

主要农作物 抗病性遗传 研究进展

The Pivotal Research

Programme

02-01-01

Sponsored

by Agricultural Ministry

of P.R.C

农业部“七五”项目

农02-01-01专题

ADVANCES
IN RESEARCHES
ON RESISTANCE TO DISEASES
IN MAJOR CROPS

江苏科学技术出版社

JIANGSU SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

主要农作物抗病性遗传研究进展

ADVANCES IN RESEARCHES ON RESISTANCE
TO DISEASES IN MAJOR CROPS

农业部“七五”项目农02-01-01专题

The pivotal Research programme 02-01-01 sponsored by Agricultural
Ministry of P.R.C.

1986——1990

主编 朱立宏

Chief editor Zhu Lihong

副主编 陆维忠 谢岳峰

Deputy editor Lu Weizhong Xie Yuefong

江苏科学技术出版社

Jiangsu Science—Technology publishing House

南京 Nanjing 210009

主要农作物抗病性遗传研究进展

主 编 朱立宏

付 主 编 陆维忠 谢岳峰

责任编辑 张湘君

出版发行：江苏科学技术出版社

印 刷：江苏省农业科学院印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18.5 插页 2 字数 451,000

1990年8月第1版 1990年8月第1次印刷

印数 1—1,500册

ISBN 7—5345—1001—5

S · 131

定价：14.00元

序

我国以仅占世界 7 % 的耕地面积给养着占世界 22 % 的人口，这不能不说是世界的奇迹。增长着的人口数量和日益提高的人民生活水平正不断地向我国的农业生产和农业科学家发起严峻的挑战。提高单位面积产量是我国农业生产的唯一出路。水稻、小麦和玉米是我国最主要的粮食作物。这三个作物生产水平的提高直接决定我国人民的粮食供给水平。

病害是农作物高产稳产的重要限制因子。在与病害的斗争中，选育抗病品种是最经济有效的措施，与药剂防治相比，它节省农本又不污染环境，因而抗病育种成为国家农作物育种攻关的重点内容之一。抗病性是寄主与寄生物相互作用的结果，其表现形式包括抗感染与抗发展两方面。在寄主与寄生物长期的相互适应过程中，寄生物的致病性可能产生分化，寄主也会有抗病性的分化。科学的抗病育种必须掌握病原生物的遗传变异特性和作物抗病性的遗传变异特点，当然抗病育种的物质基础首先在于发掘抗病的基因资源。

我国作物抗病遗传与育种研究已经有了迅速发展，尤其“七五”期间农业部设立了专项攻关课题，资助主要农作物的抗病遗传研究，更起到促进和推动作用。这本论文集收录了农业部“七五”重点课题农 02-01-01 专题中水稻抗稻瘟病、白叶枯病、纹枯病，小麦抗赤霉病、白粉病，玉米抗大、小斑病等方面最新的研究报告 37 篇。内容包括抗源的筛选鉴定与分类、寄主基因型与病原基因型互作、抗性遗传、抗性基因的效应以及抗性基因的定位等方面。这本文集一方汇总了我国水稻、小麦、玉米抗病遗传攻关的成果，另一方面也集中反映了我国主要粮食作物抗病遗传研究已经进入了一个新时期，尤其在稻、麦方面更具有我国的特色。相信这本文集的出版将有力地促进我国主要粮食作物抗病育种的发展及抗病遗传育种学科的建设。

马育华

1990年2月于南京

前 言

本书的编撰和出版是参加农业部“七五”重点课题农02-01-01专题的全体人员共同努力的结果。有关高等农业院校和农业科学研究单位的教授和专家，以高度负责和求实的精神，用论文著述形式，充分反映自1986年以来的研究成果，并适当介绍和评述国内外同类研究的动态，力求互相补充参照，能较全面而及时地报道水稻、小麦和玉米主要病害抗性遗传研究的进展。这对大专院校和农业科学研究单位的师生和研究人员，是一部内容比较丰富而密切结合育种实际的学术参考专著。

全书按稻、麦、玉米的主要病害的抗性遗传和病理研究的顺序排列，共收入研究论文31篇，综述6篇。其中部分论文曾在《遗传学报》《作物学报》《中国农业科学》《植物病理学报》《遗传》《广东农业科学》《北京农业大学学报》《南京农业大学学报》《华南农业大学学报》《华中农业大学学报》《云南农业大学学报》《江苏农学院学报》和《江苏农业学报》等刊物发表过。论文体例和格式统一，文字朴实简练，图表照片有中英文对照，并附英文摘要和主要参考文献，以便参阅和国内外交流。至于论文内容及有关学术论点，按照百家争鸣的方针，实行文责自负。由于时间和水平所限，书中有不足之处恳请读者指正。著名植物数量遗传学家马育华教授为本书写了序言，一并谨表谢忱。

