

2001~2005年陕西省小麦条锈菌生理小种变化动态^{*}

王保通, 李高宝, 李 强, 王 芳, 康振生

(西北农林科技大学 植保学院与陕西省农业分子生物学重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 为掌握小麦条锈菌种群动态, 2001~2005年对采自陕西省7市20个县(区)主栽小麦品种和后备小麦品种苗期和成株期的条锈菌标样1101份进行了鉴定。结果表明, 2001~2005年陕西省共监测到已知条锈菌生理小种和致病类型26个, 分别为条中22、23、26、27、28、29、31、32号, Hybrid46-4、5、6、7、8, 水源11-1、2、3、4、5、6、7、8、10、11、12、13、14。其中条中31号以前的生理小种已成为次要小种或稀有小种, 条中32号出现频率一直居各小种首位, 成为绝对的优势小种; Hybrid46类群和水源11类群为绝对的优势小种类群, 频率总和维持在90%左右, 成为优势种群。从变化趋势看, Hybrid46类群出现频率逐年下降, 水源11类群出现频率逐渐上升。

[关键词] 小麦; 条锈病; 条锈菌; 生理小种; 陕西省

[中图分类号] S435.121.4⁺2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)03-0209-04

Population changes of stripe rust fungus of wheat in Shaanxi province during 2001- 2005

WANG Bao-tong, LI Gao-bao, LI Qiang, WANG Fang, KANG Zhen-sheng

(College of Plant Protection, Shaanxi Key Laboratory of Molecular Biology for Agriculture, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract: In order to investigate pathogenic changes of stripe rust fungus of wheat, 1101 samples collected from 20 counties of 7 cities in Shaanxi province during 2001- 2005 were identified on 17 differential hosts, namely Trigo Eureka (Yr6), Fulhard, Lutescens 128, Montana, Virgilio, Abbonanza, Early Premium, Funo (YrA), Danish 1 (Yr3), Jubileina 2, Fengchan 3 (Yr1), Lovrin13 (Yr9), Kangyin 655, Shuiyuan 11, Zhong 4, Lovrin10 (Yr9) and Hybrid 46 (Yr3 b+ 4b), and consequently 26 races and pathotypes were detected, namely CY22, 23, 26, 27, 28, 29, 31, 32, Hybrid46-4, 5, 6, 7, 8, Shuiyuan11-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14. The races appearing before CY31 became subordinate races or rare races. The virulence rate of CY32 was the highest and became the dominant race in 2001- 2005. The Hybrid46 group and Shuiyuan11 group were the dominant groups, the frequency total of the two groups kept stable about 90%. The variation trend of the two groups was: the virulence rate of Hybrid46 declined, while the rate of Shuiyuan11 group increased gradually.

Key words: wheat; stripe rust; *Puccinia striiformis*; physiologic race; Shaanxi province

小麦条锈病(*Puccinia striiformis* West)一直是威胁我国小麦生产最重要的病害之一。种植抗病品种是防治该病经济、有效、环境安全的可持续措施之一, 然而品种抗性屡屡“丧失”已成为抗性利用的瓶

颈^[1-2]。研究表明, 小麦条锈菌群体结构的改变(包括新小种出现)是每一轮小麦品种抗性丧失的根本原因^[3]。因此, 系统监测小麦条锈菌群体结构变化和生产品种的抗锈性显得十分重要, 是一项不可缺少的

^{*} [收稿日期] 2006-09-06

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目(2001BA509B03); 陕西省科技攻关项目(2003K02-G10-01); 教育部长江学者和创新团队发展计划项目(200558)

[作者简介] 王保通(1964-), 男, 陕西合阳人, 教授, 主要从事小麦条锈病生理小种监测和抗性机制研究。E-mail: wangbt@nwsuaf.edu.cn

基础性工作。陕西地处我国小麦条锈菌菌源基地的甘肃陇南天水地区与广大黄淮冬麦区的“桥梁地带”,对我国条锈病的大范围流行起着重要作用。掌握该地区小麦条锈菌生理小种群结构动态,可为我国小麦条锈病的预测预报、抗病品种合理布局和调整、超前育种等相关工作提供科学依据,是治理小麦条锈病的重要环节。为此,本研究总结了陕西省 2001~2005 年小麦条锈菌生理小种群结构变异动态。

