

小麦品种‘Waikea’抗条锈病基因的遗传分析

曾海婷^{1,2}, 冯 晶^{2*}, 蔺瑞明², 许玉凤^{1,2*}, 林 凤^{1,2}, 徐世昌²

(1. 沈阳农业大学, 沈阳 110866;

2. 中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要 ‘Waikea’是当前美国西北部地区大面积种植的小麦品种,研究证实该品种对中国条锈菌小种 CYR31、CYR32 及 CYR33 三种菌的混合菌苗期表现为感病,成株期表现免疫的抗性水平。采用苗期室内潜育期变温处理方法(常温昼 15 ℃,夜 10 ℃和高温昼 24 ℃,夜 18 ℃)对 3 个小种分别进行抗病性鉴定,明确其是否含有温敏微效基因,田间成株期抗性鉴定对其成株抗病基因进行遗传分析。结果表明‘Waikea’不含温敏微效抗病基因,至少含有一显一隐 2 对成株期主效抗病基因,以重叠或独立方式控制抗病性。美国西北部小麦品种‘Waikea’含有成株抗病基因,成株期对中国当前流行小种 CYR33 表现高抗,建议在抗病育种中加以充分利用。

关键词 Waikea; 小麦条锈病; 抗病性; 遗传分析

中图分类号: S 435.121.42 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2013.02.021

Genetic analysis of resistance genes to stripe rust in the wheat variety ‘Waikea’

Zeng Haiting^{1,2}, Feng Jing², Lin Ruiming², Xu Yufeng^{1,2}, Lin Feng^{1,2}, Xu Shichang²

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. State Key Laboratory for Biology of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract The wheat variety ‘Waikea’, from northwest of the United States, was shown to be highly resistant to Chinese yellow rust isolates CYR31, CYR32 and CYR33 at adult stage and highly susceptible at seedling stage. In this study, the temperature-sensitive minor resistance at seedling stage was determined at two temperatures: normal temperature (15 ℃/daylight, 10 ℃/night) and high temperature (24 ℃/daylight, 18 ℃/night). The major resistance genes were analyzed by crossing ‘Waikea’ with ‘Taichung 29’ at adult stage. ‘Waikea’ had at least one dominant and one recessive resistance genes at adult stage and no temperature-sensitive resistance minor genes. ‘Waikea’, with adult resistance genes to CYR33, should be utilized in wheat resistant breeding.

Key words Waikea; wheat stripe (yellow) rust; resistance; genetic analysis

小麦条锈病是由小麦条锈菌 (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* West, *Pst*) 引起的严重影响小麦生产的病害之一。该病分布范围广、发生历史悠久、流行强度高、危害严重。在大流行年份,受害小麦可减产 30%,甚至颗粒无收^[1-3]。其原因主要是小麦条锈病菌生理小种的更替,使生产用的主干品种丧失抗病性,引起条锈病的大面积发生^[4-5]。在条锈病的防治上,抗病品种的应用是最经济、有效、对生态安全的方法。因此,寻找和利用条锈抗源是育种工作者的当务之急。由于国内小麦栽培品种中抗

条锈基因抗病性的不断丧失和可利用抗源材料的减少,许多研究者把注意力集中到引进外国抗源材料上。

从 20 世纪 20 年代初开始,中国已经有目的、有计划性的开始加强对外国优质小麦品种的引进,并对其农艺性状的遗传和生理特性进行了深入研究^[6-7]。杜元久^[6]等于 1992—2002 年先后从 CIM-MYT、美国俄勒冈大学、ENEA 等引进 2 900 份小麦种质资源,并进行了抗条锈多年连续鉴定,筛选出条锈免疫材料 18 份,高抗条锈且优质的材料 9 份。