朱立宏

1990年2月于南京

目 录

水稻白叶枯病的抗性和遗传研究进展 (综述)	章 琦 (1)
15个云南地方品种对白叶枯病抗性的遗传研究	谢岳峰 张端品 余功新 罗利军 郑克平 戴陆国 陈 勇 (14)
云南稻种资源对白叶枯病抗性的研究	陈 勇 廖新华 刀绍仙 谢岳峰 张端品 余功新 戴陆国 (21)
华南籼稻抗白叶枯病遗传研究	
I. 水稻品种华竹矮及青华矮 6 号的抗病性遗传	伍尚忠 徐美明 林璧润 柯 苇 缪若维 江雁芳 (31)
华南籼稻抗白叶枯病遗传研究	
II. 水稻品种玻璃矮的抗病性遗传	伍尚忠 徐美明 林璧润 柯 苇 缪若维 江雁芳 (38)
水稻白叶枯病的抗性遗传研究	
I. 水稻品种对菲律宾白叶枯病菌系 PXO 61 的抗性遗传	章 琦 林世成 G. S. Khush, T. W. Mew (42)
水稻白叶枯病的抗性遗传研究	
II. 水稻品种对几个菌系的抗性遗传研究	章 琦 施爱农 王春莲 阙更生 T. W. Mew (50)
水稻白叶枯病的抗性遗传研究	
III. 两个成株抗性基因 Xa-6 和 Xa-3 的等位性分析	章 琦 施爱农 王春莲 阙更生 T. W. Mew (58)
云南稻品种毫梅抗白叶枯病新基因定位	戴陆国 张端品 谢岳峰 陈 勇 (64)
水稻品种 IR28 对我国白叶枯病菌系抗病基因定位研究	余功新 张端品 谢岳峰 (71)
水稻抗瘟性遗传研究进展 (综述)	凌忠专 (83)
稻瘟病抗性基因分析研究	段永嘉 朱有勇 (95)
云南粳型品种勐旺谷-1 的抗稻瘟基因分析	凌忠专 潘庆华 王久林 李梅芳 (105)
云南粳稻红镰刀谷的抗瘟性分析	凌忠专 潘庆华 王久林 李梅芳 (111)
稻瘟病抗性遗传规律研究	段永嘉 朱有勇 刘二明 (116)
部分云南粳型稻品种的抗瘟性分类	凌忠专 王久林 潘庆华 李梅芳 (124)
水稻抗纹枯病研究进展 (综述)	沙学延 张红生 朱立宏 (131)
水稻抗纹枯病的遗传研究	朱立宏 沙学延 张红生 王建林 (139)
水稻纹枯病抗性机理的初步研究	张红生 朱立宏 沙学延 王建林 (153)
小麦赤霉病抗性遗传及其致病病原菌研究 进展 (综述)	张乐庆 王裕中 张 林 (165)

小麦品种抗赤霉病扩展基因的遗传分析

.....柏贵华 周朝飞 钱存鸣 夏穗生 葛永福 陈志德 (171)

小麦品种对赤霉病抗扩展组分的研究

.....张 林 张乐庆 陈焕玉 潘雪萍 (178)

7 个小麦品种对赤霉病抗扩展性指标的双列杂交分析.....李又芳 余毓君 (185)

小麦品种温州红和尚对赤霉病抗性指标的单体分析.....李又芳 余毓君 (193)

平湖剑子麦、洪湖大太宝、崇阳红麦、延岗坊主等小麦品种抗赤霉病性

基因分析.....余毓君 (197)

小麦品种与赤霉病菌株的相互作用研究.....王裕中 陈怀谷 郝士凤 (206)

小麦品种对禾谷镰刀菌毒素的抗性研究.....王裕中 Miller, J. D. (211)

禾谷镰刀菌粗毒素的生物活性及其在小麦抗赤霉病性鉴定中的应用

.....王裕中 陆 鸣 陈怀谷 吴志凤 杨新宁 (216)

小麦赤霉病抗性的离体叶片鉴定方法的应用及抗性评价

.....余毓君 彭生平 夏德术 曹清波 张春祥 欧阳研 (221)

小麦赤霉病抗性与株高的相关性研究.....陆维忠 刘芬兰 林一波 王才林 (229)

小麦抗白粉病遗传分析及基因定位研究进展 (综述)

.....姚景侠 熊恩惠 (236)

小麦抗白粉病基因定位*姚景侠 程本旭 (249)

玉米对小斑病抗病性的遗传 (综述)秦泰辰 徐明良 (254)

玉米抗大斑病菌生理小种 1 号的遗传分析*徐明良 秦泰辰 邓德祥 (260)

玉米抗小斑病菌T小种的遗传分析*秦泰辰 徐明良 邓德祥 (267)

玉米抗大、小斑病的遗传研究.....陈瑞清 陈贺芹 谢俊良 (273)

玉米在小斑病菌T小种侵染过程中酶活性的变化

.....秦泰辰 徐明良 邓德祥 (282)