1 材料与方法

1.1 病菌标样的采集、保存、繁殖和鉴定

小麦条锈菌标样主要采自陕西省小麦条锈病发生的汉中、安康、宝鸡、咸阳、西安、渭南、杨凌等 7 个地市 20 个县(区),另外还有甘肃陇南毗邻陕西的部分地区的少数标样。标样主要在秋苗、春季成株和夏季自生麦苗采集。标样鉴定在西北农林科技大学植保学院太白山锈病试验站进行。菌系的保存、繁殖、接种和鉴定参考万安民等^[4]的方法。温室平均温度保持在 (14 ± 3) °C,光照 10~14 h/d,采用自然光。

1.2 鉴别寄主

采用全国通用鉴别寄主,包括 Trigo Eureka、

表 1 2001~2005 年陕西省小麦条锈菌标样采集数量及分布

Table 1 Numbers and distributing of samples of *Puccinia striiformis* collected during 2001-2005 in Shaanxi

年份 Year	标样数 No. of samples	采集地区 Places of samples collected							
		汉中 Hanzhong	安康 Ankang	宝鸡 Baoji	杨凌 Yangling	咸阳 Xianyang	西安 Xi'an	渭南 Weinan	甘肃 Gansu
2001	171	12	24	91	25	3	9	7	-
2002	231	59	-	101	17	7	6	-	41
2003	205	-	-	171	34	-	-	-	-
2004	287	19	-	224	31	-	-	-	13
2005	207	-	-	164	11	14	-	-	18
合计 Total	1 101	90	24	751	118	24	15	7	72
占总数百分比/% Percentage		8.17	2.18	68.21	10.72	2.18	1.36	0.64	6.54

在 1 101 份小麦条锈菌标样中,共监测出已知的小种类型有 26 个,分别是条中 22、23、26、27、28、29、31、32 号,Hybrid46-4、5、6、7、8,水源 11-1、2、3、

表 2 2001~2005 年陕西省小麦条锈菌各生理小种出现类型

Table 2 Numbers of races and pathotypes of *Puccinia striiformis* in 2001-2005 in Shaanxi province

年份 Year	C22	C23	C26	C27	C28	C29	C31	C32	H4	H5	H6	H7	H8	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S10	S11	S12	S13	S14
2001							+	+		+			+				+	+	+			+		+	+	
2002	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+			+	+	+		+	+	
2003	+	+	+			+	+	+		+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	
2004	+	+	+			+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2005	+	+			+	+	+	+						+			+			+	+	+	+	+	+	

注: +. 表示监测到的小种; C: CYR; H: Hybrid46; S: 水源 11。

Note: +. means presence of pathologic race; C: CYR, H: Hybrid46, S: Shuiyuan11

Fulhard、保春 128、南大 2419、维尔、阿勃、早洋、阿夫、丹麦 1 号、尤皮 II 号、丰产 3 号、洛夫林 13、抗引 655、水源 11、中四、洛夫林 10 和 Hybrid 46 等 17 个小麦品种。

1.3 反应型分级

反应型分 0, 0₁, 1, 2, 3, 4 共 6 级。0~2 级为抗病(R), 3~4 级为感病(S)。

2 结果与分析

2.1 小麦条锈菌生理小种群动态变化

在鉴定的 5 年中,陕西省小麦条锈病除 2001 年轻发生外,其余 4 年均连续中度偏重发生,陕南部分地区大流行。但考虑到关中地区为陕西的小麦主产区,所以标样主要以关中地区靠近甘肃天水小麦条锈菌菌源基地的宝鸡市为主,中部地区和东部地区小麦条锈病发生逐渐变轻,所以标样也较少,监测结果能真实反映来自甘肃天水越夏区的小麦条锈菌生理小种在陕西省小麦主产区的种群变化动态。5 年共采集并鉴定小麦条锈菌标样 1 101 份(表 1)。