其中 CMT. Du-2、CMT. Du-4、CMT. Du-5、CMT. Du-6、CMT. Du-7、CMT. Du-8、CMT. Du-9 等 7 个持久抗条锈材料的抗性表现稳定。蒲宗君^[7]等从叙利亚国际农业干旱中心(ICARDA)引进了 200 多份小麦材料,通过田间自然鉴定,发现了一些田间高抗条锈兼抗白粉的材料,并对高抗条锈小麦种质 ICA31、ICA70 进行抗条锈病遗传分析。这些材料为小麦抗锈病育种提供了可用资源。

目前,生产中使用的以及从农家品种中筛选的抗锈病基因多数属于全生育期抗病基因,成株抗性基因较少。植物成株抗性是指苗期感病而成株期抗病的类型^[8]。成株抗性是持久抗性的重要组成部分^[9]。发掘和利用持久抗锈品种是目前抗病育种工作的主要方向。研究发现,美国西北部地区种植的小麦品种中有较多高温成株抗病资源^[10],引进美国西北部小麦抗病品种,有助于丰富我国小麦抗病品种抗病基因资源。

白玉路等^[10]对美国西北部 59 份小麦品种进行了抗条锈性鉴定,其中小麦品种‘Waieka’苗期表现感病,成株期对中国条锈菌混合小种 CYR31、CYR32 和 CYR33 表现抗病,说明其含有成株抗病基因。本研究通过对‘Waieka’及‘Taichung 29’杂交后代群体成株期的抗性表现分析、苗期温敏微效基因检测等,与国内小麦品种对比其蛋白质含量和产量,以期了解‘Waieka’在蛋白质含量、产量和抗条锈上的优势,为进一步抗病基因分子定位和抗病育种及小麦品种改良提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

抗病亲本‘Waieka’原产地美国西北部地区,系谱为 Spillman/WestBred 906R^[11]。感病材料‘Taichung 29’(T29)由中国农业科学院植物保护研究所提供。以感病材料‘Taichung 29’作为母本与‘Waieka’杂交,获得杂种 F₁ 种子,杂种 F₁ 代自交获得 F₂ 代种子,F₂ 代自交获得 F₃ 代种子,F₁ 代作父本与 T29 回交获得 BC₁ 代种子,抗性鉴定所用的小麦条锈菌 CYR31、CYR32 和 CYR33 均由中国农业科学院植物保护研究所提供。

1.2 苗期抗病性鉴定

种植‘Waieka’3 盆,感病对照品种‘铭贤 169’3 盆,每盆 15~20 株,苗期分别接种 CYR31、CYR32

和 CYR33。置于 10 ℃ 黑暗保湿 24 h 后移至常温(昼 15 ℃,夜 10 ℃),待‘铭贤 169’充分发病之后调查‘Waieka’的反应型,侵染型划分参照 Lewellen 等的标准^[12],并进一步详细分为十二级标准,即 0,0⁺,0⁺,1,1⁺,2⁻,2,2⁺,3⁻,3,3⁺,4^[13]。

1.3 田间设计与处理

2012 年 2 月下旬将供试材料及杂交后代播种于中国农业科学院植物保护研究所农业部廊坊有害生物科学观测实验站。基地种植区以畦为单位划分,每畦长 22 m,宽 2 m,每畦 66 行,共种植 3 畦。亲本‘Waieka’和‘Taichung 29’各 1 行,F₁ 代 2 行,BC₁ 代 2 行,F₂ 代 18 行共 185 株,F₃ 代 173 行共约 1 730 株。每行 10~15 株,株间距 10 cm,行距 0.25 m。边行种植诱发品种‘铭贤 169’。

1.4 接种鉴定和抗性遗传分析

2012 年 4 月中旬用 CYR33 接种诱发行‘铭贤 169’,接种约 30 d 后,‘铭贤 169’充分发病,严重度达到 80%以上,开始调查发病反应型和严重度情况,每隔 7 d 调查 1 次,共 3 次。反应型按照 12 级标准(0,0⁺,0⁺,1,1⁺,2⁻,2,2⁺,3⁻,3,3⁺,4)调查,0~2⁺为抗病型(R),3⁻~4 为感病型(S)。根据 F₁、F₂、F₃ 群体的抗性分离比来确定抗病基因对数。

