

水稻品种次生物质与稻白叶枯病 (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) 抗性的关系

杨 朗^{1,2}, 梁广文^{1,*}, 曾 玲¹, 岑贞陆²

(1. 华南农业大学 昆虫生态研究室, 广东 广州 510642; 2. 广西农业科学院 植保所, 广西 南宁 530007)

摘要:应用高效液相色谱分析了对白叶枯病具有不同抗性水平的 12 个水稻品种中的 19 个(组)次生物质色谱峰(面积)的差异及其与白叶枯病抗性水平间关系。结果表明,水稻品种抗性水平与谱峰面积值之间相关极显著($R = 0.992, p < 0.01$),被测的 19 个组分中,峰 1、峰 2、峰 8、峰 10、峰 12、峰 14、峰 16 和峰 18 是影响水稻对稻白叶枯病抗性水平的主要抗原次生物质。建立了水稻品种对白叶枯病抗性级别与以上次生物质含量谱峰面积之间的回归模型: $Y = 10.7603 + 0.1823X_1 - 0.2287X_2 + 0.2163X_8 - 2.1975X_{10} + 0.0728X_{12} - 0.7438X_{14} + 1.1484X_{16} - 0.7795X_{18}$ 。研究结果表明水稻品种中起抗病作用的抗原次生物质不止一种,而是几种的组合,而且它们对水稻抗病性的贡献作用是不完全相同的,这与它们的性质与含量密切相关。提出了以抗原次生物质为标记的快速分析、鉴定、预测水稻品种对稻白叶枯病抗性水平的新途径、新方法。

关键词:水稻白叶枯病;高效液相色谱;次生物质;模型

文章编号:1000-0933(2008)08-4015-08 中图分类号:Q946.8 文献标识码:A

Relationship between the resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* and secondary compounds in rice leaves

YANG Lang^{1,2}, LIANG Guang-Wen^{1,*}, ZENG Ling¹, CEN Zhen-Lu²

1 Lab of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

2 Plant Protection Institute, Guangxi Academy of Agricultural Science, Nanning 530007, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(8): 4015 ~ 4022.

Abstract: The relationship between levels of 19 secondary compounds in rice leaves and resistance of 12 rice varieties resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* was investigated using high-performance liquid chromatography (HPLC). The relationship between level of *X. oryzae* resistance and the area values of chromatographic peaks were significant ($R' = 0.992, p < 0.01$). A resistant predictive model was established through multiple regression analysis: $Y = 10.7603 + 0.1823X_1 - 0.2287X_2 + 0.2163X_8 - 2.1975X_{10} + 0.0728X_{12} - 0.7438X_{14} + 1.1484X_{16} - 0.7795X_{18}$. This model

基金项目:国家“973”资助项目(20000162209, 2006CB2007, 2006CB100206, 2007CB116305);国家发展和改革委员会高技术产业化现代农业专项资助项目(040705011190316);国家农业部资助项目(2002-01-05A);广西亚热带生物资源保护利用重点实验室开放课题资助项目(SB0604)

收稿日期:2007-04-09; **修订日期:**2008-04-26

作者简介:杨朗(1976~),女,广西玉林人,博士,副研究员,主要从事农业有害生物生态控制和化学生态学研究. E-mail: yang2001lang@163.com, ylyanglang@gsaas.net

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gwliang@scau.edu.cn

致谢:国际水稻研究所(IRRI)基因资源中心和广西农业科学院黄思良博士提供了部分水稻种子,特此致谢。

Foundation item: The project was financially supported by National highness program Foundation (973 program) of China (No. 20000162209, 2006CB2007, 2006CB100206, 2007CB116305) and Fund of Agricultural Department of China (No. 2002-01-05A), Opening Foundation from the Guangxi Key Laboratory of Subtropical Bioresource Conservation and Utilization (No. SB0604)

Received date:2007-04-09; **Accepted date:**2008-04-26

Biography: YANG Lang, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in IPM of agricultural pest and chemical ecology. E-mail: yang2001lang@163.com, ylyanglang@gsaas.net

indicates that peak 1, peak 2, peak 8, peak 10, peak 12, peak 14, peak 16 and peak 18 are major secondary compounds that may influence varietal resistance to *X. oryzae*. The resistance of rice varieties to *X. oryzae* was closely associated with qualitative and quantitative combinations of the secondary compounds, suggesting that *X. oryzae* resistance arises from the combined action of several secondary compounds that vary in contribution to resistance of the varieties. These secondary compounds may be useful as markers to evaluate and identify the rice varietal resistance to *X. oryzae*.