4、5、6、7、8、10、11、12、13、14。陕西省不同年份出现的生理小种类型见表 2。

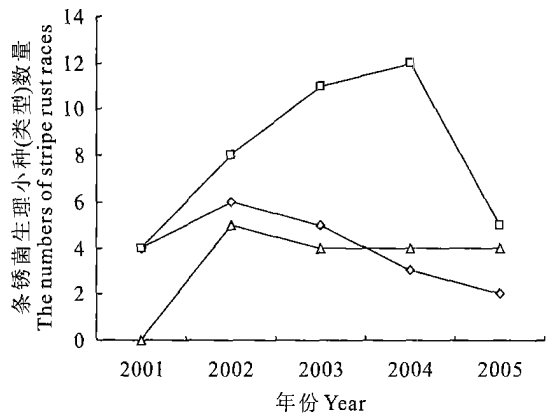


图 1 2001~ 2005 年小麦条锈菌生理小种群体数的变化
- ◆ - . Hybrid46 类群; - □ - . 水源 11 类群; - △ - . 其他小种

Fig 1 Changes of number of races or pathotypes during 2001- 2005

- ◆ - . Group of HY; - □ - . Group of SU; - △ - . Others

从表 2 可以看出,从 2001~ 2004 年,在鉴定标样中小麦条锈菌生理小种类型数逐年增加,小种类型由简单到复杂,2001 年的标样只有 Hybrid46 类群与水源 11 类群;2002 年的标样种类明显增多,主要以 Hybrid46 类群及条中 31 号以前的小种为主,水源 11 类群所占比例相对较低;2003 和 2004 年,Hybrid46 类群及条中 31 号以前小种明显减少,而水源 11 类群出现的小种类型逐年增多(图 1);2005 年标样中的小种类型又趋于集中和简单,Hybrid46 类群和光源 11 类群的小种类型数均明显下降,主要集

表 3 2001~ 2005 年陕西省小麦条锈菌主要生理小种出现频率的变化

Table 3 Changes of the frequency of stripe rust races or pathotypes during 2001- 2005 in Shaanxi province

年份 Year	标样份数 Samples	小种类型数 A number of races	出现频率/% Frequency of races or pathotypes									
			C22	C29	C31	C32	H7	S4	S7	S14	Hybrid46 类群 Group of HY	水源 11 类群 Group of SU
2001	171	10	0	0	8.77	46.78	0	27.48	0	6.43	56.72	43.27
2002	231	19	3.03	2.16	5.19	66.23	2.16	3.89	2.16	7.79	76.19	16.88
2003	205	20	0.48	0.97	4.39	46.34	1.95	7.31	3.90	11.21	55.12	41.95
2004	287	20	1.74	2.09	0.69	33.44	0.69	7.66	6.29	4.18	35.19	55.05
2005	207	11	0.96	1.93	8.69	36.71	0	0.48	0	23.18	45.41	48.30

2.3 不同地区小麦条锈菌生理小种变异动态比较
陕南和关中秦岭阻隔成两个不同的气候带,陕南盆地为北亚热带湿润气候,山地大部分为暖温带湿润气候,气候湿润,与四川北部地区气候相似,小麦品种全部来自四川;关中地区则为暖温带半干旱或半湿润气候,气候较干燥,小麦品种来自陕西关中地区的主要育种单位,因此与陕南的小麦品种含有不同的抗病基因。甘肃天水地区是小麦条锈菌的越冬基地和新小种策源地。从表 4 可以看出,不同地

中在水源 11 类群以及 Hybrid46 类群的条中 31 号和条中 32 号。表明陕西省小麦条锈菌生理小种类型经历了由简单到复杂,再由复杂到相对单一和集中的趋势,这也是造成陕西省主栽小麦品种抗性全面丧失的原因之一。