CONTENTS

- Zhang Qi, Advances of studies on genetics and resistance to bacterial blight in rice (Review)
- Xie Yuefeng et al., Genetic studies of resistance to bacterial blight in fifteen yunnan local varieties
- Chen Yong et al., Studies on resistance of yunnan rice germ plasm to bacterial blight
- Wu Shangzhong et al., Studies on the inheritance of rice cultivars resistance to bacterial blight in South China
I. Resistance of the rice cultivars "Hua-Zhu-Ai" and "Ching-Hua-Ai No. 6"
- Wu Shangzhong et al., Studies on the inheritance of rice cultivars resistance to bacterial blight in South China
II. Resistance of the rice cultivar "Bo-Li-Ai"
- Zhang Qi et al., Genetics of resistance to bacterial blight in rice I
- Zhang Qi et al., Genetics of resistance to bacterial blight in rice II
- Zhang Qi et al., Genetics of resistance to bacterial blight in rice III
- Dai Luyuan et al., Location of a new gene for resistance to bacterial blight in yunnan rice variety Haomei
- Yu Gongxin et al., Location of resistant genes in IR28 to bacterial blight from China
- Lin Zhongzhuan, Advances of genetic studies on blast resistance in rice (Review)
- Duan Yonjia et al., Studies on gene analysis of blast resistance
- Ling Zhongzhuan et al., Gene analysis for blast resistance of yunnan japonica type variety mengwanggu-1
- Ling Zhongzhuan et al., Analysis of yunnan japonica-Hong Liandaogu for resistance to blast disease
- Duan Yong-jia et al., Genetic studies on resistance of rice to the blast
- Ling Zhong zhuan et al., Classification of resistance to the blast in some Yunnan rice varieties
- Sha Xueyan et al., Advances of studies on resistance to sheath blight in rice (Review)
- Zhu Lihong et al., Genetic studies on resistance to sheath blight in rice
- Zhang Hongsheng et al., Preliminary studies on the mechanism of resistance to sheath blight in rice

- Zhang Leqin et al., Advances of studies on genetics of resistance to scab and its pathogens (Review)
- Bai Guihua et al., Genetic analysis on resistant genes to scab extension in wheat
- Zhang Lin et al., Component research on the expansion resistance to scab in wheat varieties
- Li Youfang et al., A diallel analysis on resistance index to scab in seven wheat cultivars
- Li Youfang and Yu Yujun, Monosomic analysis for scab resistance index in wheat cultivar "WZHHS"
- Yu Yujun, Genetic analysis for scab resistance in four wheat varieties PHJZM, HHDTB, CYHM and YGFZ
- Wang Yuzhong et al., Interaction between wheat varieties and pathogenic isolates causing scab of wheat
- Wang Yuzhong and Miller, J. D., Study on the resistance of wheat cultivars to the mycotoxin produced by *Fusarium graminearum*
- Wang Yuzhong et al., Analyses and bioactivity of crude toxin produced by *Fusarium graminearum* and its application in identification of scab resistance of wheat cultivars
- Yu Yujun et al., The studies on the application and resistance evaluation of the method *in vitro* leaf infection in wheat to scab resistance
- Lu Weizhong et al., Correlation Analysis between Resistance to scab and plant Height in wheat
- Yao Jingxia and Xiong Enhui, Progress of the research in the inheritance of resistance to *Erysiphe graminis f. sp. tritici*
- Yao Jingxia and Cheng Benxu, Location of genes for powdery mildew resistance in common wheat
- Qin Taichen et al., Genetic studies on resistance to *Helminthosporium* in *Zea mays* L. (Review)
- Xu Mingliang et al., Analytic studies on inheritance of resistance to *helminthosporium turcicum* race 1 in *zea mays* L.
- Qin Taichen et al., Genetic analysis on resistance to *helminthosporium maydis* race T in *zea mays* L.
- Chen Ruiqing et al., Genetic study on resistance to *helminthosporium turcicum* and *H. maydis* in maize
- Qin Taichen et al., Enzymatic changes in relation to infection of *helminthosporium maydis* race T in *zea mays* L.

水稻白叶枯病的 抗性和遗传研究进展（综述）

章 琦

（中国农业科学院作物育种栽培所 北京 100081）

提要 本文回顾了国内外水稻白叶枯病抗性及其遗传研究的进展，并介绍了日本和国际水稻研究所关于抗病性评价和利用的特点及我国近年在此领域的研究情况。文中还述及抗性类型的研究；评价抗病性方法及育种中的利用；近年国际协作系统分析鉴定稻白叶枯病抗性基因的动态；我国研究不同抗性类型品种的遗传模式、基因分析、亚种间杂交后代和杂交稻、常规稻育种后代的抗性行为及育种应用等。并就建立我国水稻白叶枯病抗性遗传和基因系统分析、完善鉴别系统及创造多样性抗源等方面提出商榷意见。

植物抗病性遗传研究取得显著进展是在本世纪初叶。一般认为1900年前后是采用遗传方法控制病害的开端。在抗病性遗传研究方面，首推英国的Biffen，他在1905年系统研究了小麦抗条锈病的遗传规律。根据孟德尔学说，他证实了抗病性由一隐性单基因控制，并与亲本的其它性状都是独立遗传的。这启示人们认识到抗病性可以同品种的其它性状相结合。