Key Words: *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*; HPLC; secondary compounds; model

稻白叶枯病(Bacterial leaf blight of rice; pathogen: *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*)是水稻产区常见的主要灾害性病害之一,在热带亚洲各国发生较重。在中国,水稻白叶枯病的发生有百年历史,严重影响我国水稻的稳产高产,至今仍无有效的防治药剂^[1]。利用寄主的抗性来控制稻白叶枯病的效果最为明显^[2],而稻白叶枯病抗性鉴定是一个十分重要的研究内容,同时气候、季节性等因素干扰、影响稻白叶枯病抗性鉴定结果及进度^[3]。因此,寻求快速、简捷、准确、稳定的抗性鉴定新方法或新途径十分必要。植物具有显著的生化抗性,这些抗性与植物分泌的次生代谢产物有关,抗源品系特有的次生代谢产物——抗原次生化合物是其抗性的重要物质基础^[4,5],如葱蒜类、松柏类植物向外分泌大量挥发性物质(如酚、萜、萜类)都具有杀菌或抑菌活性^[3],植物体内的黄酮类和异黄酮类化合物也具有不同程度的抑菌作用^[6,7]。植保素类次生物质具有拮抗病原菌、抑制病原菌在寄主细胞内扩展的作用^[8]。有研究报道水稻白叶枯病抗病和感病品种叶片中含有几种具抗菌活性的物质,这些物质在抗病品种中含量高,而在感病品种中含量较低^[3];从水稻中分离的多种次生物质具有不同程度的抑制稻瘟病作用^[3];抗性水稻品种产生和释放的黄酮类物质既能抗病也能抗草^[9,10]。自从20世纪50年代发现能同时兼抗多种病虫害的重要次生物质丁布(DIMBAO)等羟基脂肪酸类物质及其衍生物以来,对水稻等禾本科作物的抗原次生化合物的研究表明,不同品种的抗性差异与植株中抗原次生化合物的有无和含量高低有密切的关系^[11~13]。一种次生物质可能同时与作物品种的抗草性、抗虫性和抗病性都有关系^[14];作物品种的抗性水平也可能同时与多种抗原次生化合物有关,它们的相互作用影响着作物品种的抗性水平^[15,16]。因此,利用特征次生化合物作为标记来评价作物品种的抗性水平是可行的^[13,17]。本研究利用高效液相色谱(HPLC)技术检测水稻中次生物质,并分析水稻抗白叶枯病与次生物质间关系,建立水稻对白叶枯病的抗性与抗原次生物质间的回归关系模型,为预测水稻品种抗病性水平、指导水稻抗病性的快速鉴定及抗源筛选与抗性品种的选育等工作提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 材料与抗病性鉴定

不同抗性水平的水稻品种由广西农科院植物保护研究所微生物课题组提供(表1、表4),所有品种对稻白叶枯病(IV型)的抗性由上述课题组鉴定,所有品种抗性生测值亦由其提供,抗性级别的确定采用国际通用的剪叶法接种,在孕穗期接种剑叶或倒二叶,接种21d后调查病情,按方中达等^[18]定级标准鉴定各品种的抗性级别。评价标准如下:剪口处无明显病斑(0级,高抗);病斑纵向扩展的长度2~3cm,或者仅有褐斑反应,或病斑面积小于10%(1级,抗);病斑长度小于接种叶长的1/4,或病斑面积少于接种面积的20%(3级,中抗);病斑长度达到1/4,但小于1/2,或病斑面积在20%~49%之间(5级,中感);病斑长度达叶长1/2,但小于3/4,或病斑面积在50%~74%之间(7级,感);病斑长度达到3/4,或病斑面积大于75%(9级,高感)。

1.2 样品处理与分析

在田间接种稻白叶枯病菌同时采集水稻植株的剑叶,每个品种采5个植株,作为5个重复,用保鲜袋装好带回实验室,用分析天平(BP121S,精确度为0.1mg)各称取0.1000g±0.0001g,剪碎后加5ml甲醇浸泡12h后取上清液,待溶剂完全挥发后,加入1ml体积比1:1的甲醇水溶液静置12h,用微孔过滤器过滤(孔径0.45μm),滤液作为测试样品,用于高效液相色谱仪(HPLC)检测分析。

色谱条件主要参考 Mattice 等^[17]、孔垂华等^[10]和赵颖等^[13]的方法。为提高各色谱峰分离度,本研究对他们的方法稍微进行了改进,确定为: C₁₈ 反相柱(Hypersil ODS 5 μ m, 4.0mm $\times$ 300mm);紫外检测器(G1314A VWD),检测波长为 320nm;进样量为 10 μ l;以 1% 的乙酸水溶液(A)和乙腈(B)的二元混合溶剂为梯度洗脱的流动相进行测定。色谱条件调整为:在 1.5ml $\cdot$ min⁻¹流速下,以 ϕ 为 8% 的 A 洗脱 3min 后,在 25min 内把 A 提高到 ϕ 为 35%,然后在 6min 内把 A 降到 20%,最后把 A 再降回 ϕ 为 8%,共运行 30min。