1.5 温敏微效基因的检测

苗期种植‘Waieka’材料以及‘铭贤 169’各 4 盆,每盆 15~20 株,接种 CYR33,每个品种各 2 盆同时置于常温(昼 15 ℃,夜 10 ℃),高温(昼 24 ℃,夜 18 ℃),RH 80%,光照时间 14 h/d,光强 20 000 lx,且温光转换同步。待‘铭贤 169’充分发病后调查‘Waieka’反应型。对比常温和高温条件下‘Waieka’的发病情况判断是否含有温敏微效基因。

2 结果与分析

2.1 ‘Waieka’苗期抗病性鉴定

‘Waieka’苗期分别接种 CYR31、CYR32 和 CYR33,待‘铭贤 169’充分发病之后调查‘Waieka’的反应型。‘Waieka’对 CYR31 和 CYR32 表现为抗病,对 CYR33 表现为感病。结合白玉路等的研究结果,可推测知‘Waieka’对 CYR33 苗期表现感病,成株期表现抗病性(表 1)。

2.2 ‘Waieka’苗期温敏微效基因分析

‘Waieka’苗期接种 CYR33,置于常温和高温条件下充分发病后分别调查反应型,反应型均为 3⁻。

说明‘Waikea’不含有温敏微效抗病基因,对 CYR33 所含抗病基因属于成株抗病基因。

表 1 常温下‘Waikea’对供试条锈菌系苗期的抗性表现¹⁾

Table 1 Responses of ‘Waikea’ to *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* under normal temperature condition

品种 Cultivar	苗期抗性反应 Infection type at seedling stage		
	CYR31	CYR32	CYR33
Waikea	0;	0;	3 ⁻
铭贤 169	4	4	4

1) 0;:近免疫;3⁻:中感;4:高感。
0;: Nearly immune; 3⁻: Moderately susceptible; 4: Highly susceptible.

表 2 ‘Waikea’对条锈菌小种 CYR33 的成株抗性遗传分析¹⁾

Table 2 Genetic analysis of adult ‘Waikea’ plant resistance to the race CYR33

亲本及组合 Parents and cross	世代 Generation	株数 Number of plant			分离比 Ratio of segregation		χ^2 测验 Chi square test	
		抗 R	分离 Seg	感 S	实际比值 Observed ratio	理论比值 Expected ratio	χ^2 值 χ^2 value	P 值 P value
T29	P ₁	0		14				
Waikea	P ₂	10		0				
T29/Waikea	F ₁	25		0				
T29/Waikea	F ₂	160		35	13. 714:3	13:3	0. 038	0. 050~0. 750
T29/Waikea	F ₃	76	86	11	6. 909:7. 818:1	7:8:1	0. 013	0. 050~0. 990
T29/T29/Waikea	BC ₁	5		5	1:1	1:1		

1) P₁—父本,P₂—母本;R—抗病,S—感病;T29: ‘Taichung 29’。
P₁—male parent, P₂—female parent; R-resistant, S-susceptible; T29: ‘Taichung 29’.

3 结论与讨论

根据“基因对基因”学说,小麦条锈菌小种不断演化是导致抗源丧失的主要原因,挖掘新抗源是小麦抗条锈育种的根本途径^[11]。本研究就‘Waikea’成株期对 CYR33 的抗性进行遗传分析,结果表明‘Waikea’对 CYR33 成株期抗性由一对显性和一对隐性基因重叠或独立控制。温敏微效基因属于全生育期抗病基因,高温诱发温敏微效基因的表达。本研究中对‘Waikea’苗期进行了温敏微效基因分析,结果表明‘Waikea’苗期在常温和高温条件下均感病,认为该小麦品种不含有温敏微效基因,其对 CYR33 的抗性基因属于成株主效抗病基因。

