粳稻品种对水稻条纹叶枯病的抗性鉴定及抗病品种镇稻88的遗传分析

周 彤[1] 周益军[1*] 程兆榜[1] 杨荣明[2] 吉健安[2]
(1.江苏省农业科学院植物保护研究所,南京 210014; 2.江苏省农业技术推广中心,南京 210036)

摘要: 采用田间小区鉴定方法研究27份粳稻品种对水稻条纹叶枯病的抗性表现,并在此基础上选择抗性表现强的镇稻88与高感品种武育粳3号构建F_2分离群体进行遗传分析。结果表明,粳稻品种对水稻条纹叶枯病的田间抗性表现在不同年份和不同地区间存在一定的差异,但镇稻88、连粳4号、徐稻3号等9个品种在鉴定试验中均表现为抗病和高抗,可作为抗病品种在江苏地区推广应用。镇稻88与武育粳3号的F_2群体抗感表型分离比例符合3:1,表明镇稻88对条纹叶枯病的抗性受一对显性核基因的控制,将其作为抗病亲本使用可大大加快育种进程。研究同时发现在灰飞虱不引发虫害的条件下,有效接种虫量与感病对照发病率相关性达显著水平,当其值在$0.8\times10^6 \sim 3.6\times10^6$/hm^{2}范围内时可作为水稻条纹叶枯病田间抗性鉴定有效的参考指标。

关键词: 水稻; 条纹叶枯病; 抗性; 遗传

Identification of resistance to *Rice stripe virus* in *japonica* rice varieties and analysis for its inheritance of Zhendao 88

Zhou Tong[1] Zhou Yijun[1*] Cheng Zhaobang[1] Yang Rongming[2] Ji Jian'an[2]
(1. Institute of Plant Pretection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, Jiangsu Province, China; 2. Extension Center of Agriculture Technique of Jiangsu Province, Nanjing 210036, Jiangsu Province, China)

Abstract: Rice stripe resistance in the field was identified among twenty-seven *japonica* rice varieties derived from Jiangsu Province. The inheritance of rice stripe resistance in F_2 lines from the cross Zhendao 88/ Wuyujing No. 3 was studied. The result revealed that rice stripe resistance exists in some difference among the *japonica* rice varieties in different years and fields. However, nine varieties, such as Zhendao 88, Lianjing No. 4 and Xudao No. 3 etc., displaying high-resistance or resistance in all test, could be populated in Jiangsu Province. The segregation of F_2 lines from the cross Zhendao 88/ Wuyujing No. 3 fit a ratio of 3(resistance):1(susceptible) as except. These data support the conclusion that the resistance of Zhendao 88 is inherited as a single recessive trait. It could accelerate rice breeding process that Zhendao 88 was used as resistance parent. In addition, we found out that, under the condition of not causing insect damage by the small brown planthopper (SBPH), the correlation between the viruliferous SBPH and the incidence of a disease of susceptible control reaches significant level. It revealed that resistance identification of rice varieties to rice stripe in the field was effective, when the value of viruliferous SBPH was 0.8×10^6/hm^2 to 3.6×10^6/hm^2.

基金项目:国家支撑计划(2006BAD02A16, 2006BAD08A04),江苏省重大科技攻关项目(BE2005301),江苏省自然科学基金项目(BK2005105),江苏省农业科学院院基金项目(6110603),江苏省农业三项工程项目(sx(2005)035),农业部行业专项 (nyhyzx07-051)
作者简介:周彤,1978年生,助理研究员,主要从事植物病害抗性机制的研究,email: zhoutong@jaas.ac.cn
* 通讯作者(Author for correspondence), email: yjzhou@jaas.ac.cn; 收稿日期:2007-06-07

Key words: rice; *Rice stripe virus*; resistance; inheritance

水稻条纹叶枯病 *Rice stripe virus* (RSV) 自 20 世纪 90 年代在江苏再次发生以来,已相继蔓延至整个长江中下游稻区,并迅速上升为该地区水稻生产上最主要的病害之一。据江苏省植保站统计仅 2004 年全省就有 42 个县发生水稻条纹叶枯病,波及面积达 157 万 hm^2,占水稻总栽培面积的 79%,绝收面积达 5 200 hm^2,给水稻生产带来了巨大的危害。当前生产上采用的治虫防病方法对病害的控制效果并不理想,而利用抗病品种无疑是一种最为经济和环保的防治策略[1]。