2.3 数据分析

谱图中出峰较好的谱峰的峰面积值用于数据分析,运用多元回归分析对谱峰的峰面积值与品种抗性级别值之间的关系进行研究,以便确定其中与抗病有关的主要谱峰。采用 DPS 统计软件(2004 专业版)进行统计分析和检验。

3 结果与分析

3.1 色谱图分析

应用 HPLC 仪分析的色谱峰主要集中在 10~23min 内,水稻品种在这段保留时间内分离较好的色谱峰见图 1,共定义了 19 个峰,对应 19 种抗原次生物质。每个峰代表 1 种或 1 类次生物质,峰面积值 X_j ($j=1\sim 19$) 代表次生物质的含量,对 19 个峰的峰面积值进行方差分析,结果见表 1。

3.2 次生物质含量与品种抗性的关系

被测的 19 种(类)次生物质含量在不同供试的品种之间均存在差异。而且这种差异不是品种间简单的有或无某种次生物质或组分的差异,而是品种间这些物质的含量及不同次生物质之间在含量和组合上的差异(表 1)。

应用 DPS 分析软件对每个水稻品种的 19 种抗原次生物质含量和抗性级别间回归关系进行逐步回归分析,建立水稻抗性级别值(Y)与特征次生物质含量(X_j)间的关系模型。

建立的抗性模型方程为:

$$Y = 10.7603 + 0.1823X_1 - 0.2287X_2 + 0.2163X_8 - 2.1975X_{10} + 0.0728X_{12} - 0.7438X_{14} + 1.1484X_{16} - 0.7795X_{18}$$

式中, Y 表示抗性值,其值越大,抗性越弱,反之抗性越强; X_j 表示各谱峰的峰面积值,相对应某次生物质的含量。

其中模型的有关指标参数如下:相关系数 $R = 0.9979$,调整后相关系数 $R' = 0.9923$;方差分析 $F = 13.624$,其显著水平 $p = 0.0018$;Durbin-Watson 统计量 $d = 1.894$ 。模型各回归系数的偏相关系数和显著水平见表 2。应用所建立的模型对 12 个建模品种进行拟合,结果见表 3。

从有关指标和表 2、3 来看,回归模型方程方差分析 F 值的显著水平 p 小于 0.05,统计量 $d = 1.894$ 接近 2;回归方程中各个回归系数的偏相关系数的显著水平均小于 0.05,说明所建立的回归方程的可靠性、准确性和代表性较好,能较好地拟合次生物质含量(各谱峰的面积)与水稻对稻白叶枯病 IV 型病菌的抗性级别之间的关系。由方程模型可知,这些次生物质对水稻抗性的贡献有些为正,有些则为负。 X_2 、 X_{10} 、 X_{14} 和 X_{18} 自变量的系数为负数,所对应的次生物质含量增加将降低水稻对稻白叶枯病 IV 型病菌的抗性级别值,亦即增强水稻的抗病性;而 X_1 、 X_8 、 X_{12} 和 X_{16} 自变量的系数为正数,所对应的次生物质含量的增加则会增大水稻对稻白叶枯病 IV 型病菌的抗性级别值,亦即降低水稻的抗病性。

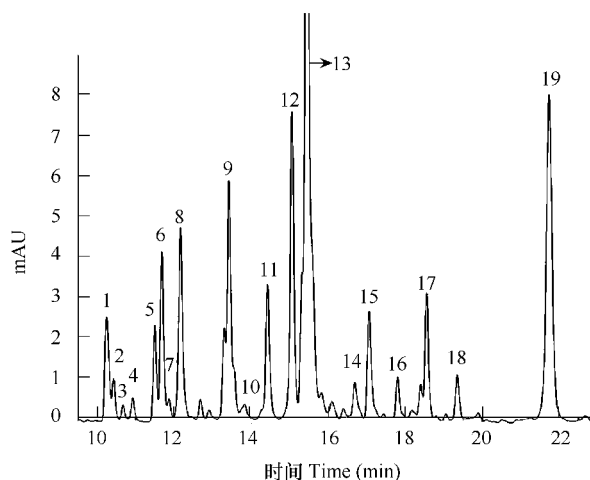


图 1 水稻品种金刚 30 叶片甲醇提取物的 HPLC 分析代表图

Fig. 1 The typical pattern of rice leaf secondary compounds by HPLC (variety: Jingang30)

表 1 12 个水稻品种对稻白叶枯病的抗性级别值与 HPLC 谱峰面积
Table1 Scales of 12 rice varieties resistant to *X. oryzae* and area values of their HPLC chromatographic peaks

