。

已知抗白粉病基因品系 22 个: Axminster/8 * Cc (*Pm1*)、Ulka/8 * Cc (*Pm2*)、Asosan/8 * Cc (*Pm3a*)、Chul/8 * Cc (*Pm3b*)、Sonora/8 * Cc (*Pm3c*)、Armada (*Pm4b*)、Hope/8 * Cc (*Pm5*)、Timgalen (*Pm6*)、CI14189(*Pm7*)、Kavkaz(*Pm8*)、Normandie (*Pm1 + 2 + 9*)、Line31 (*Pm12*)、R4A (*Pm13*)、Brigand (*Pm16*)、Amigo (*Pm17*)、MIN (*Pm18*)、Bounty (*Pm19*)、

KS93WGRC28(*Pm20*)、扬麦 5/sub. 6v (*Pm21*)、Virest (*Pm22*)、Line 81-7241 (*Pm23*) 和 Chiyacao (*Pm24*)。Chancellor 或小密穗用于菌种繁殖或鉴定时的对照品种,均由沈阳农业大学植物免疫研究所纯化、繁殖备用。

1.2 方法

1.2.1 小麦白粉病菌菌种的采集和保存

于 2004—2008 年小麦白粉病盛发期,在黑龙江、辽宁等东北春麦区采集标样,在隔离条件下用抖落法接种到活体的试管麦苗上备用。

1.2.2 小麦白粉病菌单孢子堆的分离

将高感品种小密穗播于花盆中培育无病菌苗,待幼苗长至二叶一心时剪取第 1 片叶,放入培养皿中,每皿 4~5 片叶,培养皿中垫有浸过保鲜液的滤纸。将小麦白粉病标样,在隔离条件下用抖落法接种到离体叶片上,放于 18℃、8000 lx 光照 14 h/天的生长箱内培养,5~7 天后叶片上出现白色菌落,用细毛笔涂抹法将单菌落分别接种至新的无菌苗上,待菌落长出后重复进行一次分离、纯化、扩繁。将各单孢子堆分别编号,活体保存,方法见文献[10]。

1.2.3 小麦白粉病菌生理小种鉴定

采用全国统一的“阿夫”等 9 个鉴别寄主,用离体叶段培养法对各孢子堆分离物进行接种鉴定,记载各鉴别寄主叶段上的反应型,以 0、0;、1、2、3、4 分级记载,其中 0~1 为抗(R),2 为中抗(MR),3 为中感(MS),4 为感(S),将记载的反应型按 Gilmour^[11]八进制法进行编码。按盛宝钦等^[12]报道的低毒力(0~7)、中毒力(10~77)和高毒力(100~777)划分小种群。

1.2.4 小麦白粉病菌毒性基因分析

将已知抗病基因的小麦单基因系品种(每个品种含有单个抗白粉病 *Pm* 基因)第 1 片叶进行离体叶段培养,用高感品种小密穗作为对照。将扩繁后的白粉病菌单孢子堆分离物按抖落法接种,待小密穗上出现清晰可数的病斑时(5~7 天),调查并记录各单基因系品种离体叶段病级反应,病级反应型和小麦白粉病菌生理小种鉴定的反应型记载标准一致,0~2 级为非毒性,3~4 级为毒性。

2 结果与分析

2.1 小麦白粉病菌生理小种种群结构分析

2004 年共鉴定了 51 个单孢子堆,鉴定出 23 个生理小种,优势小种为 15 号小种,出现频率为 13.7%,

次优势小种为 415 号,出现频率为 9.8%;2005 年从 32 个单孢子堆中鉴定出 18 个生理小种,优势小种为 15 号小种,出现频率为 15.6%,次优势小种为 11 号和 415 号小种,频率均为 9.3%;2006 年鉴定了 59 个单孢子堆,鉴定出生理小种 23 个,优势小种为 15 号小种,出现频率为 20.3%,次优势小种为 11 号和 415 号,出现频率均为 10.2%;2007 年从 88 个单孢