以往的研究表明,主栽粳稻品种对水稻条纹叶枯病的抗性表现复杂,同一品种在不同研究间的鉴定结果往往不甚一致[2-5],这使得品种的应用受到一定的影响。另一方面,已报道的水稻品种对条纹叶枯病的抗性既有表现为质量性状的[6-8],也有表现为数量性状的[9-10],而两者在育种上利用策略不同。为此,本研究从江苏省主栽水稻品种中选取 27 份抗性表现较好的粳稻品种,采用多年多点处理进行小区抗性鉴定试验,分析了主栽粳稻品种对条纹叶枯病的抗性表现,同时对抗性表现强的镇稻 88 进行了抗性遗传研究,旨在为水稻条纹叶枯病抗病品种的选育和推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为迟熟中粳 9 份、中熟中粳 15 份、早熟晚粳 3 份,所有材料由江苏省农技推广中心统一收集。以镇稻 88 与武育粳 3 号配制组合,构建分离群体。

1.2 鉴定方法

1.2.1 鉴定圃

分别选择水稻条纹叶枯病连续多年严重发生的姜堰市娄庄镇、靖江市东兴镇和淮安市楚州区马甸镇的稻麦连作田块作为鉴定圃。根据江苏省水稻种植区灰飞虱发生及传毒特点,供试材料于五月中旬在水田播种育秧,六月中旬移栽。品种间随机区组,整个试验区四周设置保护行。田间肥水管理同一般大田,秧田期和本田期不使用吡虫啉、锐劲特及有机磷类等灰飞虱防治药剂,全生育期不使用抗病毒剂。

1.2.2 灰飞虱调查

分别于田间一代和二代灰飞虱发生盛期以瓷盘拍虫法调查虫量,同时于鉴定圃捕捉灰飞虱 1 000 头,并分别从中随机选取 100 头灰飞虱进行带毒率免疫检测[11],再计算有效接种虫量。计算公式为:有效接种虫量(头/hm^2) = 田间虫量(头/hm^2) × 带毒率(%)。

1.3 病害调查及抗性分级

分别于两次水稻条纹叶枯病发病高峰期调查发病株数和病级,病级调查标准参照 Washio 等[6]方法,并稍做改进。0 级,无症状;1 级,有轻微黄绿色斑驳症状,病叶不卷曲,植株生长正常;2 级,病叶上褪绿扩展相连成不规则黄白色或黄绿色条斑,病叶不卷曲或略有卷曲,生长基本正常;3 级,病叶严重褪绿,病叶卷曲呈捻转状,少数病叶出现黄化枯萎症状;4 级,大部分病叶卷曲呈捻转状,叶片黄化枯死,植株呈假枯心状或整株枯死。

其中 2 ~4 级直接记为发病,1 级在 7 天后再次调查确认,0 级记为不发病,计算发病率。根据发病率进行抗性评价:免疫(I),发病率为 0;高抗(HR),发病率小于 5%;抗病(R),发病率为 5.1% ~15%;中感(MS),发病率为 15.1% ~30%;感病(S),发病率为 30.1% ~50%;高感(HS),发病率大于 50.1%。遗传分析中单株调查,0、1 级记为抗病,2 ~4 级记为感病。

2 结果与分析

2.1 鉴定圃接种效果

两年中鉴定圃灰飞虱发生量、带毒率及有效接种虫量结果如表 1。其中 2005 年楚州二代灰飞虱虫量过低,故未测定带毒率;2005 和 2006 年靖江一代灰飞虱虫量均达到 1.5 亿头/hm^2,其中 2005 年于灰飞虱发生峰期后第二天用药扑杀,防治后 24 h 调查每 hm^2 虫量不足千头。选择田间两代灰飞虱有效接种虫量中最大值作为实际有效接种虫量,再与感病对照发病率进行相关性分析(两年中靖江试验点由于发生虫量过大引发虫害,故数据弃用),发现两者相关系数为 0.9825,达到显著水平,结合本研究中的结果,当其值在 $0.8 \times 10^6 \sim 3.6 \times 10^6$/$hm^2$ 范围内时可作为水稻条纹叶枯病田间抗性鉴定有效的参考指标。

