

DOI:CNKI:61-1390/S.20111025.2130.023 网络出版时间:2011-10-25 21:30
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20111025.2130.023.html

小偃 54 高温抗条锈病基因的遗传分析

周新力¹,王保通¹,尹军良¹,王文立¹,王岭岭¹,侯冬媛¹,
侯 璐¹,姚 强²,胡茂林¹,井金学¹

(1 西北农林科技大学 旱区作物逆境生物学国家重点实验室,陕西 杨凌 712100;2 青海省农林科学院,青海 西宁 810012)

【摘要】 **【目的】**研究小偃 54 抗条锈性的遗传规律,为小麦抗条锈病基因的利用奠定基础。**【方法】**在温室以小偃 54 和感病品种铭贤 169 的杂交后代 F₁、BC₁、F₂ 和 F₃ 群体为研究对象,采用我国目前小麦条锈菌流行小种 Su-4、Su-11、CYR29、CYR30、CYR31、CYR32 和 CYR33 7 个小种对供试群体进行温室苗期和成株期测试,并分析杂交后代抗病基因的遗传规律。**【结果】**在苗期和成株期,小偃 54 在常温(夜 10 ℃/昼 18 ℃)条件下对 7 个流行小种均表现感病,而在高温(夜 18 ℃/昼 25 ℃)条件下则表现出较好的抗条锈性;小偃 54 对 CYR29 的抗条锈基因由 2 对相互抑制的基因控制,对 CYR30、CYR31 和 CYR32 的抗条锈基因由 2 对隐性基因控制。**【结论】**小偃 54 是一个典型的高温抗条锈小麦品种,并明确了其对条锈菌流行小种表现高温抗病性的基因数、显隐性和遗传方式。

【关键词】 小偃 54;小麦条锈病;高温抗条锈性;遗传分析

【中图分类号】 S435.121.4⁺2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)12-0129-05

Inheritance analyses of high-temperature resistance to stripe rust in Xiaoyan 54

ZHOU Xin-li¹,WANG Bao-tong¹,YIN Jun-liang¹,WANG Wen-li¹,
WANG Ling-ling¹,HOU Dong-yuan¹,HOU Lu¹,YAO Qiang²,
HU Mao-lin¹,JING Jin-xue¹

(1 State Key Laboratory of Crop Stress Biology in Arid Areas, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2 Qinghai Academy of Agriculture and Forestry, Xining, Qinghai 810012, China)

Abstract: **【Objective】** The research was to study the inheritance of resistance to stripe rust in xiaoyan54, which lays a foundation of utilization for the gene of wheat resistance to stripe rust. **【Method】** Xiaoyan 54 was crossed with Mingxian 169, a winter wheat genotype susceptible to 7 prevalent Chinese races of *Puccinia striiformis* f. sp. tritici. Seedlings and adult plants of the parents and F₁, BC₁, F₂ and F₃ progeny were tested with Chinese race under controlled greenhouse conditions. **【Result】** Xiaoyan 54 is susceptible to all Chinese races under normal temperature in seedling and adult plants but resistant to all races under high-temperature in seedling and adult-plant stage. Xiaoyan 54 has two mutual inhibition of resistance genes to CYR29, two recessive resistance genes to CYR30, CYR31 and CYR32. **【Conclusion】** The results clarified expression of high temperature resistant gene number, dominant or recessive of resistant genes and

* [收稿日期] 2011-05-17
[基金项目] 公益性(农业)行业科技专项(200903035-02);高等学校学科创新引智计划项目(B07049);国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A05);陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2014ZDKG-08)
[作者简介] 周新力(1977—),男,宁夏平罗人,博士,主要从事植物抗病遗传研究。E-mail:eli6951@sina.com
[通信作者] 井金学(1951—),男,陕西白水人,教授,博士,博士生导师,主要从事植物抗病性遗传研究。
E-mail:jingjinxue@163.com
王保通(1964—),男,陕西合阳人,教授,博士,博士生导师,主要从事小麦真菌病害综合治理研究。
E-mail:wangbt@nwsuaf.edu.cn

genetic mode of Xiaoyan 54 to prevalent race of PST.