子堆中鉴定出 35 个生理小种,优势小种为 17 号小种,出现频率为 10.2%,次优势小种为 11 号和 415 号,出现频率均为 6.8%;2008 年鉴定了 68 个单孢子堆,鉴定出 28 个生理小种,优势小种为 411 号小种,出现频率为 20.6%,次优势小种为 611 号,出现频率为 14.7% (表 1)。

表 1 2004—2008 年小麦白粉病菌生理小种变化

Table 1 Racial population shifting of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* during 2004 – 2008

生理小种 Race	2004		2005		2006		2007		2008	
	出现次数	出现频率	出现次数	出现频率	出现次数	出现频率	出现次数	出现频率	出现次数	出现频率
	No.	Frequency (%)	No.	Frequency (%)	No.	Frequency (%)	No.	Frequency (%)	No.	Frequency (%)
1	2	3.9	1	3.1	2	3.4	3	3.4		
3					1	1.7	1	1.1		
5	3	5.8	2	6.2	2	3.4	2	2.2		
7							2	2.2		
11	4	7.8	3	9.3	6	10.2	6	6.8	2	2.9
13									1	1.5
15	7	13.7	5	15.6	12	20.3	8	9.1	1	1.5
17	2	3.9	1	3.1	3	5.1	9	10.2	3	4.4
21									1	1.5
23							2	2.2		
25							1	1.1		
27							1	1.1		
31					1	1.7	1	1.1		
33					1	1.7				
35	2	3.9	1	3.1	1	1.7	3	3.4		
37					1	1.7	1	1.1		
51							1	1.1		
53			1	3.1						
55			1	3.1			1	1.1		
57							4	4.5	2	3.1
75							2	2.2		
77							1	1.1	1	1.5
111	2	3.9	2	6.2	2	3.4	3	3.4	2	2.9
115	3	5.8	1	3.1	4	6.8	4	4.5		
117					2	3.4				
131							1	1.1	1	1.5
145									1	1.5
210					1	1.7				
211									1	1.5
217	4	7.8	2	6.2			4	4.5		
231									2	2.9
275							1	1.1		
311	1	1.9							1	1.5
313									1	1.5
315	2	3.9	1	3.1	1	1.7	1	1.1		

续表 1

生理 小种 Race	2004		2005		2006		2007		2008	
	出现 次数	出现频率 Frequency	出现 次数	出现频率 Frequency	出现 次数	出现频率 Frequency	出现 次数	出现频率 Frequency	出现 次数	出现频率 Frequency
	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)
331									1	1.5
377									1	1.5
401	1	1.9							1	1.5
410					1	1.7				
411	1	1.9			3	5.1	2	2.2	14	20.6
413									1	1.5
415	5	9.8	3	9.3	6	10.2	6	6.8		
417	1	1.9			1	1.7	2	2.2		
431	1	1.9					1	1.1	3	4.4
437	1	1.9			3	5.1	2	2.2	1	1.5
451	2	3.9			2	3.4	2	2.2		
457	1	1.9								
477	1	1.9	2	6.2			2	2.2		
501									1	1.5
515	2	3.9	2	6.2			3	3.4		
525			1	3.1						
531			1	3.1						
611									10	14.7
613							1	1.1	1	1.5
615	2	3.9	2	6.2	2	3.4	3	3.4		
631					1	1.7			5	7.4
677									1	1.5
715	1	1.9					1	1.1		
731									6	8.8
733									2	2.9

2004—2008 年间,低毒力小种出现频率为 0 ~ 298 个菌株中,低、中和高毒力小种平均出现频率分别为 7.04%、34.56% 和 58.39% (表 2)。中毒力小种出现频率为 14.7% ~ 46.6%,高毒力小种出现频率为 44.3% ~ 85.3%。在鉴定的

表 2 2004—2008 年东北春麦区小麦白粉病菌不同毒力小种出现频率
Table 2 Percentages of different virulent races of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* in
China's northeastern spring wheat zone during 2004 - 2008

