

水稻对稻曲病抗性的分级及相应级别的产量损失

李小娟^{1,2}, 刘二明^{1*}, 肖启明¹, 刘年喜³, 王金辉³, 谭小平³, 郑和斌³

(1.湖南农业大学 生物安全科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省植物保护研究所, 湖南 长沙 410125;
3.湖南省植保植检站, 湖南 长沙 410005)

摘 要:对 24 个水稻品种(系)与稻曲病抗性有关的 3 个主要组分(病穗率、平均每穗病粒数、每千粒含病粒数)进行主成分分析;用线性回归法分析衡阳具代表性的 14 个水稻品种产量损失率与平均每穗病粒数的关系;以中选组分用欧氏距离和最长聚类法对 101 个品种进行聚类。结果表明:平均每穗病粒数为主要抗性组分;14 个品种的产量损失率与平均每穗病粒数的回归方程为 $y=2.862 4x+0.542 7(P=0.000 1)$;用平均每穗病粒数组分,当阈值 $T=0.400 0$,将 101 个水稻品种聚为 6 类,依 6 类品种间的平均每穗病粒数值,并参照国际水稻病害分级标准,将水稻品种对稻曲病的抗性划分为 6 级,并将各级平均每穗病粒数值代入回归方程得出其产量损失率,即各级平均每穗病粒数和产量损失率为:0 级,0.000 粒,产量损失率 0,高度抗病;1 级,0.001~0.100 粒,产量损失率 0.546%~0.829%,抗病;3 级,0.101~0.410 粒,产量损失率 0.830%~1.716%,中度抗病;5 级,0.411~1.010 粒,产量损失率 1.717%~3.434%,中度感病;7 级,1.011~1.760 粒,产量损失率 3.435%~5.581%,感病;9 级,每穗病粒数 1.761 粒,产量损失率 5.582%,高度感病。

关 键 词:水稻;稻曲病;抗性分级;产量损失

中图分类号:S435.111.4⁺6 文献标志码:A 文章编号:1007-1032(2011)03-0275-05

Rating of rice resistance against *Ustilaginoidea virens* and relationship between resistance and yield loss

LI Xiao-juan^{1,2}, LIU Er-ming^{1*}, XIAO Qi-ming¹, LIU Nian-xi³, WANG Jin-hui³, TAN Xiao-ping³, ZHENG He-bin³

(1.College of Bio-Safety Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Plant Protection Institute of Hunan ,Changsha 410125, China; 3.Plant Protection and Quarantine Station of Hunan, Changsha 410005, China)

Abstract: To build up the resistant scale of rice cultivars against the false smut and to define relationship between the scale and rice yield loss, three main components of 24 cultivars relating to resistance against rice false smut were firstly analyzed by principal component analysis in this study. The relationship between percent yield loss (PYL) and the average diseased grains per panicle (ADGPP) was built by linear regression analysis. Based on the selected three components, 101 cultivars were clustered by the longest distance method with Euclidean distance. The result indicated that among the three components, ADGPP was a principal resistant component against rice false smut. The regression equation between PYL and ADGPP was $y=2.862 4x+0.542 7(P=0.000 1)$. Based on the above ADGPP, 101 cultivars were clustered into 6 groups by the above method at $T=0.400 0$. Thus 6 scales for evaluation of the rice cultivars against false smut in the field was built based on ADGPP, which agreed with Standard Evaluation System for Rice (SES) of International Rice Research Institute (IRRI), viz. scale 0, ADGPP=0.000 (highly resistant, HR); scale 1, ADGPP= 0.001–0.100 (resistant, R); scale 3,ADGPP=0.101–0.410 (moderate resistant, MR); scale 5, ADGPP= 0.411–1.010 (moderate susceptibility, MS); scale 7, ADGPP=1.011–1.760, (susceptibility, S); scale 9, ADGPP \geq 1.761 (highly susceptibility, HS). The PYL were 0, 0.546%–0.829%, 0.546%–0.829%, 0.830%–1.716%, 1.717%–3.434%, 3.435%–5.581% and above 5.582% for HR, R, MR, MS, S and HS scales respectively, which indicated resistant scales of rice cultivars and

收稿日期: 2010-03-30

基金项目: 湖南省重点科技攻关项目(05NK1005)

作者简介: 李小娟(1980—), 女, 湖南祁东人, 硕士, 主要从事植物病理学研究; *通信作者, ermingliu@163.com

PYL were negatively related.