品种 Varieties	抗性级别 Resistant score	峰面积值 Area values of peaks											
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9			
IR26	3	11.923cd	4.212d	2.181c	6.734b	11.897d	0.000d	2.372d	14.185e	48.492bc			
南梗 15 ,Nangeng15	7	19.998cd	26.457c	12.843b	3.661bc	17.778cd	0.000d	0.000e	32.561c	32.303de			
金刚 30Jingang30	9	20.114cd	6.256d	2.766c	3.512bc	15.141d	24.097ab	3.796ab	33.315c	54.865bc			
DY85	3	14.582cd	9.928d	4.872c	4.157bc	0.000e	32.929a	0.000e	21.807de	7.676f			
BC90-2	3	26.941c	8.956d	3.891c	2.732bc	15.594d	31.386a	4.171a	24.841cd	58.221b			
红谷占,Hongguzhan	3	26.429cd	26.867bc	10.706b	0.000c	24.167bc	16.619bc	0.000e	51.040b	5.201g			
桂 99 ,Gui-99	3	25.456cd	10.999d	5.701c	16.187a	15.392d	2.792d	3.395ab	27.921de	99.142a			
桂 33 ,Gui-33	3	14.581cd	5.959d	3.084c	12.179a	9.267d	2.414d	2.302d	16.221e	60.712b			
广选 3 号,Guangxuan-3	3	10.381cd	10.815d	4.142c	0.000c	0.000e	18.045bc	4.271a	32.581c	6.141g			
双桂 1 号,Shuanggui-1	9	8.772d	4.671d	2.007c	0.000c	10.406d	8.683cd	2.952cd	23.741de	43.797cd			
IR8	9	65.147a	79.234a	33.441a	0.000c	67.295a	24.125ab	3.043bc	101.645a	22.182ef			
红南 Hongnan	9	35.746b	38.408b	17.335b	0.000c	27.458b	18.259bc	0.000e	62.778b	3.092g			

品种 Varieties	抗性级别 Resistant score	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}
IR26	3	2.305cd	0.000g	5.359ef	40.928def	0.000i	16.322ef	0.000d	9.841bc	9.559de	190.464a
南梗 15 ,Nangeng15	7	0.000d	3.973fg	0.000f	48.807de	5.316fg	14.941f	0.000d	8.253c	5.881f	137.068bc
金刚 30 Jingang30	9	5.731a	29.848bc	61.178a	195.141b	10.931c	25.217c	10.993b	20.092a	9.889de	84.824fg
DY85	3	0.000d	4.749fg	4.359ef	143.919c	4.889fg	21.123cde	0.000d	9.446bc	11.979cd	127.791de
BC90-2	3	5.331ab	30.853abc	64.656a	181.184b	12.951b	31.989b	11.302b	23.064a	15.591b	159.325ab
红谷占 Hongguzhan	3	3.993bcd	32.169ab	21.824cd	19.646ef	2.718h	7.642g	0.000d	7.484c	11.011cde	132.629bcd
桂 99 ,Gui-99	3	3.069b	4.593fg	7.731ef	68.084d	6.932ef	23.183cd	5.615c	10.932bc	14.302bc	140.393b
桂 33 ,Gui-33	3	2.568cd	6.313fg	11.503def	131.636c	8.621de	19.244def	5.989c	8.808bc	10.536de	130.501de
广选 3 号,Guangxuan-3	3	2.959cd	22.624cd	13.045de	12.979f	3.339gh	5.921g	0.000d	5.773c	7.629ef	140.236b
双桂 1 号,Shuanggui-1	9	2.863cd	11.099ef	32.662c	133.748c	10.249cd	20.991cde	11.551b	13.929b	11.848cd	100.165ef
IR8	9	5.923a	40.721a	48.856b	243.124a	14.921a	47.424a	19.260a	22.306a	24.484a	100.001ef
红南 Hongnan	9	4.885bc	19.118de	21.464cd	26.914ef	4.091gh	18.064def	6.152c	9.085bc	9.775de	51.668g

表中同列数据后有相同字母者表示在 0.05 水平上差异不显著 (DMRT 法) The same small letters in a column indicate no difference at $p = 0.05$ (DMRT' s SSR)

表2 方程各个回归系数的偏相关系数及显著水平

Table 2 Partial correlation and Prominent level of each variable in model equation