Key words: Xiaoyan 54; stripe rust; high-temperature resistance; genetic analysis

小麦是我国主要的粮食作物,而小麦条锈病对我国乃至世界小麦生产影响巨大。小麦条锈病一直是威胁我国西北、西南、黄淮海等地冬麦区和西北春麦区最重要的小麦病害之一^[1]。国内外研究和生产实践证明,选育抗病品种是防治小麦条锈病最经济、安全、有效的方法^[1-2]。由于小麦条锈菌的高度变异性,特别是大面积种植单一品种,加速了病原菌小种的定向选择,哺育了优势小种种群的增长,从而导致大面积种植的抗锈品种在生产上应用较短时间之后便“丧失”了抗锈性^[2]。因此,寻找并培育高品质且具有持久抗病性的小麦品种至关重要,并已成为当前世界范围内培育抗条锈品种的关键。目前,小麦对条锈菌的抗病性可以分为 2 种类型,即全生育期抗病性(或称为苗期抗病性)和成株期抗病性(如高温成株抗病性)。全生育期抗病性通常认为是小种专化,抗病性可以在苗期检测,但在整个生育期均能表达抗病性^[3-7]。具有全生育期抗病性的品种由于其小种的专化性和其对小种的强选择压力,很容易被变异的新小种所克服。而高温成株抗病性为非小种专化,具有持久抗病性,且多数为数量性状遗传^[3-7]。高温抗锈性是在相对较高温度下,诱导植物表达的一种低反应型抗病性,可在苗期和成株期表达,具有持久抗病性的特点,并且防病保产效果显著,不同于全生育期抗病性和成株期抗病性^[8],是一种新的抗病类型。

Qayoum 等^[9]对小麦高温成株抗条锈性的研究发现,高温成株抗病性在较低的温度环境下表现中度感病,而在温度较高的环境下均对条锈菌小种表现高抗。王利国等^[10]运用田间接种筛选和室内控温鉴定等方法,对 28 个具有高温抗条锈性的小麦品种进行了研究,并根据其高温抗病性表达时期的不同,将高温抗病性划分为全生育期抗病、仅苗期抗病和仅成株期抗病 3 种类型。商鸿生等^[11]研究发现,中国小麦品种小偃 6 号在苗期和成株期高温条件下均表现抗病,认为小偃 6 号具有非小种专化抗病性,对所有小种都具有一定的抗病性,提出高温抗病性是在较高环境温度下,小麦品种表达的一种低反应型抗病性,由主效基因控制,易于鉴选和利用。小麦品种小偃 54,是李振声院士从小偃 6 号系统选育而成,该品种为冬小麦,是加工高档面包所需的优质小麦^[12]。本研究对具有高温抗条锈性小麦品种小偃

54 进行了高温抗条锈性鉴定和遗传分析,明确其抗病基因数目、显隐性和遗传方式,以期为加快选育小麦抗条锈品种和聚合不同抗病基因提供科学依据,并为小麦抗条锈病基因的利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试小麦品种小偃 54、小偃 6 号、感病亲本铭贤 169,均由西北农林科技大学植物抗病遗传实验室提供。以铭贤 169 作母本,小偃 54 作父本杂交获得 F_1 、 F_2 和 F_3 家系种子,用小偃 54 为父本进行回交得到 BC_1 代种子。由 F_2 单株收获得 F_3 家系种子。

供试小麦条锈菌生理小种 Su-4、Su-11、CYR29、CYR30、CYR31、CYR32 和 CYR33,均由西北农林科技大学植物抗病遗传实验室提供,各菌系均经国内鉴别寄主鉴定确认为单孢菌系,扩繁备用。