Key words: rice; rice false smut (*Ustilagoidea virens* Tak.); resistant scale; yield loss

稻曲病是由半知菌稻绿核菌(*Ustilagoidea virens* (Cooke)Takahashi)引起的水稻穗部真菌性病害^[1],在世界各产稻区皆有发生,并呈加重趋势,不仅造成水稻产量降低,而且产生的稻曲病菌毒素对人畜有害^[1-6]。防治水稻稻曲病的主要措施是种植抗病品种^[7-8]。全国农业技术推广服务中心^[9]、唐春生等^[10]、国际水稻研究所(IRRI)^[11]用发病粒数的不同来划分稻曲病病情级别;金素心等^[12]用发病率来划分级别;施辰子等^[13-14]用产量损失率来划分级别,但这些病情级别的划分没有与品种抗性评价相结合,也没有把品种抗性级别与产量损失相联系。笔者通过对稻曲病的病穗率、平均每穗病粒数、平均每千粒含病粒数等3个主要病情组分进行主成分分析和栽培品种田间病情分类,以优选简明的病情组分划分水稻品种抗稻曲病的抗性级别,同时通过分析中选抗性组分与产量损失的关系,揭示品种的抗性级别与产量损失的联系,得出最有代表性的抗性组分与产量损失的关系,提出水稻品种抗稻曲病的抗性划分级别。

1 材料与方 法

2005年,调查湖南省衡南县一季稻24个杂交稻品种,从孕穗期开始,不进行稻曲病药剂防治,作因子分析;于衡阳调查的14个具代表性水稻品种(系)作产量损失研究;2006年,以湖南省桃江县稻瘟病

病圃栽培的101个水稻品种(系)为供试材料,每个品种(系)栽植200丛,病圃不喷施杀菌剂。调查采用五点取样,每点调查25丛。记载病丛数、每穗病粒数、每穗结实数,计算病丛率、病穗率、平均每穗病粒数、平均每千粒含病粒数。单穗不同病粒的样本各考查20穗,计算空秕率,测定千粒重。

将病穗率、平均每穗病粒数、平均每千粒含病粒数进行主成分分析^[19]。将数据进行标准化转换,选用欧氏距离和最长距离法对湖南省桃江县稻瘟病病圃栽培的101个水稻品种进行抗性分类^[15]。

平均每穗病粒数=总病粒数/总穗数;平均每千粒含病粒数=(总病粒数/总粒数)×1 000。

产量损失率= $((W_0 - W_i) / W_0) \times 100\%$,式中: W_0 为无病粒的实际千粒重, W_i 为发病粒数的实际千粒重, i 表示平均每穗病粒数($i=1, 2, 3, \dots$)。

2 结果与分析

2.1 水稻品种(系)稻曲病抗性组分主成分分析

将3个与抗性表现有关的组分(表1),即平均每穗病粒数(x_1)、病穗率(x_2)、平均每千粒含病粒数(x_3)进行主成分分析,结果(表2)显示, x_1 与 x_2 、 x_1 与 x_3 、 x_2 与 x_3 相关系数分别为0.974 1、0.986 7和0.964 4,它们之间呈极显著正相关。3个指标的特征向量相差小,权重系数分别为0.579 5、0.575 0、0.577 6。

表 1 衡南县 24 个杂交稻品种(系)的 3 个抗性组分平均值

Table 1 Mean values of 3 resistant components of 24 cultivars of Hengnan county

品种(系)	x_1	x_2	x_3	品种(系)	x_1	x_2	x_3
奥丰 A/G85	0.09	4.79	0.85	三香优 714	0.04	2.20	0.31
丰源优 288	0.50	20.40	4.07	天丰优 316	0.11	6.30	0.88
华优 451	0.57	22.11	4.75	中 9 优 663	0.06	4.06	0.41
中优 272	0.91	32.88	6.85	富优 2 号	0.09	5.50	0.85
K 优 817	0.05	3.57	0.47	K 优 451	0.05	3.96	0.40
金优 996	0.14	7.63	1.20	福优 964	0.58	23.20	4.30
华优 7 号	0.09	6.42	0.91	II 优 1577	0.43	23.10	3.45
新香优 53	0.20	10.79	1.48	B 优 838	0.47	24.10	3.49
五丰优 998	0.39	16.82	4.35	汕优 63	0.33	18.90	2.72
II 优 48	0.01	0.85	0.11	宜香 303	0.20	13.00	1.95
金优 113	0.13	6.70	1.07	D 优 13	0.20	9.41	1.72
威优 46	0.05	4.20	0.47	两优航 2 号	0.08	5.56	0.68