2.2 水稻品种在田间病圃的抗感表现

9 份迟熟中粳材料分别在姜堰和靖江田间病圃进行两年的抗病性鉴定试验;15 份中熟中粳材料分别在楚州、姜堰和靖江进行一年的抗性鉴定试验;3

表 1　鉴定圃中灰飞虱有效接种虫量调查结果

Table 1　Viruliferous SBPH in the field

试验点 Testing site	年份 Year	1 代 1st generation			2 代 2nd generation			感病对照发病率 Diseased percentage of SCK(%)
		虫量 Number of SBPH ($10^4/hm^2$)	带毒率 PVS (%)	有效接种虫量 VS ($10^4/hm^2$)	虫量 Number of SBPH ($10^4/hm^2$)	带毒率 PVS (%)	有效接种虫量 VS ($10^4/hm^2$)	
姜堰 Jiangyan	2006	120.00	18.40	22.05	78.0	22.00	17.10	39.7
	2005	125.25	62.00	77.70	375.0	43.00	161.25	63.7
靖江 Jingjiang	2006	15 000.00	12.50	1 875.00	180.0	10.00	18.00	93.1
	2005	18 000.00	23.60	4 248.00	15.9	25.80	4.05	63.6
楚州 Chuzhou	2005	990.00	37.00	366.30	0.3	—	—	82.0

Note：PVS：Percentage of viruliferous SBPH；VS：viruliferous SBPH.

份早熟晚粳材料则在靖江进行了两年的抗性鉴定试验,同时在姜堰进行了一年的抗性鉴定试验,每品种每年每地区调查 400 ~ 500 株,其中靖江和楚州两点第一次发病高峰感病对照即达到高感,因此采用其第一次发病高峰数据,而姜堰点累计两次发病情况计算发病率亦未达到高感,故累计两次发病情况计算发病率,结果见表 2。

表 2　粳稻品种对水稻条纹叶枯病的田间抗性表现

Table 2　Resistance of different *japonica* rice varieties to rice stripe in the field

品种 Variety	靖江 Jingjiang				姜堰 Jiangyan				楚州 Chuzhou	
	2006		2005		2006		2005		2005	
	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever
盐粳 9967 Yanjing9967	31.2	S	13.5	R	1.3	HR	3.8	HR	–	–
扬粳 4277 Yangjing4277	18.1	MS	9.6	R	1.4	HR	2.7	HR	–	–
扬粳 4065 Yangjing4065	21.9	MS	14.2	R	2.9	HR	2.8	HR	–	–
扬粳 9538 Yangjing9538	26.1	MS	9.7	R	9.5	R	3.3	HR	–	–
盐粳 20237 Yanjing20237	25.7	MS	16.2	MS	2.0	HR	3.5	HR	–	–
镇稻 42 Zhendao42	34.9	S	9.3	R	9.1	R	16.1	MS	–	–
5021036	29.5	MS	11.5	R	7.7	R	3.9	HR	–	–
淮稻 9 号 Huaidao No.9	12.9	R	17.7	MS	6.5	R	4.3	HR	–	–
练 208 Lian208	11.5	R	10.9	R	5.8	R	3.5	HR	–	–
连粳 4 号 Lianjing No.4	7.2	R	–	–	8.7	R	–	–	4.5	HR
武运 2330 Wuyun2330	15.3	MS	–	–	2.9	HR	–	–	13.0	R
华粳 20316 Huajing20316	26.4	MS	–	–	4.1	HR	–	–	8.5	R
盐粳 93538 Yanjing93538	20.3	MS	–	–	5.0	HR	–	–	9.5	R
淮优粳 2 号 Huaiyoujing No.2	31.9	S	–	–	2.7	HR	–	–	6.5	R
徐稻 4 号 Xudao No.4	7.6	R	–	–	3.5	HR	–	–	6.5	R
盐稻 2001 Yandao2001	16.6	MS	–	–	5.0	HR	–	–	18.0	MS
盐糯 12 Yannuo12	6.7	R	–	–	9.7	R	–	–	11.5	R
淮 238 选 Huai238xuan	9.0	R	–	–	3.3	HR	–	–	3.0	HR
泗稻 2322 Sidao2322	10.8	R	–	–	2.5	HR	–	–	4.0	HR

续表 2

品种 Variety	靖江 Jingjiang				姜堰 Jiangyan				楚州 Chuzhou	
	2006		2005		2006		2005		2005	
	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever	发病率 Incidence (%)	抗性水平 Resistance lever
盐粳 6 号 Yanjing No. 6	25.4	MS	–	–	11.3	R	–	–	27.0	MS
JD09	14.6	R	–	–	2.8	HR	–	–	8.5	R
盐稻 8 号 Yandao No. 8	18.0	MS	–	–	1.6	HR	–	–	3.0	HR
徐稻 3 号 Xudao No. 3	10.8	R	–	–	2.9	HR	–	–	1.0	HR
镇稻 88 Zhendao88	13.1	R	5.4	R	2.0	HR	2.3	HR	3.5	HR
扬粳 4038 Yangjing4038	39.8	S	11.5	R	5.7	R	–	–	–	
镇稻 6092 Zhendao6092	23.6	MS	12.4	R	3.9	HR	–	–	–	
宁粳 1 号 Ningjing No. 1	35.2	S	16.9	MS	15.6	MS	–	–	–	
武育粳 3 号(感病对照) Wuyujing No. 3(SCK)	88.4	HS	63.6	HS	39.7	S	63.7	HS	82.0	HS

Note: HR: High-resistance; R: resistance; MS: moderate-susceptible; S: susceptible; HS: high-susceptible.