年份 Year	菌株数 No. isolates	低毒力小种 Weakly virulent race		中毒力小种 Moderately virulent race		高毒力小种 Strongly virulent race	
		出现次数	频率 (%)	出现次数	频率 (%)	出现次数	频率 (%)
		No.	Frequency	No.	Frequency	No.	Frequency
2004	51	5	9.80	15	26.40	31	60.80
2005	32	3	9.30	12	37.50	17	53.10
2006	59	5	8.50	25	42.40	29	49.20
2007	88	8	9.10	41	46.60	39	44.30
2008	68	0	0.00	10	14.70	58	85.30
合计 Total	298	21	7.04	103	34.56	174	58.39

2.2 病原群体的毒性基因频率

2004—2008 年对 298 个单孢子堆进行了毒性基因分析, *V1*、*V3a*、*V3b*、*V3c*、*V5*、*V6*、*V7*、*V8*、*V1 + 2 + 9* 和 *V17* 毒力频率较高, 为 56.8% ~ 100.0%, 而 *V4b*、*V2 + 6*、*V4 + 8*、*V12*、*V16*、*V18*、*V20*、*V21*、*V22* 和 *V23* 毒力频率较低, 在 0 ~ 28.0% 之间, 即与之对应

的抗性基因 *Pm4b*、*Pm2 + 6*、*Pm4 + 8*、*Pm12*、*Pm16*、*Pm18*、*Pm20*、*Pm21*、*Pm22* 和 *Pm23* 抗性较强。*V13*、*V19* 和 *V24* 毒力频率变化较大, 2004—2007 年间的出现频率在 4.2% ~ 28.8% 之间, 2008 年分别上升为 40.0%、78.0% 和 60.0% (表 3)。

表 3 2004—2008 年小麦白粉病菌毒性基因和毒力频率分析

Table 3 Virulent genes and their frequencies of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* during 2004 – 2008

品种(系) Variety (line)	抗性基因 Resistant gene	毒性基因 Virulent gene	毒性基因频率 Frequency of virulent gene (%)				
			2004	2005	2006	2007	2008
Axminster/8 * Cc	<i>Pm1</i>	<i>V1</i>	56.8	76.5	62.7	70.4	76.0
Ulka/8 * Cc	<i>Pm2</i>	<i>V2</i>	23.5	14.7	22.0	40.0	26.0
Asosan/8 * Cc	<i>Pm3a</i>	<i>V3a</i>	74.5	73.5	72.9	74.1	76.4
Chul/8 * Cc	<i>Pm3b</i>	<i>V3b</i>	74.5	94.1	91.5	94.4	91.2
Sonora/8 * Cc	<i>Pm3c</i>	<i>V3c</i>	76.5	100.0	94.9	100.0	84.2
Armada	<i>Pm4b</i>	<i>V4b</i>	11.7	11.7	13.6	13.0	3.2
Hope/8 * Cc	<i>Pm5</i>	<i>V5</i>	98.1	94.2	98.3	94.4	94.0
Timgalen	<i>Pm6</i>	<i>V6</i>	78.4	67.6	72.9	72.2	80.0
Maris Huntsman	<i>Pm2 + 6</i>	<i>V2 + 6</i>	21.8	12.5	3.4	5.6	8.8
CI14189	<i>Pm7</i>	<i>V7</i>	100.0	100.0	98.3	96.3	86.0
Kavkaz	<i>Pm8</i>	<i>V8</i>	92.2	97.5	93.2	100.0	92.0
肯贵阿 Kenguie	<i>Pm4 + 8</i>	<i>V4 + 8</i>	16.7	25.0	15.3	22.2	26.5
Normadie	<i>Pm1 + 2 + 9</i>	<i>V1 + 2 + 9</i>	68.6	85.3	71.2	83.3	100.0
Line 31	<i>Pm12</i>	<i>V12</i>	13.7	17.6	15.3	16.7	26.5
R4A	<i>Pm13</i>	<i>V13</i>	4.2	7.6	10.7	13.9	40.0
Brigand	<i>Pm16</i>	<i>V16</i>	11.7	11.7	15.3	13.0	13.2
Amigo	<i>Pm17</i>	<i>V17</i>	92.2	100.0	89.8	98.1	96.0
MIN	<i>Pm18</i>	<i>V18</i>	—	—	—	5.6	2.0
Bounty	<i>Pm19</i>	<i>V19</i>	27.4	26.5	28.8	24.1	78.0
KS93WGRC28	<i>Pm20</i>	<i>V20</i>	—	—	—	23.8	28.0
扬麦 5/Sub. 6v	<i>Pm21</i>	<i>V21</i>	0.0	5.8	1.7	5.6	0.0
Yangmai5/Sub. 6v							
Virest	<i>Pm22</i>	<i>V22</i>	13.0	25.0	14.9	11.1	24.0
Line 81-7241	<i>Pm23</i>	<i>V23</i>	0.0	4.2	7.1	8.2	8.0
Chiyacao	<i>Pm24</i>	<i>V24</i>	—	—	—	27.8	60.0