与其它作物病害相比，稻白叶枯病的抗性利用开始得较晚。1884年在日本首先发现此病，到20世纪20年代以后，日本育种家开始用杂交方法培育抗病品种。50年代以来，发病范围扩大，危害严重，而化学防治难以奏效，这引起学者们对研究其抗病性和遗传规律的重视。从而在理论研究和实际应用上都取得相当进展。诸如病原菌致病性分化研究，建立了鉴别性能强的单基因寄主和相对应的病原菌生理小种的鉴别系统，促进了抗性遗传研究，从基因对基因说解释寄主和病原菌的相互作用；抗病性类型和机制的探索；从近代细胞遗传学的概念发展到分子遗传水平来探讨病菌毒力变异，用于控制寄主抗性等等。在作物细菌病害中，稻白叶枯病的研究报道可能是最多的。伍尚忠、谢岳峰等曾对稻白叶枯病的有关方面作过论述。本文试侧重介绍抗病性及抗性遗传研究的进展。

一、水稻对白叶枯病的抗性研究

（一）抗病性的评价和利用

日本最早利用寄主抗性防治稻白叶枯病。自1923年开始抗病育种以来，自成一套抗病性评价和利用的方式。根据品种对菌群的病情反应型划分为不同群，至今已在5个菌群(小种)上分为7个品种抗性群：金南风群（对小种1~5反应为SSSSS），黄玉群（RSSSR），R、E群（RRSSR），早生爱国群（RRRSS），爪哇群（RRRSR），Elwee群（SRRSR），Dikwee群（SRRSS）（Yamada T.等，1979）。日本最初用滋贺关取11号、庄兵卫、高

农35号为主要抗源育成全胜、黄玉和农林27等黄玉群品种。当源出于农林27的抗病品种“朝风”于1957年因新菌系的出现丧失抗性后，才发现了稻白叶枯病菌致病性的专化作用。这种认识改变了日本和亚洲地区近20年来菌系的研究方向（Mew, 1987）。在抗病性的利用上转而采用抗谱较广的早生爱国3号和Lead rice, 育成中国45和Chukei 314两个品种，以后广泛用于日本育种计划。70年代以来，日本尤为注意结合“水平抗性”。阿苏实（Asominori）是1973年最早培育的水平抗性品种。1981年培育了另一个具水平抗性品种Nishikari。目前日本采用的具水平抗性的供体有Akamochi、1R28、Gomashirazu、1R26和Pelita1-1（Khush, 1988）。

60年代末，国际水稻研究所（IRRI，下同）在抗病虫育种上取得突破性成就是由于发挥了其遗传评价和利用（GEU）计划中多学科协作的作用。首先广泛征集各国品种进行抗病性鉴定。1975~1980年，田间评价了48862份种质对当时的一个流行菌系PXO 61的抗性。3000份初测的抗病材料用多菌系再测，并研究其抗性类型特性和遗传表现及基因分析。其中100多个包括7个抗病基因的抗源用于杂交育种。

同日本类似，该所的育种计划随菲律宾病菌小种群体的消长而变动。1965年开始抗病育种（Khush, 1988），最初用TKM6、Tadukan、Sigadis和W1263等抗源，于1969年育成第一批抗白叶枯病品种IR20和IR22；以后育成许多由该所命名的IR系统品种至IR 66，除IR56外，其余27个都携有抗病基因Xa-4。Xa-4只抗小种1，不抗后来发展的小种2和3。因此育种计划结合能抗小种2和3的抗病基因xa-5和Xa-7，已育成IR44962等9个高代品系。近年，菲律宾已鉴定出6个生理小种。该所又挖掘一野生稻，*O. longistaminata*这个种在印度17个州都表现高抗白叶枯病，并抗菲律宾所有6个小种。该抗源已导入IR24，通过4次回交，已育成一改良型抗源，即将用于常规育种并在进行基因分析。

IR系统的品种和品系已经广泛通过国际交流用于亚洲产稻国家为主的地区。Khush（1988）报道，一些具有Xa-4基因的品种IR36、IR54、IR60和IR64等在田间较少呈现病灶，可能具有良好的田间抗性水平。甚至TKM6、Sigadis和Tadukan除携有Xa-4外，还有微效基因。

目前水稻主要产地的东南亚和亚洲一些国家，包括印度、印度尼西亚、马来西亚、泰国、孟加拉、南朝鲜、越南等均已开展水稻白叶枯病抗性育种研究。

我国水稻白叶枯病抗性用于育种可以追溯到30年代。我国开创杂交育种的先驱丁颖于1926年（中国农业科学院，1986）利用抗病虫和适应性强的普通野生稻与当地栽培稻的自然杂交后代中育成品种中山1号。以后在两广中选出的衍生品种包选2号和包胎矮等，因为继承了中山1号亲缘的抗白叶枯、矮缩病和褐稻虱，及优质、适应性强等特性，迄今一直是华南晚粳主要当家品种（吴妙燊等，1984）。而有计划的抗病育种则始于60年代。随着近代育种目标由高产转向丰、抗、优，改良品种抗病性已成为70年代以来水稻育种的主要目标之一。1973~1989年，我国科研和教学单位鉴定了大量种质的抗性。据不完全统计，约评价了78000份次包括地方品种、野生稻和国外引进种质（表1）。过崇俭（1986）、谢岳峰（1989）、黄继武（1989）等分别筛选和评价了太湖流域粳稻、云南和贵州地方水稻资源对白叶枯病的抗性，筛选出千余份抗病材料。广东省和广西壮族自治区农科院（1989，1986）评价了3700多份华南野生稻材料，分别筛选出S1008等10份优质抗病和广谱高抗的RBB16等50份编号。中国农科院品种资源研究所（1983~1984）主持鉴定了3500多份引自亚、非、拉、欧、北美