通过对‘Waikea’成株期对 CYR33 的抗性遗传分析,初步确定了‘Waikea’成株抗病基因由一对显性基因和一对隐性基因重叠或者独立控制,为以后进一步将此材料的抗性基因进行分子标记奠定了基

2.3 ‘Waikea’对 CYR33 的成株期抗病性遗传分析

‘Waikea’成株期对 CYR33 反应型为 0;⁺,表现为抗病,亲本‘Taichung29’反应型为 4,表现为感病。F₁ 代 20 株均表现抗病,在对 F₂ 代的抗性鉴定中,抗病株为 160 株,感病株为 25 株,经卡方检验($\chi^2 < \chi^2_{0.05}, P > 0.05$)符合 13:3 的分离比例,对 F₃ 代的抗性鉴定中,76 行表现为全抗,86 行表现抗感分离,11 行表现为全感,经卡方检验($\chi^2 < \chi^2_{0.05}, P > 0.05$)符合 7:8:1 的分离比例。回交代共 10 株,其中 5 株感病,5 株抗病,符合 1:1 的抗感分离比列。结果符合一对显性基因和一对隐性基因控制的遗传分离比,综合以上分析,认为‘Waikea’对 CYR33 抗病性由一对显性基因和一对隐性基因重叠或独立控制(表 2)。

础。研究发现‘Waikea’中一对控制株高的基因 BZ 998—447WP^[14],对条锈菌小种也有显著的抗病性。本研究中的两对基因其中是否包含基因 BZ 998—447WP,有待进一步证实。

小麦的产量和蛋白质的含量是小麦性状和品质(营养品质和加工品质)的决定性因素,‘Waikea’的蛋白质含量和平均产量分别为 13. 2%和 62. 2BU/A (Bushel/acre,蒲式耳/英亩),较‘Blanca grande’、‘Wa007990’、‘Id377s’等 12 份硬白春麦的平均蛋白含量高 0. 1%,平均产量高 3. 7BU/A。在同类小麦中,‘Waikea’的蛋白质含量和产量都具优良的品种优势,在农业生产中具有非常重要的利用价值。‘Waikea’产量与 20 份硬红春麦平均产量相比高出了 4. 2BU/A,比 18 份软白春麦平均产量高出 7. 5 BU/A^[15]。‘Waikea’与国内目前主栽品种‘鲁麦 21’和‘豫麦 58 号’相比,其蛋白质含量分别高出了 0. 5%和 0. 2%,产量分别高出了 20BU/A 和 28BU/A。在抗

条锈病方面,‘鲁麦 21’属中抗条锈病,‘豫麦 58 号’中感条锈病,‘Waikae’成株期表现高抗条锈病特性。所以,在一些国内外小麦栽培品种中‘Waikae’在品质和产量上都具有明显的优势,且与国内两个代表性的栽培品种相比具有高抗条锈病优势。因此说‘Waikae’不仅是抗病育种可利用的新抗源,而且也有助于提高子代材料的产量和品质。对其抗锈性遗传基础的解析,将会更有针对性地进行我国小麦品种抗性转育,进而增强我国生产小麦的抗病性和品质。

参考文献

- [1] 蒲宗君,颜泽洪,魏育明,等. 小麦品系 P81 抗条锈性遗传分析[J]. 植物保护学报, 2007,34(5):511-514.
- [2] 余姚. 四川小麦学[M]. 成都:四川省科学技术出版社, 1998: 397-399.
- [3] 蒲宗君,杨武云,郑有良. 3 份叙利亚小麦抗条锈性的遗传分析[J]. 麦类作物学报, 2004,21(6):12-13.
- [4] 曹婷,谭永军,陈耀锋,等. 小麦新种质体克 2 号对条中 31 号的遗传分析[J]. 麦类作物学报, 2008,28(4):697-700.
- [5] 刘正德,蒋滨. 四川小麦生产品种抗条锈性变异和对策[J]. 西南农业学报, 1999,12(1):87-91.
- [6] 杜久元,鲁清林,周刚. 引进国外小麦种子资源抗条锈性鉴定及其利用价值评价[J]. 植物保护, 2006,32(1):83-85.
- [7] 蒲宗君,杨武云,彭云良. 源于叙利亚小麦抗条锈性的遗传分