1.2 方 法

1.2.1 温室和田间抗病性鉴定 (1)温室苗期和成株期抗病性鉴定。将供试材料播于直径 10 cm 花盆中,抗病、感病亲本各播 20~25 粒, F_1 代播种 10 粒, BC_1 代播种 20 粒左右, F_2 代播种 200~250 粒。每盆播种 15~20 粒,抗病、感病亲本按试验处理和对照所需数量播种,覆土,浇水,放于可控制温度的温室中培养,每日光照 16 h,温度控制在 25℃ 左右;黑暗 8 h,温度控制在 15℃ 左右。待麦苗长至一叶一心期,用涂抹法接种^[13]。接种后,将麦苗放入保湿箱中喷雾保湿,温度控制在 10℃ 左右,相对湿度 100%,24 h 后取出,抗病、感病亲本置于温室中培养,每日光照 16 h,温度控制在 18℃;黑暗 8 h,温度控制在 10℃,用于常温测试;抗病、感病亲本、 F_1 、 F_2 和 BC_1 代进行高温测试,每日光照 16 h,温度控制在 28℃;黑暗 8 h,温度控制在 18℃。

成株期测试首先需将萌发的抗病亲本和感病亲本置于 4℃ 冰箱中春化 5 周,然后移栽在直径 30 cm 的大花盆中,置于可控制温度的温室中培养。植株培养 1 个月进入孕穗期以后,用新鲜的夏孢子与滑石粉以体积比 1:20 混合均匀接种,培养和接种前后的条件与苗期相同。

(2)田间抗病性测试。田间抗病性测试在陕西杨凌西北农林科技大学植物保护学院植物抗病遗传

实验室试验地进行。抗病亲本小偃 54 及感病亲本铭贤 169 各播 1 行,每行 10~15 粒,162 个 F₃ 家系每家系各点播 1 行,每行约 20 粒,播种 3 个重复。行长 1 m,行距 30 cm,每 10 行种植 1 行铭贤 169 作为感病对照和诱发行。抗病亲本及 F₃ 家系在 3 月下旬(小麦拔节后)用 CYR32 的新鲜夏孢子与滑石粉以体积比 1 : 20 混合均匀进行接种测试。待铭贤 169 充分发病后进行调查,按纯抗家系(家系均表现抗病反应)、分离家系(家系中既有抗病植株又有感病植株)和纯感家系(家系均表现感病反应)划分。

1.2.2 调查与统计分析 待感病品种铭贤 169 充分发病后(接种 18~20 d),记载反应型。调查标准在传统的 6 级基础上进行,用“+”、“-”进一步划分为 11 级^[14]。根据双亲、F₁ 和 F₂ 代侵染型级别及各级侵染型数目将 0~2⁺ 反应型植株划分为抗病类型,3⁻~4 反应型划为感病类型;F₃ 家系按纯抗家

系、分离家系和纯感家系划分,依抗感类型数目计算分离比例。用 χ^2 适合性测验确定最合适的分离比例,以明确小偃 54 对特定小种的抗条锈病基因数目、互作方式及抗病特点。

2 结果与分析

2.1 小偃 54 苗期和成株期温室的抗病性

由表 1 可见,在常温条件下(夜/昼,10 ℃/18 ℃),苗期和成株期小偃 54 和小偃 6 号对 7 个小种的反应型为 3 或 4 型,与感病对照铭贤 169 反应型相同。在高温条件下(夜/昼,18 ℃/25 ℃),铭贤 169 苗期和成株期均表现感病(IT4),而小偃 54 和小偃 6 号苗期和成株期均表现抗病。上述结果表明,小偃 54 的抗条锈性属于全生育期高温抗锈类型。

表 1 常温和高温处理下小偃 54、小偃 6 号和铭贤 169 苗期与成株期对小麦条锈菌流行小种的抗性评价

Table 1 Resistance evaluation of Xiaoyan 54,Xiaoyan 6 and Mingxian 169 to the seven prevalent races of stripe rust in seedling stage and adult-plant