鉴定结果显示,供试粳稻品种对水稻条纹叶枯病的抗性表现在不同年份和不同地区间存在一定的差异。同一品种在 2006 年姜堰的抗性表现较高,而在 2006 年靖江的抗性则表现较低,这与两次鉴定中感病对照的抗性表现一致。所有供试水稻品种中没有对水稻条纹叶枯病表现免疫的品种,但镇稻 88、连粳 4 号、徐稻 3 号、徐稻 4 号、淮 238 选、练 208、盐糯 12、泗稻 2322 和 JD09 等 9 个品种不同年份和不同试验点都表现为抗病或高抗,可作为抗病品种在江苏地区推广应用。其中镇稻 88 在楚州和姜堰的三次鉴定中均稳定表现为高抗,在靖江的两年试验中则均表现为抗病,在年度间和地区间抗性表现最为一致。另外从不同生育期看,供试中熟中粳和迟熟中粳材料中抗病品种比例高于早熟晚粳材料。

2.3 水稻品种镇稻 88 的抗性遗传分析

以抗性表现强、农艺性状较优的水稻品种镇稻 88 与高感品种武育粳 3 号配置杂交组合,2005 年在靖江鉴定点进行了抗性鉴定,正反交 F_1 均表现为抗病,表明抗病性为核基因控制的显性性状。F_2 代群体的分离比例则表明镇稻 88 对条纹叶枯病的抗性受一对显性核基因的控制(表 3),因此将其作为抗病亲本使用可大大加快育种进程。

表 3 分离群体的抗性分离比例及 t 测验

Table 3 Resistance segregation of cross combination and χ^2 test ($\chi^2_{0.05,1}=3.84$)

亲本或组合 Parent and cross	抗病株数 Number of resistant plant	感病株数 Number of susceptiple plant	期望值 Expected ratio	χ^2
P_1 武育粳 3 号 Wuyujing No. 3	182	318		
F_1 $P_1\times P_2$	13	1		
F_2 武育粳 3 号/镇稻 88 Wuyujing No. 3/Zhendao88	163	53	3:1	0.025
F_1 $P_2\times P_1$	15	1		
P_2 镇稻 88 Zhendao88	473	27		

3 讨论

本研究发现田间抗性鉴定中水稻品种对条纹叶枯病的抗性在年度和地区间表现出一定的差异,这与以往的报道一致,如孙卉等[4]将常优 1 号鉴定为高抗条纹叶枯病,而高泰东等[5]发现在水稻条纹叶枯病大发生年,常优 1 号仅表现为中抗。其原因可能来自于年度间和地区间虫量、带毒率、病毒致病性[12]、侵染时期、耕作栽培措施和农田气候环境等一系列因素的差异。然而这却给抗病品种在生产的推广应用带来

了一定的影响。多年多点重复试验是研究表型稳定性最为简单却最有效的手段,但尚未见水稻条纹叶枯病抗性鉴定的此类报道。为此,本研究分别选取了代表淮北稻区、苏中稻区和苏南稻区的楚州、姜堰和靖江三个试验点进行多年多点重复试验,提高了鉴定结果的代表性。研究中发现同一品种 2006 年在姜堰的抗性表现较高,这与该鉴定点接种强度和感病对照发病率较低相一致;而 2006 年在靖江的抗性表现较低,其原因除了该试验点有效接种强度较高外,还可能源于其一代虫量过高引发虫害,导致秧苗长势偏差而抗性下降。供试的 27 份粳稻品种是从 2002—2004 年江苏省区试和生试水稻品种中筛选出的抗性品种,本研究结果亦显示所有材料至少在一次鉴定中表现为抗病以上,但在不同年份和不同试验点都表现为高抗或抗病的品种仅有镇稻 88、连粳 4 号、徐稻 3 号等 9 个品种,建议作为抗病水稻品种在江苏及华东稻区推广应用。其中 2005 年镇稻 88 在姜堰和靖江两试验点鉴定后平均产量达 7 161 kg/hm^2, 而武育粳 3 号仅 4 243.5 kg/hm^2,病害大发生年的保产效应十分显著。