注: “—”表示未鉴定。Note: “—” unidentified.

3 讨论

东北春麦区小麦白粉病的流行与病菌小种变异情况除受该区域因素外, 也受到南部菌源输入区的影响, 因此, 该区小麦白粉病小种与毒力变异具有明显的东北生态区特征。

本研究结果表明, 5 年中, 该区小麦白粉病菌的优势小种类型发生了明显变化, 2004—2006 年鉴定出的优势小种为 15 号小种, 但其出现频率为 13.7% ~

20.3%, 与 1999 年的 40.48% 相比, 呈现明显下降趋势^[6]; 2007 年的优势小种演变为 17 号小种; 2008 年 411 号小种出现频率为 20.6%, 成为新的优势小种; 11 号、415 号和 611 号小种的出现频率也呈现逐年升高的趋势。优势小种的变化与国内其它地区的变化趋势一致, 2005 年甘肃^[8] 地区优势小种 15 号出现频率为 16.7%, 而 2004 年贵州地区的优势小种为 315 号小种。新的优势小种出现表明育种中出现的新的抗性基因加大了对白粉病菌毒力的选择压

力,应加强对小麦白粉病菌小种消长动态的监测。分析 17 号、411 号、415 号和 611 号等小种对应的鉴别寄主所含的抗性基因表明,小麦白粉病菌对鉴别寄主 Ulka/8* Cc (*Pm2*)、白兔 3 号 (*Pm4a + 8*)、小白冬麦 (*PmXBD*) 的毒性有上升趋势,这可能因 *Pm2*、*Pm4b* 和 *PmXBD* 对小麦白粉病菌的抗性,近几年被逐渐应用于抗小麦白粉病菌的品种选育中^[2, 13],形成了对应基因的选择压的结果,故对其品种的抗病演变应当有所警惕。

小麦白粉病菌毒性基因频率直接反映相应的小麦抗病基因在生产上的有效性。对 2004—2008 年小麦白粉病菌毒性基因频率分析表明,抗性基因 *Pm4b*、*Pm 2 + 6*、*Pm 4 + 8*、*Pm12*、*Pm16*、*Pm18*、*Pm20*、*Pm21*、*Pm22* 和 *Pm23* 抗性较强,可作为有效的抗病基因加以利用。在本研究中,2005—2007 年出现了对抗性基因 *Pm21* 的有毒菌株,出现频率为 1.7%~5.8%,近几年在我国部分地区,如甘肃^[14]、山西^[15]等地区都出现了 *V21* 有毒菌株,这与 1998 年龙增栋等^[16]报道含有 *Pm21* 抗性基因的品系 P38 在贵阳花溪也发生了白粉病的结果相佐。至于 2008 年没有测到 *V21* 毒性菌株,作者认为:*V21* 的毒性频率很低,在 2008 年广大华北平原冬麦区白粉病发生很轻的情况下,没有被测到,应是正常现象。总之,*V21* 毒性基因的出现充分表明,寄主对小麦白粉病菌的选择非常迅速,病菌群体毒性随寄主的变化而产生变异的速度非常快。虽然小麦白粉病菌毒性基因在很大程度上可以联合致病,但在鉴定过程中含有抗性基因组合的品种,如 Maris Huntsman (*Pm2 + 6*) 和肯贵阿 (*Pm4 + 8*),其抗性较仅含单个抗性基因的品种好,因此在抗病育种过程中应尽可能采用多抗性基因组合的品种,并加强对小麦白粉病菌的毒性监测,及时调整或轮换品种(基因),从而有效地避免白粉病的流行。