2.2 小麦条锈菌生理小种出现频率的变化

从表 3 可以看出,在 2001~ 2005 年,陕西省小麦条锈菌生理小种主要集中在 Hybrid46 类群和光源 11 类群,其他小种已经成为次要小种或稀有小种。其中条中 32 号成为绝对的优势生理小种,出现频率在 2001 年为 46.78%,到 2002 年达到最大值,出现频率为 66.23%,2002 年以后有下降趋势,但仍然是近几年的优势小种。经测定条中 32 号对 Yr1、2、3、4、6、9、15、27、A、A1b、C1e、CV、Gaby、Res、SD、SpP 和 SO 17 个抗性基因有毒性,而且除小麦品种“中四”外,条中 32 号对我国现用的所有鉴别寄主均有毒性,说明条中 32 号的毒性谱较宽。从 Hybrid46 类群和光源 11 类群总的出现频率来看,Hybrid46 类群有下降趋势,而光源 11 类群有逐年上升趋势。光源 11 类群中的类型 4 和类型 14 的出现频率在该类群中所占比例较大,有望成为今后的优势小种。这种变化与我国小麦群体中抗条锈遗传背景的变化密切相关。从毒性基因出现频率衡量认为,与之对应的上述抗性基因已经失效,应避免单独使用,但由于目前抗源基因匮乏,可考虑与其他基因聚合利用。

表 3 2001~ 2005 年陕西省小麦条锈菌主要生理小种出现频率的变化

Table 3 Changes of the frequency of stripe rust races or pathotypes during 2001- 2005 in Shaanxi province

年份 Year	标样份数 Samples	小种类型数 A number of races	出现频率/% Frequency of races or pathotypes									
			C22	C29	C31	C32	H7	S4	S7	S14	Hybrid46 类群 Group of HY	水源 11 类群 Group of SU
2001	171	10	0	0	8.77	46.78	0	27.48	0	6.43	56.72	43.27
2002	231	19	3.03	2.16	5.19	66.23	2.16	3.89	2.16	7.79	76.19	16.88
2003	205	20	0.48	0.97	4.39	46.34	1.95	7.31	3.90	11.21	55.12	41.95
2004	287	20	1.74	2.09	0.69	33.44	0.69	7.66	6.29	4.18	35.19	55.05
2005	207	11	0.96	1.93	8.69	36.71	0	0.48	0	23.18	45.41	48.30

区标样类型和出现频率趋势变化差异不明显,表明这 3 个地区的小麦品种虽然来源不同,但从抗源来看差异不大。条中 31 号以前的生理小种处于低频率的状态,已经成为次要小种或稀有小种,在陕南标样中条中 31 号处于下降趋势,2004 年则未监测到;在关中标样中条中 31 号处于低频率下降趋势,仅在 2005 年有所增加;在天水标样中条中 31 号只有 2002 年出现 4.88%,2004 和 2005 年则未监测到。条中 32 号在 3 个地区均表现出较高频率的状态,但

出现频率均有逐渐下降趋势,表明条中 32 号在这 5 年间为陕西省小麦条锈菌的主要优势小种,出现频率却逐渐下降。在水源 11 类群中,水源 11-4 和水源 11-14 出现频率相对较高,水源 11-14 出现频率有上升趋势,但陕南的标样中变化趋势不明显。从总的趋

势看,这 3 个地区的标样中,Hybrid46 类群和水源 11 类群出现频率处于绝对的优势地位,3 个地区的频率变化差异不大,表现为 Hybrid46 类群出现频率有下降趋势,水源 11 类群出现频率则有上升趋势。

表 4 2001~2005 年陕南、关中和甘肃天水小麦条锈菌主要生理小种变异动态比较

Table 4 Comparison of dynamic variation of main physiologic stripe ruast races in Shanan, Guanzhong and Tianshui in 2001-2005