小种 Race	品种 Cultivar	苗期 Seedling		成株期 Adult plant	
		常温处理	高温处理	常温处理	高温处理
		Low temperature 10 ℃/18 ℃	High temperature 18 ℃/28 ℃	Low temperature 10 ℃/18 ℃	High temperature 18 ℃/28 ℃
条中 29 CYR29	小偃 54 Xiaoyan 54	3	0;	3	0;
	小偃 6 号 Xiaoyan 6	3	0;	3	0;
	铭贤 169 Mingxian 169	4	4	4	4
条中 30 CYR30	小偃 54 Xiaoyan 54	4	0;	3	0;
	小偃 6 号 Xiaoyan 6	4	0;	3	0;
	铭贤 169Mingxian 169	4	4	4	4
条中 31 CYR31	小偃 54Xiaoyan 54	4	0;	4	0;
	小偃 6 号 Xiaoyan 6	4	1	4	0;
	铭贤 169Mingxian 169	4	4	4	4
条中 32 CYR32	小偃 54Xiaoyan 54	4	1	4	2
	小偃 6 号 Xiaoyan 6	4	2	4	2
	铭贤 169 Mingxian 169	4	4	4	4
条中 33 CYR33	小偃 54 Xiaoyan 54	3	0;	3	0;
	小偃 6 号 Xiaoyan 6	3	0;	3	0;
	铭贤 169Mingxian 169	4	4	4	4
水源-4 Su-4	小偃 54 Xiaoyan 54	3	0;	4	0;
	小偃 6 号 Xiaoyan 6	3	0;	4	0;
	铭贤 169 Mingxian 169	4	4	4	4
水源-11 Su-11	小偃 54 Xiaoyan 54	3	0;	3	0;
	小偃 6 号 Xiaoyan 6	3	0;	3	0;
	铭贤 169 Mingxian 169	4	4	4	4

2.2 小偃 54 抗条锈基因的遗传分析

由表 2 可以看出,接种 CYR29 的 F₁ 和以小偃 54 为轮回亲本的 BC₁ 植株均表现抗病,说明有显性基因作用;在 F₂ 代中,抗病株为 178,感病株为 50,分离比例为 13 : 3,符合 2 对具有抑制作用基因的遗传规律。接种 CYR30 的 F₁ 植株均表现感病;

BC₁ 代中,抗病株为 13 株,感病株为 5 株,符合隐性基因遗传的规律;F₂ 代中,抗病株为 101,感病株为 126,分离比例为 7 : 9,符合 2 对重叠或独立的隐性基因的遗传规律。接种 CYR31 的 F₁ 植株均表现感病;BC₁ 代中,抗病株为 14 株,感病株为 6 株,符合隐性基因遗传的规律;F₂ 代中,抗病株为 99,感病株

为 137,分离比例为 7∶9,符合 2 对重叠或独立的隐性基因的遗传规律。接种 CYR32 的 F₁ 植株均表现感病;BC₁ 代中,抗病株为 18 株,感病株为 5 株,符合隐性基因遗传的规律;F₂ 代中,抗病株为 96,感病株为 131,分离比例为 7∶9,符合 2 对重叠或独立的

隐性基因的遗传规律。综合以上分析可以得出,小偃 54 对 CYR29 的抗病性由 2 对互相抑制的抗病基因控制;对 CYR30、CYR31 和 CYR32 的抗病性均由 2 对重叠或独立的隐性基因控制。