表1 我国水稻品种和种质白叶枯病抗性评价

1973~1989年

评价单位	数 量		主要抗病材料(品种)	所用菌系	时 间	其 他
	总 数	抗病数				
中国农科院品资所	3500	458	来自IRRI的品系为主	广东、江苏、四川、中国品资所菌系	1983~1984	主持4个单位对40多个国家引进资源病虫定结果汇编
中国农科院作物所	5330	68	关东60、银河、秋光、矢租、印度诺、喜峰、黎明、早生爱国3号、中新120、宁晚5号等	HB84-17、浙173 HN84-31 E2-2等7个菌株	1977~1989	1.1979年全国抗病鉴定 2.“六五”、“七五”攻关会议资料
中国水稻所	970	32	惠谷占、玻美占、齐双占、二华早、青叶青丰、浙湖2号	当地3个代表强、中、弱菌株	1986~1987	水稻“七五”攻关育种会议资料
广东省农科院	1648	61	毛根占、西洋早、黎明、IR26、植科1号、植科5号、秋二矮、辐包矮、二白矮1号、包选2、晚青2号及IR系统品种等	当地7~15个菌株	1986	全国水稻白叶枯病防治研究资料选编第二辑(简称选编第二辑)
	2064	280	S1008、S1115、S2165、S2178、S3116、S3375、S6013、S6161、S7394、S7591等	广东菌株	1989	广东农业科学1989(2): 3~6 (野生稻)
广西壮族自治区农科院	9909	109	植科5号、BG35-5、BG90-2 BJI、BR系统和IRRI品种	广西强毒菌株	1975~1983	广西农业科学1985(4): 28~34
	1700	50	RBB16等		1986	作物品种资源1986(4): 1~4
福建省农科院福建农学院	8000	220	引自IRRI品种(系)	当地菌株	1973~1979	选编第二辑
	5000	208	矢租、龙城12、D32、C104、3330、取手一号等	(宁德县采集)	1980~1983	福建农学院学报1985, 14(3): 233~238
四川省农科院等	1842	193	双丰4号、农试4号、桂引1、早农垦58、越富及IR系统品种	OS-70 OS-14	1976	选编第二辑
贵州省农科院	3168	62	日本晴、黎明、贵农育选、西南175、大杆早、毫慈、	当地菌 7704、	1974~1976	选编第二辑
	2847	600	贵川麻谷、伊势景、IR系统品种等	7730	1987	贵州农业科学1989(1): 9~14
江苏省农科院等	11871	3120	南梗15、南梗11、邳早15、盐梗2、农垦58、紫金梗、筑紫晴、扬稻1、910、IR系统等	KS-6-6等6个菌系	1975~1985	江苏省农业科技1986(2): 17~20
	1389	249	铁梗晴、红芒糯、风景稻大录种、矮绿种、长粒糯白壳晚稻等太湖流域梗稻		1982~1984	江苏农业学报1986, 2(2): 7~12

续上表

评价单位	数 量		主要抗病材料(品种)	所用菌系	时 间	其 他
	总 数	抗病数				
浙江省农科院	1350	59	农试4号、厦引11、辐包矮22、福锦、越富、神乐糯及IR系统品种	当地菌株	1977	全国抗病鉴定会议资料
	366	11	82297-1、82-9、82-1-660丰阳矮217、单32、晚华11选、青封占35、玻齐占、晚六早、齐双占	广东、浙江、江苏三点	1987	全国“七五”攻关新品种(系)统一鉴定
安徽省农科院	3452	44	紫色粳、富光16、大野中稻、IR系统品种(系)	当地菌株	1976~1987	
云南省农科院	70	12		8个当地菌株		
湖南省农科院水稻所等	3881	14	浏阳大糯、干禾糯、白麻谷、旱禾糯、白糯谷、麻糯谷、兰脚、六十早、红其苏、粒谷、龙脚早等	当地菌株	1977年	选编第二辑
湖南农学院	618	29	74-105、75-502、沪晚23、辐包矮1号等	当地菌株	1976	选编第二辑
湖北省农科院	2992	59	嘉农选优6号、BG90-2、BW196、IR系统品种	当地菌株	1974~1979	
华中农业大学	6000	300	毫梅、雾露谷、云南大粒、云香糯1号、毫双7、八月糯、长毛糯、罗马糯谷、矮脚糯(1)	江陵691	1986~1989	部项目1989年汇报资料
合 计	77967					