变量 Variable	偏相关 Partial correlation	t 检验值 t-test	显著水平 p Prominent level	变量 Variable	偏相关 Partial correlation	t 检验值 t-test	显著水平 p Prominent level
$r(Y, X_1) =$	0.9323	4.4677	0.0111	$r(Y, X_{12}) =$	0.9461	5.0609	0.0071
$r(Y, X_2) =$	-0.9434	4.9288	0.0078	$r(Y, X_{14}) =$	-0.9778	8.0829	0.0012
$r(Y, X_8) =$	0.9695	6.8564	0.0023	$r(Y, X_{16}) =$	0.9942	16.1073	0.0001
$r(Y, X_{10}) =$	-0.9852	9.9537	0.0005	$r(Y, X_{18}) =$	-0.9931	14.6659	0.0001

表3 应用模型对建模 12 个品种拟合的结果

Table 3 The forecasting results of 12 varieties through using model

品种 Varieties	生测值 Bioassay score	拟合值 Simulate score	拟合误差 Simulate error	品种 Varieties	生测值 Bioassay score	拟合值 Simulate score	拟合误差 Simulate error
IR26	3	2.91	0.09	桂 99Gui-99	3	2.88	0.12
南梗 15Nangeng15	7	6.86	0.14	桂 33Gui-33	3	3.00	-0.00
金刚 30, Jingang30	9	8.84	0.16	广选 3 号 Guangxuan-3	3	3.24	-0.24
DV85	3	3.21	-0.21	双桂 1 号 Shuanggui-1	9	8.91	0.09
BG90-2	3	3.17	-0.17	IR8	9	8.96	0.04
红谷占, Hanguzhan	3	2.68	0.32	红南 Hongnan	9	9.29	-0.29

“0~4.9”表示品种为抗病;“5~9”表示品种感病 “0~4.9” indicate that a variety was resistant to *X. oryzae*; “5~9” indicate that a variety was susceptible to *X. oryzae*

3.3 抗性关系模型的验证

应用抗性关系模型对 61 个水稻品种进行抗性预测,结果见表 4。按抗感标准划分,拟合值“0~4.9”表示品种为抗病、“5~9”表示品种感病,各水稻品种对稻白叶枯病的抗性水平用模型预测结果即拟合值与田间生测鉴定的结果即生测值基本吻合,吻合率达 85.2%。

4 讨论

本研究借助 HPLC,有选择地分析了稻株中强极性、非挥发性物质(组分)与品种抗病性之间的关系。运用多元回归分析,同时考虑可分析的 19 个次生物质组分对水稻抗病性的影响,使分析结果可以较全面地反映水稻品种所含次生物质的组合和含量,以及它们对品种抗性的综合影响。结果表明,品种抗病性确实与被分析的非挥发性组分的含量及组合密切相关,其中峰 1、峰 2、峰 8、峰 10、峰 12、峰 14、峰 16 和峰 18 是影响水稻抗稻白叶枯病的主要次生物质。这 8 个次生物质组分对水稻抗性的贡献有些为正,有些则为负,它们的贡献作用也是各不相同的,不能进行简单的加减,通过方程可以表示出来。对比抗草品种的 HPLC 谱图^[10]初步确定,峰 8、峰 11、峰 12、峰 13 分别可能是间阿拉伯糖甙 17 烷基苯酚(峰 8)、木糖甙木犀草素(峰 11)、葡萄糖甙羟基脲酸(峰 12)和葡萄糖甙甲基羟基脲酸(峰 13),它们可能同时与水稻化感潜力与抗病虫性有关。苯酚类物质在染料、炸药、农药等生产中具有重要的地位^[19],李辉等报道 2,3-二甲氧基-5-甲基苯酚及其衍生物对苹果炭疽病菌、白菜黑斑病病菌、番茄灰霉病菌、番茄早疫病病菌、水稻稻瘟病菌等具有较好的抑菌活性^[20]。脲酸类物质与植物的抗病虫性具有密切的关系^[21~24]。已有研究报道木犀草素在医学上有明显的止咳、抗炎、去痰、平喘作用^[25],其对金黄色葡萄球菌、枯草杆菌有较好的抑制和杀菌效果,对白色念珠菌的效果次之,对大肠杆菌和黑曲霉均无活性^[26],木犀草素及其配糖体还具抗病毒、抗菌和抗氧化活性^[27],然而在本研究中,木犀草素(峰 11)并没有被列入抗性模型中作为抗性鉴定的物质之一,可能这种物质在不同品种的水稻中差异不大,或者它对白叶枯病的活性不够,这些还有待研究。对于苯酚类和脲酸类物质对稻白叶枯病菌的活性研究尚未见有关报道,本文的研究结果可以为这方面的深入研究提供参考。其它峰所代表的物质属性与作用机制还鲜见相关报道。各相关组分的分离、鉴定及其抗病作用机制有待进一步研究。

表 4 水稻品种抗性级别的生测值与拟合值

Table 4 Bioassay scores and the simulated scores for the *X. oryzae* resistance of different rice varieties