地区 A reas	年份 Years	C22	C29	C31	C32	H7	S4	S7	S14	Hybrid46 类群 Group of HY	水源 11 类群 Group of SU
陕南 Shaan nan	2001	0	0	16 67	36 11	0	19 44	0	5 55	52 78	47 22
	2002	6 78	0	8 47	61 02	5 08	1 68	0	6 78	81 36	8 47
	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2004	5 26	5 26	0	26 32	0	1 05	1 05	1 05	26 32	63 16
	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
关中 Guanzhong	2001	0	0	6 67	49 63	0	29 63	0	6 67	57 78	42 22
	2002	1 53	2 29	3 82	71 75	0	4 58	3 05	3 82	77 10	15 50
	2003	0 48	0 97	4 39	46 34	1 95	7 31	3 90	11 21	55 12	41 95
	2004	1 57	1 96	0 78	34 51	0 78	7 45	5 88	3 14	36 47	53 73
	2005	1 06	2 17	9 52	35 98	0	0 53	0	21 69	45 50	48 68
天水 Tianshui	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2002	2 44	4 88	4 88	56 10	4 88	4 88	2 44	12 20	65 85	26 83
	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2004	7 69	0	0	23 08	0	7 69	7 69	15 38	23 08	69 23
	2005	0	0	0	44 44	0	0	0	38 89	44 44	55 56

3 讨 论

小麦条锈病属大区流行性病害,历次小麦条锈病的大流行均是由于新的小麦条锈菌生理小种的产生并成为优势小种,从而导致主栽小麦品种抗性全面“丧失”。因此,做好小麦条锈菌生理小种监测是一项长期的基础性研究工作,也是一项各地区相互合作的公益性研究^[5-9]。陕西省地处我国小麦条锈菌菌源基地的甘肃陇南地区和广大黄淮冬麦区的接合部位,也是条锈病流行的重要“桥梁”地带。因此,掌握该地区小麦条锈菌生理小种变异动态,不仅可以了解条锈菌菌源基地的生理小种在陕西的适应性,同时为黄淮冬麦区预测优势小种类群提供科学依据。

历史事实和实验证明,小麦条锈病菌是不断变异且无方向性的,但寄主选择是定向的。因此并非所有新小种都能发展成主要流行小种。新小种从出现,经过菌源量积累、扩展,发展为主要流行小种,一般需要 3~5 年,继而便导致一批小麦品种“丧失”抗性。超前预测新小种能否成为未来主要流行小种将为小麦育种学家提供抗源选择依据,以便针对性和有目标的选择抗源,提前进行预见性抗病育种,及时调整品种布局。但是目前我国抗条锈性资源匮乏,一

旦有新的抗病资源,各地育种单位都相继使用,造成了大面积育成品种抗源单一,这也是造成我国 2002~2005 年小麦条锈病连续流行而后备品种抗锈性仍然没有根本改观的重要原因。引进和创制新的条锈病资源以及合理布局有效抗病资源,对于改变抗锈育种的被动局面非常重要。

由于条锈菌的区域、地理分布和演化影响因素的差异,造成了世界上不同地区采用不同的条锈菌生理小种鉴别寄主^[10]。目前,我国采用的这套鉴别寄主,条中 32 号除对“中四”无毒外,对其余鉴别品种全部感染,因此,现有鉴别寄主对于新小种的鉴别能力已经非常有限,在抗源材料圃中明显能观察到,同一材料在不同年份自然发病条件下其抗锈性截然不同,但把这些标样采集后用现有鉴别寄主进行鉴定,结果并未发现生理小种类型有明显变化,这可能是由于现有鉴别寄主对新小种类型鉴别能力的局限性所致。因此,建议增加近年来新育成小麦品种中含有新的抗锈基因的载体品种为鉴别寄主,补充现有鉴别寄主鉴别能力的不足,如含有 Yr5、Yr10、Yr15 等抗锈基因的小麦品种。

(下转第 216 页)

大豆叶片 POD 和 PPO 活性。上述结果与本文对烟草花叶病毒的研究结果一致。这表明壳寡糖诱导烟草对 TMV 的抗性,可能与植物体内活性氧代谢、酚类物质氧化及木质素合成有关。

壳寡糖具有诱导植物抗病性和调节植物生理活性的广泛作用,需要对其作用机制进行更深入的研究,并提出适宜的田间应用技术。

[参考文献]