x_1 为平均每穗病粒数; x_2 为病穗率(%); x_3 为每千粒含病粒数。

第 1 个主分量所构成的信息量约为总信息量的 98.34%，几乎反映了全部信息。由于这 3 个反映病情的指标均极显著正相关，平均每穗病粒数较后 2

个更有代表性，且易调查统计；因此，采用平均每穗病粒数作为品种抗稻曲病评价指标。

表 2 3 个抗性组分的相关系数、规格化特征向量、特征值和累积百分率

Table 2 The correlation matrix, normalization eigenvectors, eigenvalue and eigenvalue's total percentage of the three resistant components

	x_1	x_2	x_3	规格化特征向量		特征值	百分率/%	累积百分率/%
x_1	1.000 0			0.579 5	-0.239 4	-0.779 0	2.950 1	98.337 9
x_2	0.974 1	1.000 0		0.575 0	0.797 5	0.182 6	0.037 9	1.262 5
x_3	0.986 7	0.964 4	1.000 0	0.577 6	-0.553 8	0.599 8	0.012 0	0.399 6

相关系数 R 临界值, $\alpha=0.05$ 时, $r=0.404 4$; $\alpha=0.01$ 时, $r=0.515 1$ 。

2.2 14 个品种(系)因稻曲病导致的产量损失

基于 14 个品种每穗病粒数与产量损失率(表 3)的关系，建立其线性回归方程(表 4)，回归系数 b 为 1.220 6~3.541 4，即每穗病粒数每增加 1 粒，产量损失率上升至病粒数的 1.220 6~3.541 4 倍。截距 a 在 0.160 5~3.504 5，相关系数 R 均在 0.960 0 以上，

各品种每穗病粒数与产量损失率回归方程 P 值均为 0.000 1，均差异极显著；14 个品种每穗病粒数与不同病穗粒数的平均产量损失率线性回归方程为 $y=2.862 4x+0.542 7$ ，相关系数 $R =0.973 6$ 。由回归方程得出，每穗病粒数增加 1 粒，病穗产量损失率上升至病粒数的 2.862 4 倍。

表 3 14 个品种(系)在每穗不同病粒数下的产量损失率

Table 3 The yield loss rate of 14 cultivars based on the average disease grains per panicle %

品种(系)	每穗不同病粒数的产量损失率										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
冈优 827	0.00	2.38	3.68	6.52	9.69	10.61	12.61	14.00	19.94	23.66	29.01
冈优 364	0.00	2.24	3.95	8.44	12.23	13.97	14.92	15.42	21.07	25.26	32.48
富优 1 号	0.00	3.60	5.33	9.32	11.44	12.90	14.01	17.54	20.45	20.40	27.15
红莲优 6 号	0.00	1.16	4.76	5.71	6.32	7.37	8.26	9.31	9.88	10.39	14.57
协优 7954	0.00	0.79	1.76	6.88	9.04	10.76	14.21	15.63	17.41	19.11	25.13
协优 63	0.00	7.34	12.16	13.86	15.19	17.30	21.48	24.97	26.47	30.50	36.43
富优 4 号	0.00	5.08	10.86	15.06	15.39	18.49	17.22	24.39	25.31	29.11	34.16
杨两优 6 号	0.00	2.20	4.42	7.15	9.16	12.00	16.87	21.04	18.78	25.97	36.56
特优 559	0.00	2.80	6.23	9.23	13.36	15.48	18.94	23.00	22.94	27.71	33.34
马贝银粘	0.00	5.24	10.43	11.06	12.43	17.48	19.23	22.58	28.44	33.06	38.88
油粘 8 号	0.00	2.78	4.25	5.51	8.83	11.43	13.65	16.46	20.59	21.75	25.64
国豪杂 3 号	0.00	4.77	9.66	10.17	11.03	15.44	18.13	21.06	24.96	28.71	34.17
富优 2 号	0.00	3.81	10.65	15.10	18.19	20.86	23.98	24.90	27.27	28.07	38.84
两优 96	0.00	4.70	11.60	16.00	18.10	23.10	24.40	26.10	27.20	29.00	37.60

表 4 14 个品种(系)每穗病粒数与产量损失率的回归方程

Table 4 The linear regression equation of percentage of yield loss based on disease grains per panicle of 14 cultivars