和大洋洲 82 个国家和国际水稻所的种质,其中约 450 份的抗病性颇佳。此外,粤、桂、闽、苏、浙、蜀、滇、湘、鄂、皖等农业科研和大专院校也都评价了大量引进品种,一些抗源已经用于育种计划并取得明显效果。籼稻中以国际水稻所为主的国外抗源用得较多,携有基因 Xa-4 的品种,如 IR20、IR26、IR30、IR29、IR2061 等几乎已成为籼稻育种的主体抗源(表 2)。“七五”全国水稻育种攻关期间育成的 366 个品种(系)中,11 个籼稻品种的抗性属上乘,多数携有 Xa-4(表 3)。李志正等(1985)由 BG90-2 系选出高产抗病品种扬稻 1 号和 910,仅在 1983~1984 两年内,就在长江中下游一些稻区种植了 43.4 万公顷以上。章琦等(1988)用 6 个南北方菌株测定和分析了全国主栽品种的抗病状况,有近 80% 的供试籼稻品种抗性较差。我国粳稻主栽品种基本上对白叶枯病具有不同水平的成株抗性。主要抗源为南粳 15、南粳 11、日本晴、关东 60、邳早 15、农垦 58、中新 120、筑紫晴等。追溯系谱渊源,这些抗源大部分与爱国、旭和农垦 58 有亲缘关系。籼粳交育种除采用粳稻抗源外,还吸收如 Tadukan、Zenith、Tetep、Dv85、IR20 等抗病基因。有些品种如喜峰、黎明、紫一号等双抗稻瘟和白叶枯病,常用于育种。

我国的稻白叶枯病抗性评价和利用发现的一个明显问题是所用抗源的单一化。籼稻中的主体抗病基因 Xa-4 对我国目前多数菌系是抗病的,但对粤和闽有些属我国 V 型菌系不抗。事实上, Xa-4 只抗菲律宾 6 个小种中的 1 和 5,对南亚的小种没有抗性功能。粳稻品种的抗源也

表 2 近年我国培育的部分抗白叶枯病品种及利用的主要抗源

品 种	供 体 亲 本	培 育 单 位	供 体 来 源
青华矮6号	IR20	广东省农科院	国际水稻所(IRRI)
华竹40	IR20	广东省农科院	国际水稻所(IRRI)
晚华矮4号	IR20	广东省农科院	国际水稻所(IRRI)
珠包矮384	IR20	广东省农科院	国际水稻所(IRRI)
秋青2号	IR20	广东省农科院	国际水稻所(IRRI)
桂陆早	IR26	广东省农科院	国际水稻所(IRRI)
旱36	IR30	广东省农科院	国际水稻所(IRRI)
二九丰	IR29	嘉兴地区农科所	国际水稻所(IRRI)
5411	IR2061	江西省农科所	国际水稻所(IRRI)
扬稻1号	BG90-2	扬州市农科所	斯里兰卡
910	BG90-2	扬州市农科所	斯里兰卡
乌珍5号	IR30, IR29	广东省农科院	IRRI

表 3 全国水稻部分抗白叶枯病新品种(系)*

品 种(系)	类型	亲 本 组 合	育成单位	抗性反应(3点)	
				平均级别	最高级别
82297-1	晚籼	C632082/加农选8号	广西壮族自治区农科院	3.0	3.0
82-9	晚籼		广西壮族自治区农科院	2.6	3.0
82-1-660	晚籼		广西壮族自治区农科院	2.8	3.0
丰阳矮217	籼		广东省农科院	3.0	3.0
川米一号	籼		四川省农科院	3.0	3.0
单32	籼	青华矮/青兰32	江西萍乡市农科所	2.8	3.0
晚华11选	籼		广东省农科院	2.8	3.0
青封占35	籼		广东省农科院	2.8	3.0
玻 齐 占	籼		广东省农科院	2.8	3.0
晚 六 早	籼		广东省农科院	2.6	3.0
齐 双 占	晚籼	玻齐占/双桂1号	广东省农科院	2.6	3.0

* 摘自浙江省农科院植保所整理1986~1987年全国水稻育种协作组水稻新品种(系)抗病、虫、冷害鉴定白叶枯病部分。

比较集中于成抗基因Xa-3。Xa-3也是一个小种专化抗性基因,它只抗日本目前的5个小种中的1、2和3,感4和5。抗源基因单一,潜伏抗性丧失的危险。因此,进一步发掘和研究地方资源和野生稻的新基因,应该是一项有远见和有价值的工作。

(二) 水稻白叶枯病抗性类型的研究

品种的抗病反应是寄主与寄生物互作的结合体,因此抗病性的研究应该是生物间遗传学的研究。这种自然属性决定了水稻对白叶枯病的抗性反应必然是多样的。

国外多数有关水稻对白叶枯病的抗性类型的报道或多或少追随 Vanderplank 的垂直抗性与水平抗性的概念,质和量的抗性常用来代替上述名词。当一个水稻品种表现高抗时,就估计为具有质的抗性,中抗则是量的抗性。对于Vanderplank有关水平抗性的观点争论颇多。焦点是他将水平抗性的术语既用于遗传学(寄主与病原物的互作),又用于病害流行病学

而引起混乱，迄今在遗传学上还未有证实。但是他提出的水平抗性启示人们寻求稳定和持久抗性。

水稻对白叶枯病的抗性同其他作物的真菌病害类似。Parlevliet (1976) 研究大麦叶锈病抗性，归纳为苗期抗性，中度抗性在全生育期分别表现轻度和中度感染，成株期抗性和部分抗性。Mew等 (1981) 从生育期的角度，将稻白叶枯病抗性分为苗期和成株期抗性。