编号 No.	水稻品种 Varieties	生测值 Bioassay score	拟合值 Simulate score	拟合误差 Simulate error	编号 No.	水稻品种 Varieties	生测值 Bioassay score	拟合值 Simulate score	拟合误差 Simulate error
1	RP2151-224-4	3	1.93	1.07	31	IR 24	7	10.12	-3.12
2	FRX23F3B-13F6BF7	1	-0.37	1.37	32	MILYANG	9	8.79	0.21
3	IR-BB7	5	7.77	-2.77	33	KOGYOKU	7	5.83	1.17
4	IR32822-94-3-3-2-2	3	1.51	1.49	34	NIGERIA 5	3	2.75	0.25
5	DR60	9	8.14	0.86	35	乐软优 213, Leruanyou213	7	7.76	-0.76
6	IR-BB59	3	1.29	1.71	36	中优 679, Zhongyou679	5	4.18	0.82
7	FR13A	5	6.79	-1.79	37	新华 S/821, XinhuaS/821	7	10.76	-3.76
8	B5332-13D-MR-1-1	3	1.82	1.18	38	玉香占, Yuxiangzhan	3	2.41	0.59
9	IR-BB5	3	4.12	-1.12	39	CHeongcheongbye	3	1.09	1.91
10	IR62243-41-1-3-3	3	5.99	-2.99	40	KUNTLAN	5	8.91	-3.91
11	IR-BB4	5	4.9	0.1	41	中优 106, Zhongyou106	3	2.12	0.88
12	BR(BE)6158-RWBC2-4-4	3	2.12	0.88	42	IR53294-65-1-1-3	5	6.21	-1.21
13	BJI	3	5.13	-2.13	43	BTS-24	1	1.05	-0.05
14	B2983B-SR-85-3-2-4	5	3.31	1.69	44	IR62141-114-3-2-2-2(PSB RC80)	3	5.98	-2.98
15	86945-1	9	8.11	0.99	45	IR-BB205	3	2.81	0.19
16	IR-BB56	3	4.48	-1.48	46	IR-BB51	3	1.27	1.73
17	DM167-4	9	8.17	0.83	47	IR47310-63-1-1-1	5	3.72	1.28
18	IR22082-41-2	9	5.76	3.24	48	IR35311-25-2-1-3	5	6.01	-1.01
19	CNT87035-75-2-1	5	4.16	0.84	49	IET13711	3	0.38	2.62
20	CSR-88IR-11	5	7.62	-2.62	50	IR-BB54	3	1.02	1.98
21	IR-BB58	5	7.41	-2.41	51	BR1725-13-7-16	3	2.45	0.65
22	IR-BB11(T)	9	8.52	0.48	52	CN566-915-63-4	7	6.82	0.18
23	博优 517, Boyou517	9	7.15	1.85	53	IR48725-B-B-86-2-2	5	5.55	-0.55
24	9940	9	5.69	3.31	54	MILYANG42	3	0.83	2.17
25	IR53912-98-1-2-2	5	5.41	-0.41	55	IET13652	3	5.92	-2.93
26	Suweon290- Hangangchalbye	5	5.17	-0.17	56	中优 258, Zhongyou258	7	7.52	-0.52
27	博优 282, Boyou282	9	6.13	2.87	57	IR-BB57	3	1.81	1.19
28	IR-BB1	9	6.84	2.16	58	玉晚占, Yuwanzhan	3	3.12	-0.12
29	TETEP	9	9.41	-0.41	59	玉香占, Yuxiangzhan	3	1.33	1.67
30	天优 3550, Tianyou3550	7	7.68	-0.68	60	IR-BB3	9	7.45	1.55
					61	JAVA 14	9	7.41	1.59

“0~4.9”表示品种为抗病;“5~9”表示品种感病 “0~4.9” indicated variety was resistant to *X. oryzae*; “5~9” indicated variety was susceptible to *X. oryzae*

目前,白叶枯病仍是我国水稻生产上的重要病害之一,仍缺乏十分有效的防治药剂,选育抗病品种是控制稻白叶枯病最经济、有效的措施,既避免了污染环境,又可以降低成本和人力投入^[28]。稻白叶枯病的抗性鉴定是抗性遗传及抗病育种的基础,鉴定的结果的可靠性及方法的快速、简便、准确直接影响到下一步工作的开展。目前常采用剪叶接种法于稻株剑叶平展期接菌,接种后 15 d (粳) 或 20 d (籼),采叶测量病斑长度,抗、感病性状等级按 IRRI 菌系华氏标准划分,以期鉴别水稻品种抗病性状的情况。该法存在的主要问题是易受诸多因素影响:如天气(气候)的影响,接种时期、叶位、田间种植布局,季节强,病害潜育期长短,菌种易发生变化等等^[29]。利用本研究中次生物质与白叶枯病之间的抗性模型方法,该法能保证被测得的次生物质不被分解,与活体水稻植株中的存在形式一致,使分析结果更客观、可靠,可以作为品种抗性鉴定及抗源筛选的一种预备性试验的尝试手段,进行初测,使目标更为集中,并且对于进一步了解品种的抗性遗传研究与分析,可