表 2 高温处理下小偃 54 和铭贤 169 杂交 F₁、BC₁ 和 F₂ 苗期对 4 个小麦条锈菌流行小种的抗性反应

Table 2 Infection types of seedling stage of parents and F ₁ ,BC ₁ and F ₂ generations from cross Mingxian 169/Xiaoyan 54 to four prevalent <i>P. striiformis tritici</i> races under high-temperature in the greenhouse															
小种 Race	后代 Progeny	侵染型 Infection type										抗感比 Ratio of R : S	卡方值 χ ² Value	P 值 P value	
		抗病 Resistant					感病 Susceptible								
		0	0	0 ⁺	1	1 ⁺	2	2 ⁺	3 ⁻	3	3 ⁺	4			
条中 29 CYR29	F ₁			2		3	3								
	BC ₁		4		5	6	8	1							
	F ₂	7	68	42	14		22	25	28	16	2	4	13 : 3	1.31	0.22
条中 30 CYR30	F ₁								2	4	1	1			
	BC ₁			2	4	5	2			2	3	2	3 : 1	0.01	0.78
	F ₂	1	7	6	13	29	27	18	26	45	33	2	7 : 9	0.03	0.82
条中 31 CYR31	F ₁								2		4				
	BC ₁			2	3	5	4			4	2	2	3 : 1	0.07	0.61
	F ₂		4	6	10	15	38	26	39	46	32	0	7 : 9	0.24	0.58
条中 32 CYR32	F ₁									3	2				
	BC ₁				3	5	9	1		1	4		3 : 1	0.01	0.72
	F ₂		3	1		9	53	30	35	22	74		7 : 9	0.14	0.66

在田间用 CYR32 测试的结果(表 3)表明,小偃 54 在孕穗、抽穗期后叶片上的孢子堆周围明显褪绿或出现坏死斑,表现抗病,反应型为 1,然而铭贤 169

表现完全感病,反应型为 4。162 个 F₃ 家系的分离比例为 7(纯抗家系 68 个)∶8(分离家系 81 个)∶1(纯感家系 13 个),符合 2 对基因的分离比例。

表 3 小偃 54 与铭贤 169 杂交 F₃ 代对 CYR32 抗性的分离比

Table 3 Segregation of stripe rust reactions in F ₃ progeny from cross Mingxian 169/Xiaoyan 54 to CYR32 in the field							
杂交组合 Parent/progeny	调查植株数 Observed no. of plants or lines			期望值 Expected ratio (R∶S)	基因数 No. of genes	卡方值 χ^2 Value	P 值 P Value
	抗病家系 Resistant	分离家系 Segregating	感病家系 Susceptible				
铭贤 169 Mingxian 169			20				
小偃 54 Xiaoyan 54	20						
铭贤 169/小偃 54 F ₃ Mingxian 169/Xiaoyan 54 F ₃	68	81	13	7∶8∶1	2	0.93	0.63

3 讨 论

高温抗条锈性是一种新的抗病类型,其表达的生育阶段为苗期至成株期,即全生育期表达;表达的温度条件为 18 ℃时开始由感病转变为抗病反应^[8]。马青等^[15]以高温抗锈品种小偃 6 号为试材,以高感品种铭贤 169 为对照,分别接种不同条锈菌生理小种和类型,证实小麦高温抗条锈性不具有小种专化性。因为其表现为非小种专化抗病性,全生育高温抗病性可能具有持久抗病性的特点,小偃 54 自从推广应用以来,在田间一直保持抗病性已超过 14 年之久,有效控制了条锈病的发生。

小偃 54 在低温和高温条件下苗期和成株期的抗病性,证实其在高温条件下对多个条锈菌小种表现出高度抗病性,是典型的高温抗病品种,可作为一个重要抗病种质资源加以利用。利用经典遗传学分析证明,小偃 54 对 CYR29 的抗锈性由 2 对具有抑制作用的抗病基因控制;对 CYR30、CYR31 和 CYR32 的抗病性均由 2 对重叠或独立的隐性基因控制,明确了小偃 54 号在高温条件下的遗传规律,为进一步研究奠定了基础,同时该结果也是研究高温诱导条件下抗病基因抗病机制的必要前提。

4 结 论

明确了小偃 54 是一个典型的高温抗锈性品种,

本研究利用 7 个小麦条锈菌流行小种,评价了

对多个条锈菌生理小种表现出高温抗病性;小偃 54 对 CYR29 的高温抗锈性由 2 对具有抑制作用的抗病基因控制;对 CYR30、CYR31 和 CYR32 的抗病性均由 2 对重叠或独立的隐性基因控制。