Wakimoto等 (1954) 最早注意到有些品种在不同生育期的白叶枯病抗性反应不同，日本曾一度认为苗期的反应不稳，而提出以成株期鉴定为准。实际上不同生育期表现抗性的现象在水稻中较为普遍。湖南省水稻所 (1976)、章琦 (1977) 等所鉴定的材料中，观察到水稻对白叶枯病有全生育期和成株期两种抗性类型。少数品种还有前抗后感的表现，但这种类型没有使用价值。

全生育期抗性的特点是在苗期就得到表达直至成株阶段，有明显的小种专化现象。Mew等 (1987) 测试的60000多份种质中，有些品种在三叶期就能呈现清晰的鉴别抗性，携有xa-5的IR1545-339于播后23天接种，对菲律宾6个小种表现抗1, 2, 3和5，感4和6。CAS209 (Xa-10) 在14天秧龄时即表达抗非小种2的专化抗性。章琦、Mew (1986) 报道印度诺和矢租全生育期高抗菲律宾4个小种。过崇俭等 (1987) 报道矢租对菌株Ks-6-6表现成株抗性。表明水稻白叶枯病抗性类型取决于寄主基因型与病菌的互作。全生育期抗性易于传递到后代，籼稻品种青华矮6号、二九丰等就继承了Xa-4的全生育期抗性。用“全抗”品种作供体的籼稻育种后代一般可在苗期接种选择抗病植株。

成株抗性品种在苗期感病，随着植株成长转为抗病。小麦秆锈、叶锈和燕麦冠锈病等许多作物病害都有这种现象。Ezuka等 (1974) 较早报道早生爱国3号群品种为成株抗性。Mew等发现Zenith和M. Sungsong具有典型的成株抗性。Zhang Qi, Mew (1985) 进一步研究并证实稻白叶枯病的成株抗性同其他作物病害的成株抗性类似。成株抗性同样存在明显的小种专化现象，如陈光稻3号和BG90-2对菲律宾4个小种的成株抗性出现交叉反应。不同品种对相同的菌系或同一个品种对不同菌系的抗性转变期不同。品种对稻白叶枯病的“成抗”并非都到生殖生长阶段才表现。转抗早晚同生育期不相关。M. Sungsong有135天生育期，对非小种1号于第8叶位就转抗；Zenith的生育期为100天，转抗叶位却在第11叶位。由感转抗有逐渐转抗和清晰地在某叶位转抗等方式。Zhang Qi和Mew (1987) 比较Zenith同株上抗感叶位叶片中的细菌增殖状况，抗病叶片内的细菌增殖量大大低于感病叶片，增殖速度也慢得多。赵新平等 (1987) 观察成抗品种在感病阶段叶片中菌量多，寄主组织变态，转抗后叶片中的导管分泌出一些物质包埋病菌，逐渐变形。与Mew等电镜扫描观察亲和与不亲和的寄主—病菌组合叶组织内的细菌变化结果类同。鉴于“成抗”的上述特点，用“成抗”品种为供体的育种材料则应在成株期接种筛选。

(三) 评价抗病性的方式

在疫区自然条件下发病评价和人工接种是评定品种抗病性的常规方法。但因为季节或年度不同，自然侵染结果不一致，因此在研究中根据试验目的常用以下几种方法：

针刺法在剪叶法介绍前广泛用于日本。针刺所产生的病斑同自然侵染相一致。此法用于田间大量接种所需劳力太大。

剪叶法很适于稻白叶枯这类维管束细菌性病害。通过剪去叶尖，菌液直接进入伤口。在

田间用 $10^8 \sim 10^9$ /毫升的接种液的结果更为一致。

沾根法是移栽前将稻苗根茎部沾在菌液中,用来评价品种对“Kressek”的抗性。

喷雾法是将菌液直接喷至植株,用于模拟自然条件下估测品种的病害侵袭抗性水平。菌液浓度达到 $10^8 \sim 10^9$ /毫升。要求较高的相对湿度,潜育期也比较长。

井字型排列是日本松本设计的田间抗性评价方法。茂木静夫等(1980)用此法选择历年重病田,正方形排列,重复两次,每个测试品种在每区正方形移栽25株,周围井字形移植经接种的感病品种,整个生育期反复感染,经数年比较,评价品种田间抗病水平。缺点是受年份变化影响较大,并需较大的面积和费劳力。

剂量反应和 ED_{50} 比率法测定相对抗性。 ED_{50} 用来表明能诱发50%植株被侵染的接种菌液剂量水平。此法用以估测品种间对同一个菌系的相对抗性,或评价菌系间对某个品种的相对潜能(relative potency)。 ED_{50} 高,表明该菌系对那个品种的毒性潜力小,同时表明该品种相对抗病水平高。用相对抗性之比估测品种对白叶枯病抗性的数量差异(Mew等,1989)。