品种(系)	病粒数与产量损失率回归方程	R	品种(系)	病粒数与产量损失率回归方程	R
冈优 827	$y = 2.698 5x - 1.483 2$	0.979 0	杨两优 6 号	$y = 3.240 5x - 2.188 6$	0.967 4
冈优 364	$y = 2.931 7x - 1.024 1$	0.977 7	特优 559	$y = 3.178 1x - 0.160 5$	0.995 3
富优 1 号	$y = 2.430 2x + 0.770 9$	0.989 0	马贝银粘	$y = 3.541 4x + 0.368 4$	0.986 4
红莲优 6 号	$y = 1.220 6x + 0.963 2$	0.969 5	油粘 8 号	$y = 2.543 8x - 0.820 0$	0.995 0
协优 7954	$y = 2.441 4x - 1.232 3$	0.989 4	国豪杂 3 号	$y = 3.103 5x + 0.673 2$	0.989 1
协优 63	$y = 3.147 5x + 2.962 3$	0.986 3	富优 2 号	$y = 3.331 7x + 2.584 1$	0.972 5
富优 4 号	$y = 3.006 9x + 2.699 1$	0.979 7	两优 96	$y = 3.259 1x + 3.504 5$	0.973 6

2.3 水稻品种(系)的抗性分级及各级产量损失

101个水稻品种(系)的平均每穗病粒数列于表5,经最长聚类法聚类分析,当阈值 $T=0.400$ 时能清晰地将101个品种分为6类。

依据水稻品种抗稻曲病主要抗性组分平均每穗病粒数和一般抗病性分级,101个品种可划分为6个类型:0级,平均每穗病粒数0.000,高抗(HR);1级,平均每穗病粒数0.001~0.100,抗性(R);3级,平均每穗病粒数0.101~0.410,中抗(MR);5级,平均每穗病粒数0.411~1.010,中感(MS);7级,平均每穗病粒数1.011~1.760,感病(S);9级,平均每穗

病粒数 1.761,高感(HS)。

将上述水稻品种抗稻曲病的6个级别对应的平均每穗病粒数代入回归方程 $y=2.8624x+0.5427$ 中,计算出相应级别的产量损失率(表5):0级,产量损失率0;1级,产量损失率0.546%~0.829%;3级,产量损失率0.830%~1.716%;5级,产量损失率1.717%~3.434%;7级,产量损失率为3.435%~5.581%;9级,产量损失率 5.582%。

综合上述结果,水稻品种稻曲病的病情级别可划分为6级。随着品种病情级别的提高,产量损失增大。

表5 101个水稻品种(系)抗稻曲病分类

Table 5 Classification of 101 cultivars against rice false smut in the nursery

病级 (类别)	品种(每穗病粒数)	每穗病粒数 范围	产量 损失率/%	抗性 表型
0 (I)	中种 1A/成恢 448(0.000)、抗鉴 28(0.000)	0.000		HR
1 (II)	优 48(0.013)、华两优 164(0.020)、抗鉴 10(0.020)、中 9 优 938(0.020)、金优 2122(0.020)、645A/常恢 117(0.030)、抗鉴 3(0.030)、477(0.030)、抗鉴 29(0.030)、抗鉴 13(0.030)、抗鉴 18(0.030)、抗鉴 17(0.030)、桂稻 1(0.030)、三香优 714(0.040)、3962(0.040)、优 117(0.040)、K 优 817(0.050)、威优 46(0.050)、K 优 451(0.050)、先农 34(0.050)、429(0.050)、下筛 A40(0.050)、4050(0.050)、五优 308(0.050)、中 9 优 663(0.060)、YYY113A/H104(0.060)、冈优辐一号(0.060)、中优 80(0.060)、抗鉴 22(0.070)、8(0.070)、中 3 优 1286(0.070)、两航 2 号(0.080)、桂丝粘(0.080)、奥丰 A/G85(0.090)、华优 7 号(0.090)、富优 2 号(0.090)、奥优 136(0.090)、湘吉 06A/R185(0.100)、H297A/华 451(0.100)、3979(0.100)、青丰 10(0.100)	0.001~0.100	0.546~0.829	R
3 (III)	3 天丰优 316(0.110)、C 两优 96(0.110)、国豪杂 3 号(0.110)、金优 113(0.130)、华两优 284(0.130)、华优 171(0.130)、湘晚籼 13 号(0.130)、金优 96(0.140)、中优 700(0.140)、特优 559(0.140)、一丰 9 号(0.150)、C 优 2040(0.150)、屯优 2 号(0.150)、合优 3 号(0.160)、丰华占(0.180)、红优 527(0.180)、新香优 3(0.200)、宜香 303(0.200)、D 优 13(0.201)、T 优 259(0.220)、下筛 B8(0.230)、冈优 27(0.250)、金优 187(0.280)、油粘 8 号(0.280)、富优 1 号(0.320)、汕优 63(0.330)、汕优 364(0.330)、富优 4 号(0.340)、马贝银粘(0.360)、汕优 63(0.370)、抗鉴 1(0.380)、五丰优 998(0.390)、湘晚籼 12(0.390)、威优 46(0.400)	0.101~0.410	0.830~1.716	MR
5 (IV)	优 1577(0.430)、培两优 559(0.450)、B 优 838(0.470)、丰源优 288 (0.500)、冈优 364(0.530)、华优 451(0.570)、福优 964(0.580)、T706(0.610)、两优 0293(0.680)、新香优 207(0.690)、T111(0.700)、丰优 191(0.720)、II 优 416(0.740)、威优 111(0.780)、金优 207(0.780)、新香优 80(0.820)、五丰优 998(0.890)、中优 272(0.910)、7954(0.910)、资 100A/R299(1.010)	0.411~1.010	1.717~3.434	MS
7 (V)	两优培九(1.540)、抗鉴 4(1.760)	1.011~1.760	3.435~5.581	S
9 (VI)	红莲优 6 号(2.610)、E32(2.630)	1.761	5.582	HS