以作为一种辅助的研究方法,但是本研究建立的抗性模型用于验证其它品种的吻合率不是非常理想,这可能与建立模型的品种数量较少有关,因此仍有待对模型进行进一步的修正及验证。

从本质来看,次生物质的新陈代谢受基因控制,亦可以说次生物质是基因的产物,因此和抗病性相关的次生物质研究最终又要回到抗病基因的研究。研究次生物质的产生与基因间的内在关系以及水稻与病原菌之间的相互作用模式仍为今后研究的一个主要内容。

References:

- [1] Wang C L, Zhang Q, Yang W C. Analysis of resistance to Bacterial Blight in rice varieties. *China seeds*, 1995, (2): 26—30.
- [2] Zhang Q. Highlights in identification and application of resistance genes to Bacterial blight. *Chinese J Rice Sci*, 2005, 19 (5): 453—459.
- [3] Wu S Z. Bacterial blight of rice and its control. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing Company, 1983. 98—101.
- [4] Pang X F. Plant protectants and plant immune engineering against insect pests. *J World Sci-Tech Res Dev*, 1999, 21 (2): 24—28.
- [5] Zhou M Z. Principles and applications of crop resistance to insects. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1992. 1—359.
- [6] Xie P, Zhang M H. Research progress on flavonoids in antibacterial. *China Animal Health*, 2004, (12): 35—37.
- [7] Liu R R, Hu Y L, Lin Z P. Progress in genetic engineering of Soybean Isoflavone biosynthesis in plants. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2007, 15 (5): 888—895.
- [8] Wang Y, Li W X, Sheng G L. Properties of phytoalexins in rice. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1999, 17 (supplement): 105—109.
- [9] Rakwal R, Agrawal G K, Yonekura M, *et al.* Naringenin-7-O- methyltransferase involve in the biosynthesis of the flavone phytoalexin sakuranetin from *Oryza sativa* L. *Plant Science*, 2000, 155: 213—221.
- [10] Kong C H, Xu X H, Hu F, *et al.* Using specific secondary metabolites as markers to evaluate allelopathic potentials of rice varieties and individual plants. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47 (3): 203—206.
- [11] Besson E, Dellamonica G, Chopin J, *et al.* C-glycosyl flavone from *Oryza sativa*. *Phytochemistry*, 1985, 24 (5): 1061—1064.
- [12] Niemeyer H M. Hydroxamic acids (4-hydroxy-1, 4-benzoxazin-3-ones), defense chemicals in the Gramineae. *Phytochemistry*, 1985, 27 (11): 3349—3358.
- [13] Zhao Y, Huang F K, Tong X L, *et al.* Secondary compounds in rice varieties resistant to *Nilaparvata lugens*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15 (11): 2161—2164.
- [14] Niemeyer H M, Perez F J. Potential of hydroxamic acids in the control of cereal pests, diseases, and weeds. *A CS Symp Series*, 1995, 582: 260—270.
- [15] Chung I M, Kim K H, Ahn J K, *et al.* Screening of allelochemicals on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and identification of potentially allelopathic compounds from rice (*Oryza sativa*) variety hull extracts. *Crop Prot*, 2002, 21: 913—920.
- [16] Kim M, Koh H S, Fukami H. Isolation of C-glycosylflavones as the probing stimulant of planthoppers in rice plant. *J Chem Ecol*, 1985, 11: 441—452.
- [17] Mattice J D, Dilday R H, Gbur E E, *et al.* Barnyardgrass growth inhibition with rice using high-performance liquid chromatography to identify rice accession activity. *Agronomy Journal*, 2001, 93: 8—11.
- [18] Fang Z D, Xu Z G, Guo C J, *et al.* Study on pathotypes of *Xanthomonas campestris* PV. *Oryza* in China, *Acta Phytopathologica Sinica*, 1990, 20 (2): 81—88.
- [19] Kidak R, Ince N H. Ultrasonic destruction of phenol and substituted phenols: A review of current research. *Ultrasonics Sonochem*, 2006, (13): 195—199.
- [20] Li H, Zhang J W, Shao Y P, *et al.* Synthesis and Bioactivities of 2,3-Dimethoxy-5-Methylphenol. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2007, 16 (6): 225—229.
- [21] Yan F M. Research advances in DIMBOA. *Entomological Knowledge*, 1995, 32 (2): 178—180.
- [22] Klun J A, Brindley T A. 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1, 4-benzoxazin -3-one (DIMBOA), an active agent in the resistance of maize to the European corn borer. *J. Econ. Entomol.*, 1967, (60): 1529—1533.
- [23] Huang R D, Ma H T, Wu Q, *et al.* Aphid resistant characteristics and their relations with secondary metabolites in Sorghum. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 1998, 29 (4): 287—290.
- [24] Nicol D, Wratten S D. The effect of hydroxamic acid concentration at late growth stages of wheat on the performance of the aphid Sitobion avenae. *Ann. Appl. Biol.*, 1997, 130: 387—396.
- [25] Gong F J, Wang G L, Wang Y W. Chemical constituents of the flowers of *dendranthema indicum* var. *aromaticum* *Journal of Wuhan Botanical*