二、水稻白叶枯病抗性遗传研究进展

(一) 稻白叶枯病抗性基因的系统鉴定

Kariya和Washio(Ou, 1985)于1956年报道,稻白叶枯病抗性基因是显性或隐性、单基因或多基因。从60年代末到70年代初,日本用当地菌系研究并命名了3个显性抗病基因, Xa-1(抗日本菌群I)、Xa-2(抗菌群II)、Xa-3(抗I、II、III)。IRR1用菲律宾宾小种1代表菌系鉴定研究并命名了Xa-4、xa-5、Xa-6、Xa-7、xa-8、xa-9和Xa-10等7个抗病基因。Xa-4位点上有两个复等位基因 Xa-4^a和Xa-4^b。近年, Ogawa(1987)将控制Kogyoku和爪哇14对印度尼西亚小种V号的一个显性抗病基因Xa-kg重新命名为Xa-12。Yamada(1984)报道IR28、IR29和IR30全生育期抗日本菌群I和V,而Kogyoku在成株期抗I和V,等位测定表明那些IR品种对日本I、V的抗性与Xa-1等位但强于Xa-12,遂分别命名为Xa-1^a和Xa-12^b。

上述鉴定的抗病基因除Xa-12外,都采用当地菌系,不能直接比较。IRRI与日本遂于1982—1987年合作研究比较已命名的基因对双方菌系的抗病功能。他们发现几个成株抗性基因的代表品种Xa-4^b(Semora Mangga)、Xa-6(Zenith)和xa-9(Sateng)对双方菌系的抗性反应都呈现类似的褐斑侵染型,并具有爪哇品种的株型,便重新进行遗传分析和等位性测定。发现上述3个基因与Xa-3系同一位点。

Ogawa和Yamamoto(1986)还研究了IR944-102-2-3等品种对日本菌系IA、II和IIIA的抗性由两对基因控制,其中控制II和IIIA的一对基因,命名为Xa-11,根据系谱和病情反应型,并推断RP9-3和IR8也携有Xa-11。

此外, Ogawa等(1986)研究了抗菲律宾6个小种的品种BJ1和Chinsurah Boro II具有两对隐性基因,其一为xa-5,另一为仅能控制小种6的基因xa-13, xa-13与xa-5的互补效应控制对非小种4的抗性。Taura等(1987)报道TN1对菲律宾小种5具专化抗性,由一对显性基因控制,命名为Xa-14。因而,前后共命名的16个稻白叶枯病抗性基因经修正后为

14个(表4)。

随着我国抗病育种的发展,近10年来水稻白叶枯病抗性遗传研究内容广泛,包括不同抗性类型品种和地方资源的抗性基因分析、亚种间杂交抗病性遗传行为特点以及育种后代的抗

表 4 水稻白叶枯病抗性基因

基 因	原来的命名	代 表 品 种
Xa-1	Xa-1	Kogyoku, Java 14
Xa-1 ^h (t)	Xa-1 ^h	IR28, IR29, IR30
Xa-2 (t)	Xa-2	Rantai Emas 2, Te-tep
Xa-3	Xa-w	Wase Aikoku 3, Chugoku 45, Java 14
	Xa-4 ^b	Semora Mangga
	Xa-6	Zenith
	xa-9	Sateng
Xa-4	Xa-4	TKM6, IR20, IR22
	Xa-4 ^a	
xa-5		DZ192, IR1545-339
Xa-7		DV85
xa-8		PI231129
Xa-10		Cas 209
Xa-11		Elwee, IR8, RP9-3
Xa-12 (t)	Xa-kg _h	Kogyoku, Java 14
Xa-12 ^h (t)	Xa-kg ^h	IR28, IR29, IR30
xa-13		BJ1, Chinsurah Boro II
Xa-14		TN1

a(t)=临时基因符号

性遗传规律等。研究还揭示了白叶枯病的抗性遗传受抗性表达时期、寄主—病菌互作和不同遗传背景等诸多因子的影响而存在错综复杂的情况。据此再作以下几方面的介绍和讨论。

(二) 抗病品种和地方资源的抗病基因分析和抗性遗传行为

综合现有报道,迄今研究的不同抗性类型品种的抗性一般由独立主效基因控制。主效基因间还存在互补、重叠、上位性和抑制等互作关系。有些品种的抗性由主效基因与微效基因共同制约。

近年有些单位较为集中研究我国主要抗病品种和地方资源的抗病基因组成。谢岳峰等(1989)研究了15个抗性较强而稳定的云南地方品种对菌系江陵691的抗性基因。大部由1~2个主效基因控制,发现若干抗性基因与已知基因非等位,有可能挖掘出新的抗性基因。伍尚忠等(1989)研究了广东近年育成的一些丰、抗、优品种对广东优势菌群Ⅳ的抗性遗传,华竹矮、青华矮6号等4个品种受1~2个主基因控制,并可能有微效基因作用,这些品种均有Xa-4的亲缘。章琦等(1986、1989)与IRRI合作采用了当年命名的小种,分析了7个不同抗性类型品种的基因组成;矢租和印度诺对菲律宾小种1的全生育期抗性由隐性基因xa-5控制;验证了广东籼稻品种青华矮6号携有一对不完全显性基因Xa-4;分析了广泛用于育种计划的粳稻抗源南粳15、邳早15和地方品种蚌珠芒等都具有成株抗性基因Xa-3,控制日本菌群1和我国北方菌系HB84-17的抗性(表5)。

关于成株抗性的遗传研究报道较多。赵新平等(1986)研究6个爪哇稻和3个粳稻对菌