3 讨论

迄今为止,对于水稻品种稻曲病病情分级都以稻穗为单位,一种是以每穗病粒数为指标来划分级

别^[9-10,11,16-17],另一种是以病穗率来划分病情级别,采用每穗病粒数作为品种病情或抗性分级的居多^[14]。笔者通过与水稻稻曲病抗性表现有关的3个主要抗性组分的主成分分析,认为平均每穗病粒数可以作

为水稻品种抗性评价分级指标,并以国际上通用的0、1、3、5、7、9等6级来划分水稻品种的病情级别和相应的抗性级别,计算较简单,也反映了品种的实际受损程度。

通过每穗病粒数与品种产量损失率的回归分析,建立了品种抗性级别与平均每穗病粒数的产量损失率的关系,把水稻品种的抗性级别与产量损失程度有机结合,对于水稻品种的抗稻曲病的抗性评价和利用抗性品种防控稻曲病具有指导价值。

参考文献:

- [1] 王金辉,陈越华.湖南2004年中、晚稻稻曲病流行情况调查[J].中国植保导刊,2005,25(8):14-15.
- [2] Dhindsa H S, Aulakh K S, Chahal S S. Incidence and assessment of losses due to false smut of rice in Punjab[J]. Indian Phytopathol, 1991, 44: 120-121.
- [3] Chib H S, Tikoo M L, Kalha C S. Effect of false smut on yield of rice[J]. Indian J Mycol Pl Plant Pathol, 1992, 22: 278-280.
- [4] Sinha R K P, Sinha B B P, Singh A P. Assessment of yield loss due to false smut disease of rice[J]. J Appl Biol, 2003, 13: 35-37.
- [5] Nakamura K I, Izumiyama N. Lupiosis in rice caused by ustiloxin and crude extract of fungal culture of *Ustilaginoidea virens*[J]. Proc Jpn Assoc Mycotoxicol, 1992, 35: 41-43.
- [6] Koiso Y, Li Y, Iwasaki S, et al. Ustiloxins antimetabolic cyclic peptides from false smut balls on rice panicles caused by *Ustilaginoidea virens*[J]. J Antibiotics, 1994, 47: 765-773.
- [7] 黄金杯,刘二明,肖启明,等.18个水稻品种抗稻曲病的田间抗性评价[J].湖南农业科学,2009(1):69-72.
- [8] 李余生,朱镇,张亚东,等.水稻稻曲病抗性的主基因+多基因混合遗传模型分析[J].作物学报,2008,34(10):1728-1733.
- [9] 全国农业技术推广服务中心.农作物有害生物测报技术手册[K].北京:中国农业出版社,2006:115-117.
- [10] 唐春生,高家樟,曹国平,等.稻曲病病情分级标准的研究和应用[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2000,26(2):122-125.
- [11] IRRI. Standard Evaluation System for Rice[K]. Manila: International Rice Research Institute, 2002: 14.
- [12] 金素心,代光辉,何润梅,等.11个水稻品种稻曲病的田间抗病性评价[J].上海交通大学学报:农业科学版,2005,23(3):317-319.
- [13] 施辰子,郭玉人,陆保理,等.水稻稻曲病分级标准及导致产量损失的初步测定[J].上海交通大学学报:农业科学版,2003,21(2):152-155.
- [14] 张舒,陈其志,吕亮,等.湖北省水稻部分主栽品种对稻曲病的抗性鉴定[J].安徽农学通报,2006,12(5):76-78.
- [15] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:294-373.
- [16] 邓根生,刘铸德,杨治华.稻曲病分级标准研究[J].陕西农业科学,1989(4):23-25.
- [17] 李宪.药剂浸种防治稻曲病和品种抗病性鉴定[J].安徽农业科学,1996,24(3):245-246.

责任编辑:罗慧敏