

普通野生稻抗源94-42-5-1对稻褐飞虱的抗性评价及其遗传研究

李容柏^{1,*} 秦学毅¹ 韦素美² 黄凤宽² 李青² 罗善昱²¹ 广西农业科学院 作物品种资源研究所, 广西 南宁 530007; ² 广西农业科学院 植物保护研究所, 广西 南宁 530007, *通讯联系人, E-mail: rongbaili@lycos.com)The High Resistance and Its Inheritance of 94-42-5-1, a Source Derived from *Oryza rufipogon* to Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens*LI Rong-bai^{1,*}, QIN Xue-yi¹, WEI Su-mei², HUANG Feng-kuan², LI Qing², LUO Shan-yu²¹Institute of Crop Genetic Resources, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China; ²Institute of Plant Protection, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China; *Corresponding Author, E-mail: rongbaili@lycos.com)

Abstract: The characteristics and inheritance for resistance to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (BPH) of 94-42-5-1, derived from *Oryza rufipogon* have been studied. Results showed that 94-42-5-1 had very high and broad spectrum resistance to BPH biotype 2, biotypes Pantnagar (India) and Cuulong (Vietnam). The latter two biotypes are highly virulent to rice. The line 94-42-5-1 was highly resistant to all the three BPH biotypes and higher than any other tested varieties with known resistance genes used. It is one of the high BPH resistance resources with AA genome. Inheritance analysis showed that the resistance of 94-42-5-1 to Cuulong biotype was conferred by two recessive genes with duplicate nature and one single recessive to Pantnagar biotype.

Key words: resistance; inheritance; brown planthopper; *Oryza rufipogon*

摘要: 研究了普通野生稻 (*Oryza rufipogon* Griff.) 株系 94-42-5-1 对稻褐飞虱 (*Nilaparvata lugens* Stal) 的抗性及其遗传规律。94-42-5-1 高抗稻褐飞虱生物型 2、印度潘特纳加生物型和越南九龙江生物型, 其抗性均达到高抗 1 级, 具有对稻褐飞虱抗谱广、抗性强的特点, 是在 AA 染色体组稻种资源中发现的高抗稻褐飞虱抗源之一。抗性遗传分析表明, 94-42-5-1 对潘特纳加生物型的抗性为 1 对隐性基因遗传, 对九龙江生物型的抗性受 2 对互相独立的隐性重复基因控制。

关键词: 抗性; 遗传; 褐飞虱; 普通野生稻

中图分类号: Q943; S511.033

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2002)02-0115-04

稻褐飞虱 (*Nilaparvata lugens* Stal) 是水稻最主要虫害之一。培育抗性品种是经济有效和没有环境污染的防治方法。但是在栽培稻及与其相同的 AA 染色体组中, 缺乏具有广谱、高度抗性的抗源。目前已鉴定的抗性基因一般只抗 1 种或少数的稻褐飞虱生物型, 而且对强致害性生物型的抗性水平较低^[1~5]。20 世纪 80 年代发现药用野生稻 (*Oryza officinalis* Wall.) 等 CC 染色体组的野生稻存在高抗稻褐飞虱的材料, 但将它们的抗性基因转移到栽培稻中困难重重, 至今仍未育成抗性推广品种^[6~12]。

水稻对稻褐飞虱的抗性一般受单基因控制, 迄今鉴定的抗性基因为 *Bph1*~*Bph9*, 其中 4 个为显性基因, 5 个为隐性基因^[2~5,13]。具有两个抗性基因 (*bph2*, *Bph3*) 的抗源 Ptb33 其抗性水平和抗谱优于单个基因抗性^[1]。抗性基因 *Bph1*, *bph2* 和 *Bph3* 已被用于水稻育种中^[9,14], 但由于稻褐飞虱生物型的变化和缺乏高抗和广谱抗性的抗源, 大大增加了育种的难度。亚洲许多国家包括中国在内的水稻主栽

品种和杂交稻, 多数缺乏对稻褐飞虱的抗性或抗性水平低。因此, 不断寻找抗谱广、抗性强的稻褐飞虱抗源并对其进行抗性遗传研究十分重要。本文报道了来自普通野生稻 (*O. rufipogon* Griff.) 并经花药培养纯合的一个高抗稻褐飞虱抗源株系 94-42-5-1 的抗性特性和遗传分析的初步研究结果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