析[J]. 西北农业学报, 2006,19(5):796-799.

- [8] Zadoks J C. Yellow rust on wheat studies of epidemiology and physiologic specialization[J]. Netherlands Journal of Plant Pathology, 1961,67:69-256.
- [9] Roelfs A P. Resistance to leaf and stem rusts in wheat[M]// Simmonds N W, Rajaram S, eds. Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat. CIMMYT, Mexico DF, 1988:10-22.
- [10] 白玉路,孙权,张春宇,等. 美国西北部 59 个小麦品种(系)抗条锈病基因分子检测及对中国条锈菌系抗性鉴定[J]. 中国农业科学, 2010,43(6):1147-1155.
- [11] 王凤乐,吴立人,徐世昌,等. 中国条锈菌新小种条中 30、31 号的研究[J]. 植物保护学报, 1996,21(1):39-44.
- [12] Lewellen R T, Sharp E L, Hehn E R. Major and minor genes in wheat for resistance to *Puccinia striiformis* and their responses to temperature changes[J]. Canadian Journal of Botany, 1967,45:2155-2172.
- [13] 徐世昌,张敬原,赵文生,等. 小麦条锈病重要抗源京核 8811 品系抗性遗传机制[J]. 植物保护学报, 2001,28(4):289-293.
- [14] Hard White Spring Wheat Location Tables[OL/EB]. WSU extension uniform cereal variety testing program; http://Variety.wsu.edu/2006/2006_report/HW_Spring_sm.pdf.
- [15] Summary: Spring wheat — 2006 WSU variety testing data [OL/EB]. WSU extension uniform cereal variety testing program; <http://variety.wsu.edu>.

征订启事

欢迎订阅 2013 年《植物保护》杂志

《植物保护》创刊于 1963 年,由中国科协主管,中国植物保护学会和中国农业科学院植物保护研究所主办。本刊为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、RCCSE 中国核心学术期刊,已被《CAB》、美国《化学文摘》、《中文科技期刊数据库(全文版)》、《中国期刊全文数据库》、《中国知识资源总库(中国科技期刊精品数据库)》、《中国科技期刊数据库》等收录。

报道内容:有关植物病理、农林业昆虫、杂草及鼠害等农作物有害生物、植物检疫、农药等植物保护各学科原创研究性论文和具有创新性、实用性技术成果文章。**理论与实践并重,对生产有很强的指导作用。**

栏目设置:专论与综述、专家视角、研究报告、研究简报、调查研究、基础知识、实验方法与技术、技术与应用、有害生物动态等。本刊兼营广告。

读者对象:农林业科研院所研究人员、高等院校相关专业教师及研究生、各级植保科技人员、农药研究与生产人员、植物医生、农技干部等。

发行和订阅:双月刊,大 16 开,铜版纸印刷,176 页,30 元/期,180 元/年。国内邮发代号 2-483,全国各地邮局均可订阅。国外由中国国际图书贸易总公司发行,发行代号 BM450。直接在本刊编辑部订阅,可享受 9 折优惠,全年 162 元,若需挂号,每期另加 3 元。

联系方式:北京市海淀区圆明园西路 2 号 中国农科院植保所《植物保护》编辑部

邮 编:100193

电 话:010-62819059(兼传真)、62815914

网 址:<http://www.plantprotection.ac.cn>

E-mail:zwbh1963@263.net