Research, 2005, 23(6): 610—612

- [26] Hu H B, Wang X, Liu J X, *et al.* Study on the antifungal components in the root of *Elsholtzia bodinieri* Vaniot. Journal of Sichuan University (Natural Science Edition), 2006, 43(4): 913—917.
- [27] Ma S C, Liu Y, Bi P X, *et al.* Antiviral activities of flavonoids isolated from *Lonicera japonica* Thun. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2006, 26(4): 426—430.
- [28] Ji G H, Zhang S G, Wei L F, *et al.* Preliminary analysis of resistance gene analogs for rice cultivars to Bacterial Blight in Yunnan. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(10): 969—974.
- [29] Wang L Q. Identification and utilization of Bacterial Leaf Blight resistance in hybrid rice. Hybrid Rice, 1998, 13(5): 26—28.

参考文献:

- [1] 王春莲, 章琦, 杨文才. 对水稻品种抗白叶枯病的评价. 作物品种资源, 1995, (2): 26~30.
- [2] 章琦. 水稻白叶枯病抗性基因鉴定进展及其利用. 中国水稻科学, 2005, 19(5): 453~459.
- [3] 伍尚忠. 水稻白叶枯病及其防治. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [4] 庞雄飞. 植物保护剂与植物免害工程. 世界科技研究与发展, 1999, 21(2): 24~28.
- [5] 周明祥. 作物抗性原理及应用. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.
- [6] 谢鹏, 张敏红. 黄酮类化合物抑菌作用的研究进展. 中国动物保健, 2004, (12): 35~37.
- [7] 刘蓉蓉, 胡鸢雷, 林忠平. 合成大豆异黄酮的植物基因工程研究进展. 农业生物技术学报, 2007, 15(5): 888~895.
- [8] 王煜, 李文新, 盛桂莲. 水稻植保素的诱导生成及其特性. 武汉植物学研究, 1999, 17(增刊): 105~109.
- [10] 孔垂华, 徐效华, 胡飞, 等. 以特征次生物质为标记评价水稻品种及单植株的化感潜力. 科学通报, 2002, 47(3): 203~206.
- [13] 赵颖, 黄凤宽, 童晓立, 等. 水稻品种中抗褐飞虱抗原次生物质的分析. 应用生态学报, 2004, 15(11): 2161~2164.
- [18] 方中达, 许志刚, 过崇俭, 等. 中国水稻白叶枯病菌致病型的研究. 植物病理学报, 1990, 20(2): 81~88.
- [20] 李辉, 张继文, 邵彦坡, 等. 2,3-二甲氧基-5-甲基苯酚衍生物的合成及生物活性. 西北农业学报, 2007, 16(6): 225~229.
- [21] 阎凤鸣. 丁布研究进展. 昆虫知识, 1995, 32(2): 178~180.
- [23] 黄瑞冬, 马鸿图, 吴琼, 等. 高粱抗蚜性状与次生代谢物关系的研究. 沈阳农业大学学报, 1998, 29(4): 287~290.
- [25] 龚复俊, 王国亮, 王有为. 神农香菊花的化学成分研究. 武汉植物学研究, 2005, 23(6): 610~612.
- [26] 胡浩斌, 王鑫, 刘建新, 等. 东紫苏根中抑菌活性成分的研究. 四川大学学报(自然科学版), 2006, 43(4): 913~917.
- [27] 马双成, 刘燕, 毕培曦, 等. 金银花药材中抗呼吸道感染病毒感染的黄酮类成分的定量研究. 药物分析杂志, 2006, 26(4): 426~430.
- [28] 姬广海, 张世光, 魏兰芳, 等. 云南抗白叶枯病稻种的 RGA 初析. 作物学报, 2004, 30(10): 969~974.
- [29] 汪刘琼. 杂交水稻白叶枯病抗性鉴定及利用. 杂交水稻, 1998, 13(5): 26~28.