以往对于水稻条纹叶枯病抗病遗传的报道较多但不甚一致,Ikeda 等[13]曾报道 Kanto PL 3 对条纹叶枯病的田间抗性由 1 对主基因控制,Ise 等[14]和陆家安等[7]也报道了相同的结果,而孙黛珍等[9-10]则鉴定出 IR24 和窄叶青 8 号对条纹叶枯病的抗性由数量性状位点控制,其原因可能来自于研究材料的遗传背景和研究方法的差异。国外的经验表明利用抗病品种是水稻条纹叶枯病综合防治的根本策略[1],而目前江苏省大部分主栽粳稻品种对水稻条纹叶枯病的抗性较差[2],生产上迫切需要开展针对水稻条纹叶枯病的抗病品种选育工作,使用生产上现有的品种为抗病亲本无疑可以大大加快育种的进程。本研究采用田间鉴定方法研究发现镇稻 88 对条纹叶枯病的抗性受一对显性核基因的控制,其结果可以为水稻条纹叶枯病的抗病育种提供理论参考。同时在此基础上筛选与抗性紧密连锁的分子标记,可进一步应用于分子标记辅助育种[15]。

对于水稻条纹叶枯病的抗性鉴定,前人的研究往往单独以灰飞虱的发生量或带毒率作为鉴定接种强度的标准[7,10],而 Ise 等[14]则以感病对照的发病率作为抗性鉴定可靠性的标准。本研究提出了有效接种虫量的概念,并指出当其值在 $0.8\times10^6 \sim 3.6\times10^6/hm^2$ 范围内时可作为水稻条纹叶枯病田间抗性鉴定有效的参考指标。使用这一标准既可避免虫量较低而带毒率较高引起的对品种的抗性评价过低,又可防止带毒率过低而虫量过高导致抗性评价失真,同时较 Ise 等[14]的标准具有更强的可操作性。

致谢:本研究得到了姜堰植保站站长张银贵、徐小兰、吴扣兰,靖江植保站李华、刘永忠和楚州植保站王乃中等的大力支持和帮助,在此深表感谢。

参 考 文 献(References)

1 程兆榜,杨荣明,周益军,等. 关于水稻条纹叶枯病的防治策略的思考. 江苏农业科学,2003 增刊:3-5

2 周彤,吉健安,周益军,等. 水稻品种(系)田间抗条纹叶枯病鉴定初报. 江苏农业学报,2006,22(4):468-469

3 刘琴,徐健,张春梅,等. 江苏省粳稻新品种(系)对条纹叶枯病的抗性鉴定. 江苏农业科学,2004(3):42-43

4 孙卉,陈义宁,纪如桂,等. 不同水稻品种对条纹叶枯病的抗(耐)病性研究. 上海农业科技,2004(1):35

5 高泰东,花文杰,袁德银. 抗病品种在水稻条纹叶枯病大发生年的表现及应用建议. 江苏农业科学,2005(1):61-63

6 Washio O, Ezuka A, Sakurai Y, et al. Studies on the breeding of rice varieties resistant to stripe disease I. Varietal difference in resistance to stripe disease. Japan Journal of Breeding, 1967,17(1):91-98

7 陆家安,万常炤,邹馥梅,等. 水稻条纹叶枯病抗性的遗传. 上海农业学报,1990,6(4):33-37

8 邢祖颐,何家齐,刘志武,等. 籼粳稻杂交育种的研究——Ⅱ. 抗条纹叶枯病育种. 作物学报,1985,11(1):1-7

9 孙黛珍, 江玲, 张迎信,等. 水稻品种 IR24 抗条纹叶枯病相关 QTL 的检测. 作物学报, 2007,33(1): 25-30

10 孙黛珍, 江玲, 张迎信,等. 水稻抗条纹叶枯病数量性状座位分析. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 95-98

11 周益军,刘海建,王贵珍,等. 灰飞虱携带的水稻条纹病毒免疫检测. 江苏农业科学, 2004(1):50-51

12 任春梅,程兆榜,周益军,等. 江苏水稻条纹病毒致病型及应用评价. 江苏农业科学, 2007(3):58-60

13 Ikeda R, Kaneda C. Genetic relationships of brown planthopper resistance to dwarf disease and stripe disease resistance in rice. Japanese Journal of Breeding, 1982, 32(2):177-185

14 Ise K, Ishikawa K, Li C Y, et al. Inheritance of resistance to rice stripe virus in rice line 'BL 1'. Euphytica, 2002,127(2):185-191

15 万建民. 作物分子设计育种. 作物学报,2006,32(3):455-462