参 考 文 献 (References)

- [1] 杨家书,葛泉卿,吴畏,等. 东北春麦区小麦白粉菌的侵染循环. 植物病理学报,1992,22(1):35-40
- [2] 张增艳,陈孝,张超,等. 分子标记选择小麦抗白粉病基因 *Pm4b*、*Pm13* 和 *Pm21* 聚合体. 中国农业科学,2002,35(7):789-793
- [3] 段霞瑜,周益林,盛宝钦. 我国主要麦区小麦白粉菌毒性现状. //程登发. 植物保护 21 世纪展望. 北京:中国科学技术出版社,1998:246-249
- [4] 杨家书,曹远银,王志民,等. 中国东北小麦白粉菌 (*Blumeria graminis* Dc. Speer) 毒力频率分析. 沈阳农业大学学报,1994,25(3):245-249
- [5] Yang J, Cao Y. Analysis of virulence frequencies of wheat powdery mildew and practical value of *Pm* genes in North Eastern China. Cereal Rusts & Powdery Mildews Bulletin, 1994, 22(1):9-14
- [6] 魏松红,王罡,张领兵,等. 东北春麦区小麦白粉病菌生理小种鉴定及其 RAPD 分析. 吉林农业大学学报,2001,23(2):35-37
- [7] 魏松红,曹远银,牟连晓. 东北春麦区小麦白粉病菌生理小种鉴定及毒性基因分析. 植物保护学报,2006,33(1):27-31
- [8] 迟文娟,曹远银,朱桂清,等. 2004—2005 年北方部分麦区白粉病菌小种动态及流行相关区品种抗性分析. 植物保护学报,2007,34(6):567-572
- [9] 季宏平,孟庆林,王芊,等. 黑龙江省小麦白粉病菌毒性结构和毒力频率初步研究. 中国农学通报,2003,19(4):110-112
- [10] 曹远银,于基成,刘秋,等. 小麦白粉病纯化菌种保存方法. 植物保护学报,2005,32(3):271-274
- [11] Gilmour J. Octal nation for designating physiologic races of plant pathogens. Nature, 1973, 242: 620
- [12] 盛宝钦,向齐君,段霞瑜,等. 我国小麦白粉病小种毒力变异动态简报. 植物保护,1995,21(1):4
- [13] 陈新民,崔淑兰,张文祥,等. 4 个冬小麦新品系抗白粉病基因的鉴定. 植物病理学报,2002,32(2):138-141
- [14] 王龙,王生荣,甘丽萍,等. 甘肃中西部春小麦白粉菌群体毒性分析. 西北农业学报,2005,14(1):106-110
- [15] 武英鹏,原宗英,李艳芳. 山西省不同生态区小麦白粉病菌毒性监测研究. 中国生态农业学报,2005,13(2):62-64
- [16] 龙增栋,何庆才,廖玉梅. 小麦白粉病抗源贵农 21 在育种中的利用. 贵州农业科学,1998,26(1):17-20

[1] 杨家书,葛泉卿,吴畏,等. 东北春麦区小麦白粉菌的侵染循