- [1] 胡志鹏 壳寡糖的研究进展[J]. 中国生化药物杂志, 2003, 24(4): 210-212
- [2] 黄艳青, 庄敬华, 高增贵, 等 木霉菌诱导甜瓜抗枯萎病相关防御反应酶系的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(5): 546-549
- [3] 蒲金基, 刘晓妹, 曾会才, 等 2 种激发子对西瓜枯萎病的诱抗作用[J]. 热带作物学报, 2003, 24(3): 47-50
- [4] 胡 健, 姜涌明, 殷士学 壳聚糖抑制植物病原菌生长的研究[J]. 扬州大学学报: 自然科学版, 2000, 3(2): 42-44
- [5] Pospieszny H. Antiviral activity of chitosan[J]. Grop Protection, 1997, 16(2): 105-106
- [6] 纪明山, 陈 捷, 程根武, 等 壳聚糖浸种对玉米幼苗根系中几种防御酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(3): 200-203
- [7] 李落叶, 郭 萍, 井金学, 等 低聚糖诱导小麦抗条锈性及相关酶活性变化研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(10): 1784-1787.
- [8] 商文静, 赵小明, 杜昱光, 等 壳寡糖诱导植物抗病毒病研究初报[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(5): 73-75
- [9] 郭成瑾, 商文静, 商鸿生, 等 壳寡糖诱导对烟草花叶病病情发展的影响[J]. 西北农业学报, 2006, 15(4): 14-17.
- [10] 商文静, 吴云锋, 赵小明, 等 壳寡糖诱导烟草抑制 TMV 增殖的研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(5): 88-92
- [11] Gooding G V, Hebert T T. A simple technique for purification of tobacco mosaic virus in large quantities[J]. Phytopathol, 1998, 36: 453-483
- [12] 张志良 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003
- [13] 高俊凤 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000
- [14] 李 靖, 利容千, 袁文静 黄瓜感染霜霉病菌叶片中一些酶活性的变化[J]. 植物病理学报, 1991, 21(4): 277-283
- [15] 杜昱光, 白雪芳, 赵小明, 等 壳寡糖对烟草防御酶活性及同工酶酶谱的影响[J]. 中国生物防治, 2002, 18(2): 83-86
- [16] 许艳丽, 李春杰, 李兆林, 等 寡聚糖对大豆防御酶活性的影响[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(4): 69-71

(上接第 212 页)

[参考文献]

- [1] Wan A M, Zhao Z H, Chen X M, et al Wheat stripe rust epidemic and virulence of *Puccinia striiformis* sp. *tritici* in China in 2002[J]. Plant Disease, 2004, 88(8): 896-904
- [2] 万安民, 吴立人, 金社林, 等 1997~2001 年我国小麦条锈菌生理小种变化动态[J]. 植物病理学报, 2003, 33(3): 261-266
- [3] 李 强, 王保通, 井金学, 等 2003 年陕西省小麦条锈菌生理小种鉴定分析[J]. 西北农业学报, 2004, 13(3): 43-47.
- [4] 万安民, 吴立人, 金社林, 等 中国小麦条锈菌条中 32 号的命名及其特性[J]. 植物保护学报, 2003, 30(2): 247-252
- [5] 吴立人, 杨华安, 陶碧华, 等 小麦条锈菌新小种流行预测研究[J]. 中国农业科学, 1991, 24(5): 59-63
- [6] 杨家秀, 李 晓, 李云鹤, 等 四川小麦条锈菌生理小种监测及动态分析[J]. 西南农业学报, 1996, 10(增): 23-26
- [7] 王保通, 李高宝, 李 强, 等 2002 年陕西省小麦条锈病发生情况和生理小种监测结果[J]. 陕西农业科学, 2003(3): 1-3
- [8] 金社林, 贾秋珍, 曹世勤, 等 2000-2001 年甘肃省小麦条锈菌生理小种监测结果[J]. 甘肃农业科技, 2003(1): 48-50
- [9] 康振生, 李振岐, 商鸿生, 等 绵阳系统小麦条锈菌新菌系的发现[J]. 西北农业大学学报, 1994, 22(3): 7-11.
- [10] 万安民, 吴立人, 金社林, 等 小麦条锈菌鉴别寄主和小种命名现状[J]. 植物病理学报, 2003, 33(6): 481-486