94-42-5-1, 是来自普通野生稻 94-42 经花药培养和抗性筛选所获得的纯合抗性株系之一。鉴定品种 TN1、Mudgo、ASD7、Rathu Heenati、Ptb33、Babawee、ARC10550、Swarnalata、T12、Chin-saba 和 Pokkali, 均来自国际水稻研究所 (IRRI)。

稻褐飞虱生物型: 本研究采用了来自我国广西

收稿日期: 2001-06-11; 修改稿收到日期: 2001-07-23。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目。

第一作者简介: 李容柏 (1957-), 男, 博士, 研究员。

的稻褐飞虱生物型 2、东南亚(越南)九龙江生物型(采自 Omon, 10°N, 105.5°E)和南亚(印度)潘特纳加生物型(采自 Pantangar, 29°N, 79°E), 其中潘特纳加和九龙江生物型致害性极强^[1,15]。

1.2 抗性鉴定

采用标准方法^[1]种子盆栽, 每品种播种 1 行, 20 株苗。当稻苗于 3 叶期时, 在温室进行接种, 每株苗接种 1~2 龄若虫 10 头。接种后 6~7 d, 当感虫鉴定品种 TN1 全部死亡之后, 再过 7 d 进行抗性调查。调查记载时逐株定级^[1]: 1 级不受害或第一叶稍变黄, 3 级第一、二叶变黄, 5 级第一至三叶变黄或植株呈现矮化, 7 级植株开始凋萎, 9 级植株死亡。平均抗性级别为 1.0 高抗(HR), 1.1~3.0 为抗(R), 3.1~5.0 为中抗(MR), 5.1~7.0 为中感(MS), 7.1~9.0 为感(S)。此外本研究还采用了潘特纳加生物型进行了高密度接虫鉴定, 每种子苗接虫 20 头, 感虫鉴定品种 TN1 全部死亡后, 次日进行抗性调查。

1.2.1 抗源 94-42-5-1 的抗性特性测定

分别接种潘特纳加、九龙江生物型和生物型 2 进行鉴定, 并与已知基因鉴定品种比较。对潘特纳加生物型的抗性鉴定分别采用了高密度(20 头/苗)和标准密度(10 头/苗)接虫, 其余的采用标准密度接虫, 设 3 次重复。个别鉴定品种因种子缺乏, 未能进行对九龙江生物型和生物型 2 的抗性鉴定。

1.2.2 94-42-5-1 的抗性遗传分析

感九龙江生物型的鉴定品种 TN1、Mudgo、T12、Swarnalata 和 Chin-saba 分别与 94-42-5-1 进行杂交, 将各组合的 F₁ 套袋自交收 F₂ 种子, TN1/

94-42-5-1 的 F₁ 与亲本 94-42-5-1 测交获得 TC₁ 种子。这些杂交组合的亲本、F₁、F₂ 和 TC₁ 分别用九龙江生物型进行抗性鉴定, 其中 F₂ 和 TC₁ 除一个组合外, 其余群体都在 200 株苗以上。有关抗源对潘特纳加生物型的抗性遗传研究只鉴定杂交组合 TN1/94-42-5-1 的亲本、F₁、F₂、F₃、BC₁ (TN1//TN1/94-42-5-1) 和 TC₁ (94-42-5-1//TN1/94-42-5-1) 抗性, 其中 F₂ 和 F₃ 为大群体。BC₁ 和 TC₁ 的群体有 60 苗以上, F₃ 株系按其来源分为两群, 一群为 F₂ 植株随机取样的后代, 另一群为 F₂ 抗性植株的后代。抗性划分的标准为 1~5 级为抗(R), 7~9 级为感(S)。

2 结果与分析

2.1 94-42-5-1 的抗性表现

2.1.1 对潘特纳加生物型的抗性

1995 年采用潘特纳加生物型对 94-42-5-1 及其他 11 个已知基因型鉴定品种进行高密度(20 头/苗)接虫鉴定, 接虫后 6 d, 感虫鉴定品种 TN1 全部死亡(9 级), 除 Ptb33(*bph2*, *Bph3*)为中抗(4.4 级)外, 其余鉴定品种为感(7~9 级), 唯有 94-42-5-1 的全部种苗表现 1 级抗性, Ptb33 种苗的抗性变幅为 3~7 级, 多数为 5 级(表 1)。接虫后 20 d 重复调查, 由于此时其他参试材料基本全部死亡, 害虫集中到抗源 94-42-5-1 上, 在如此高密度虫口的压力下, 94-42-5-1 仍保持 1 级抗性。

1999 年采用标准方法(接虫 10 头/苗, 接虫后, 14 d 后调查)重复鉴定了 94-42-5-1 和其他鉴定品种对潘特纳加生物型的抗性, 94-42-5-1 仍为抗性 1

表 1 94-42-5-1 及鉴定品种对稻褐飞虱三种生物型的抗性

Table 1. Resistance of 94-42-5-1 and tested varieties to the three brown planthopper(BPH) biotypes.