[参考文献]

[1] 李振岐,曾士迈. 中国小麦锈病 [M]. 北京:中国农业出版社, 2002:182-183.
Li Z Q,Zeng S M. Wheat rust diseases in China [M]. Beijing: China Agricultural Press,2002:182-183. (in Chinese)

[2] Wan A M,Zhao Z H,Chen X M,et al. Wheat stripe rust epidemic and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in China in 2002 [J]. Plant Dis,2004,88:896-904.

[3] Chen X M. Epidemiology and control of stripe rust on wheat [J]. Can J Plant Pathol,2005,27:314-337.

[4] Chen X M,Moore M K. Epidemics and races of *Puccinia striiformis* in North America in 2001 [J]. Phytopathology,2002,92:14-15.

[5] Chen X M,Moore M,Milus E A,et al. Wheat stripe rust epidemics and races of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in the United States in 2000 [J]. Plant Dis,2002,86:39-46.

[6] Cheng P,Chen X M. Molecular mapping of a gene for stripe rust resistance in spring wheat cultivar IDO377s [J]. Theor Appl Genet,2010,121:195-204.

[7] Lin F,Chen X M. Genetics and molecular mapping of genes for race-specific all-stage resistance and non-race specific high temperature adult-plant resistance to stripe rust in spring wheat cultivar Alpowa [J]. Theor Appl Genet,2007,114:1277-1287.

[8] 商鸿生. 小麦对条锈病的高温抗病性研究 [J]. 中国农业科学, 1998,31(4):46-50.
Shang H S. High temperature resistance of wheat to stripe rust [J]. Scientia Agricultura Sinica,1998,31(4):46-50. (in Chinese)

[9] Qayoum A,Line R F. High-temperature,adult-plant resistance

to stripe rust of wheat [J]. Phytopathology,1985,75:1121-1125.

[10] 王利国,商鸿生,井金学. 高温抗条锈性小麦品种的筛选和鉴定 [J]. 西北农业学报,1995,4(1):35-38.
Wang L G,Shang H S,Jing J X. Screening and identification of wheat varieties with high-temperature resistance to stripe rust [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,1995,4(1):35-38. (in Chinese)

[11] 商鸿生,王利国,陆和平,等. 小麦对条锈病高温抗病性表达规律的研究 [J]. 植物保护学报,1997,24(2):97-100.
Shang H S,Wang L G,Lu H P,et al. Characteristics of expression of high-temperature resistance to stripe rust in wheat [J]. Journal Plant Protection,1997,24(2):97-100. (in Chinese)

[12] Wang X Y,Liu K F,Guo W Z. Cloning and expression of low molecular weight glutenin genes from the Chinese elite wheat cultivar “Xiaoyan 54” [J]. J Int Plant Biol,2006,48(2):212-218.

[13] 李振岐,商鸿生. 小麦锈病与防治 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1989.
Li Z Q,Shang H S. Wheat rusts and their control [M]. Shanghai:Shanghai Science and Technology Press,1989. (in Chinese)

[14] 张敬原,徐世昌,张书绅,等. 重要抗源京核 8811 品系抗小麦条锈病主效基因的单体分析 [J]. 作物学报,2001,27(3):273-277.
Zhang J Y,Xu S C,Zhang S S,et al. Monosomic analysis of resistance to stripe rust for source wheat line Jinghe 8811 [J]. Acta Agron Sin,2001,27(3):273-277. (in Chinese)

[15] 马 青,商鸿生. 小偃系列小麦品种对条锈病的高温抗病性研究 [J]. 西北农业学报,2000,9(1):39-42.
Ma Q,Shang H S. High-temperature resistance of wheat cultivar Xiaoyan series to wheat stripe rust [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2000,9(1):39-42. (in Chinese)