试验材料 Material	抗性基因 Resistance gene	对褐飞虱生物型的抗性反应 Reaction to BPH biotype			
		潘特纳加 Pantnagar		九龙江	生物型 2
		1995	1999	Cuulong	Biotype 2
94-42-5-1	未知 Unknown	HR	HR	HR	HR
TN1	无 Non	S	S	S	S
Mudgo	<i>Bph1</i>	S	S	S	S
ASD7	<i>bph2</i>	S	S	S	R
Rathu Heenati	<i>Bph3</i>	MS	MR	MS	R
Ptb33	<i>bph2Bph3</i>	MR	MR	R	R
Babawee	<i>bph4</i>	S	S	S	R
ARC10550	<i>bph5</i>	S	S	S	S
Swarnalata	<i>Bph6</i>	MS	MS	S	S
T12	<i>bph7</i>	S	S	S	S
Chin-saba	<i>bph8</i>	S	S	S	S
Pokkali	<i>Bph9</i>	S	S	—	—

HR—高抗; R—抗; MR—中抗; MS—中感; S—感。

HR—Highly resistant; R—Resistant; MR—Moderately resistant; MS—Moderately susceptible; S—Susceptible.

级,Ptb33(*bph2*,*Bph3*)和 Rathu Heenati (*Bph3*) 为 5 级中抗,其余鉴定品种为 7~9 级感(表 1)。

2.1.2 对九龙江生物型的抗性

采用与上述相同的标准方法进行鉴定,接虫后 7 d,TN1 全部死亡,14 d 后 Rathu Heenati(*Bph3*) 为中感(7 级),Ptb33(*bph2*,*Bph3*)为抗(3 级),其余鉴定品种为感(7 级以上),而 94-42-5-1 全部苗为 1 级(表 1)。

对生物型 2 的抗性,除携有抗虫基因 *bph2*、*Bph3* 或 *bph4* 的鉴定品种 ASD7、Rathu Heenati、Ptb33 和 Babawee 表现抗(3 级)之外,其余鉴定品种为感(>7 级)。而 94-42-5-1 为抗性 1 级(表 1)。所有鉴定结果表明,94-42-5-1 对所接种的 3 种生物型均具有高度抗性,其抗性水平超过已知基因的鉴定品种。

2.2 94-42-5-1 的抗性遗传

2.2.1 对潘特纳加生物型的抗性遗传

杂交组合 TN1/94-42-5-1 F₁ 对潘特纳加生物型为感,F₂ 为 1 抗:3 感分离,F₃ 株系为 1 抗:2 分离:1 感,由 F₂ 筛选出的抗性苗后代 F₃ 全部株系为

纯合抗性。F₁ 与感性亲本 TN1 杂交,BC₁ 全部为感,F₁ 与 94-42-5-1 测交,TC₁ 为 1:1 分离(表 2)。表明 94-42-5-1 对潘特纳加生物型的抗性由 1 对隐性基因控制。

2.2.2 对九龙江生物型的抗性遗传

感九龙江生物型的标准鉴定品种 TN1、Mudgo、T12、Swarnalata 和 Chin-saba 分别与 94-42-5-1 杂交,所有 F₁ 对九龙江生物型均为感虫,全部鉴定苗死亡。F₂ 代表现为 1 抗:15 感分离,χ² 均没达到显著水平。测交 94-42-5-1//TN1/94-42-5-1 TC₁ 符合 1 抗:3 感分离(χ²=1.28)(表 3)。可见,94-42-5-1 对九龙江生物型的抗性为隐性,受两对独立分离的重复作用基因控制。

以上遗传分析表明,94-42-5-1 携有两对隐性抗稻褐飞虱基因,当两对隐性抗性基因同时存在(即呈隐性纯合状态)时,对九龙江生物型表现较强的抗性;然而,这两对基因具有不同的表达特性,其中仅有一对在隐性纯合状态时对潘特纳加生物型具有抗性,另一对没有抗性;两对基因同时呈隐性纯合状态时,能抵抗九龙江生物型和潘特纳加生物型,表明两

表 2 94-42-5-1 对稻褐飞虱潘特纳加生物型的抗性遗传分析

Table 2. Genetic analysis on resistance of 94-42-5-1 to Pantangar biotype of BPH.

杂交组合 Cross combination	世代 Generation	抗性反应 Resistance reaction (株数或株系数 No. of plants or lines)			
		抗	分离	感	χ ²
		Resistant	Segregation	Susceptible	
TN1	亲本 Parent	0	—	40	—
94-42-5-1	亲本 Parent	40	—	0	—
TN1/94-42-5-1	F ₁	0	—	40	—
	F ₂	73	—	195	χ _(1,3) ² =0.72 ^{ns}
	F ₃ (随机样本)(Random sample)	15	31	11	χ _(1,2,1) ² =0.80 ^{ns}
	F ₃ (来自 F ₂ 抗株)(From F ₂ resistant plants)	45	0	0	—
TN1//TN1/94-42-5-1	BC ₁	0	—	60	—
94-42-5-1//TN1/94-42-5-1	TC ₁	65	—	58	χ _(1,1) ² =0.40 ^{ns}

ns—差异不显著。

ns—Not significant.

表 3 94-42-5-1 对稻褐飞虱九龙江生物型的抗性遗传分析

Table 3. Genetic analysis on resistance of 94-42-5-1 to Cuulong biotype of BPH.

杂交组合 Cross combination	母本 Female parent	父本 Male parent	F ₁	F ₂ 株数 No. of F ₂ plants			TC ₁ 株数 No. of TC ₁ plants		
				抗	感	χ _(1,15) ²	抗	感	χ _(1,3) ²
				Resistant	Susceptible		Resistant	Susceptible	
TN1/94-42-5-1	S	R	S	19	203	2.02 ^{ns}	94	321	1.28 ^{ns}
Mudgo/94-42-5-1	S	R	S	15	202	0.16 ^{ns}	—	—	—
T12/94-42-5-1	S	R	S	9	240	2.96 ^{ns}	—	—	—
Swarnalata/94-42-5-1	S	R	S	11	123	0.87 ^{ns}	—	—	—
Chin-saba/94-42-5-1	S	R	S	14	258	0.21 ^{ns}	—	—	—

ns—差异不显著。

ns—Not significant.

对基因之间存在互相促进作用,相互间无抑制作用。

3 讨论

研究表明,普通野生稻 94-42-5-1 携有的抗性基因,能高抗来自不同国家的稻褐飞虱生物型 2(我国优势生物型)、致害性极强的潘特纳加生物型(印度北方优势生物型)和九龙江生物型(越南南方九龙江流域优势生物型),表明该抗源具有高度抗性并且抗谱较广,初步遗传分析表明,其遗传结构与已知的抗性基因不同,可能为新的稻褐飞虱抗源。它所携有的抗性基因是否为新基因尚待进一步验证。

携有单基因抗性的鉴定品种可以抵抗不同的生物型,但那些具有较强抗性的品种往往携有 2 对基因如 Ptb 3 3 (*bph 2*, *Bph 3*) 或修饰基因如 IR64^[2,4,5,9,13],有两对抗性基因的品种 Ptb33 的抗谱也较广,说明某些稻褐飞虱抗性基因之间具有互作作用。94-42-5-1 的高抗性和广谱抗性受控于两对重复作用的隐性基因,进一步表明了稻褐飞虱特定抗性基因间的有利互作作用可能提高抗性的强度和拓宽抗谱。抗源对褐飞虱的抗性基因组合是多样性的, Ptb33 为显、隐性基因的互作,94-42-5-1 为隐性基因间互作,这可能是抗源在自然条件下为适应生物型变化防止抗性失效的一种自然属性。

本研究虽然尚不能确定 94-42-5-1 是否带有新的抗性基因,但其具有的高度抗性和广谱抗性具有重要的利用价值,这对于利用抗性遗传多样性以防止基因利用单一而带来的稻褐飞虱生物型变化所形成的潜在危险更具有积极意义。九龙江生物型是目前发现的致害性最强的一种^[1],有预见地培育一批抗性品系是预防和防治该生物型的一项有效应变措施。在众多抗虫基因不能抵抗强致害的九龙江生物型或抗性不强(表 1)的情况下,94-42-5-1 将是很有前途的抗源。此外由于 94-42-5-1 的抗性遗传特点,即两对抗性基因对九龙江生物型具有重复作用效应,致使杂交后代中只有两对基因同时呈隐性纯合状态的个体才表现抗性,这在育种上筛选双隐性纯合基因的高抗植株非常便利。

94-42-5-1 与栽培稻种同属 AA 染色体组是便于利用的另一个原因,杂交育种困难较小。在野生稻中虽然不乏高抗稻褐飞虱的抗源,但多数属非 AA 染色体组,难以将其抗性转入栽培稻中^[6~12,16,17],其原因至少有三,一是远缘杂交障碍,二是对这些野生种的抗性遗传和机制了解不够,三是抗性基因转移到栽培稻后,原有的基因互作关系可能消失以致转

移的基因抗性大大减弱。利用 AA 染色体组的普通野生稻则可以克服这些困难,从而有效地利用抗源。

谢辞:本研究工作得到印度 G. B. Pant 农业大学遗传和植物育种系教授 M. P. Pandey 博士指导和提供试验材料,昆虫系教授 P. K. Pathak 博士帮助抗性鉴定工作,特此致谢!

参考文献:

- Li Q(李青), Luo S Y(罗善昱), Shi A X(师翱翔), et al. The biotypes of brown planthopper [*Nilaparvata lugens* (Stal)] with a view to its control. *Acta Entom Sin* (昆虫学报), 1997, 40(Suppl): 139—146. (in Chinese with English abstract)
- Kabir M A, Khush G S. Genetic analysis of resistance to brown planthopper in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breeding*, 1988, 100(1): 54—58.
- Kinoshita T. Report of committee on gene symbolization, nomenclature and linkage group. *RGN*, 1995, 12: 9—153.
- Khush G S, Rezaul Karim A N M, Angeles E R. Genetics of resistance of rice cultivar ARC 10550 to Bangladesh brown planthopper biotype. *J Genet*, 1985, 64: 121—125.
- Nomoto H, Ikeda R, Kaneda C. New genes for resistance to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal, in rice. *Japan J Breeding*, 1989, 39(1): 23—28.
- Wu M S(吴妙曦), Li D Y(李道远), Chen C B(陈成斌), et al. Study on the utilization of wild rice germplasm. I. Method of obtaining interspecific hybrids (genome AA × CC) of genus *Oryza*. *Crop Genetic Resources* (作物品种资源), 1988, (1): 6—9. (in Chinese)
- Brar D S, Elloran R, Khush G S. Interspecific hybrids produced through embryo rescue between cultivated and eight wild species of rice. *RGN*, 1991, 8: 91—93.
- Jena K K, Khush G S. Embryo rescue of interspecific hybrids and its scope in rice improvement. *RGN*, 1984, 1: 133—134.
- Manisegar S, Gopalan M, Hanifa A M. Differential reaction of selected rice cultivars to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal. *Indian J Plant Prot*, 1993, 21(1): 31—33.
- Peng S Q, Wan Z D, Xiao F H. Resistance of small grained wild rice. *Crop Genet Res*, 1991, (1): 41.
- Romena A, Medrano F, Sunio L, et al. Resistance of wild rice to insect pests. *IRRN*, 1989, 14(5): 15—16.
- Tan Y J, Zhang Y, Huang B C, et al. Appraisal of the resistance of *Oryza latifolia* to 4 major rice insect pests. *Crop Genet Res*, 1995, (1): 30—31.
- Sidhu G S, Khush G S. Genetic analysis of brown planthopper resistance in twenty varieties of rice, *Oryza sativa* L. *Theor Appl Genet*, 1978, 53: 199—203.
- Medina E B, Bernal C C, Cohen M B. Role of host plant resistance in successful control brown planthopper in Central Luzon Philippines. *IRRN*, 1996, 21(2-3): 53.
- Pathak P K, Lal M N. Studies on varietal resistance to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal) and its biotypes. *IRRN*, 1976, 1(2): 8.
- Jena K K, Khush G S. Intergression of genes from *Oryza officinalis* Well ex Wall to cultivated rice, *O. sativa* L. *Theor Appl Genet*, 1990, 80(6): 737—745.
- Velusamy R. Resistance of breeding lines derived from *Oryza officinalis* to brown planthopper (BPH). *IRRN*, 1991, 16(1): 14.