

粮食科技与粮食安全

水稻病毒

Rice Viruses

谢联辉 林奇英 魏太云 吴祖建 著



科学出版社

水稻病毒

Rice Viruses

谢联辉 林奇英 魏太云 吴祖建 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是著者 40 多年来研究成果的全面总结,也是全面展示中国水稻病毒的第一部专著。全书包括总论和各论两个部分共 19 章。总论介绍了水稻病毒的类群、病毒介体、病毒病细胞病理学,水稻病毒病及其所致病害的诊断鉴定、流行监测,以及理性防控的理论与方法;各论有针对性地从概述、症状学、病原学(病毒提纯、病毒特性、致病性及其变异、血清学、寄主范围及致病特征)、诊断学(田间诊断、病理学诊断、生物学诊断、病原学诊断)、流行病学(传播特点、病害循环、流行预测)、防控要点 6 个方面讨论 15 种水稻病毒和 2 种水稻植原体病害,充分反映最新研究进展。书后附有名词术语索引、病毒名称、病毒介体,以及福建农林大学植物病毒研究所关于水稻病毒的博士、硕士学位论文和学术论著目录,便于读者进一步查阅。

本书可供从事植物病毒学、植物病理学、昆虫学、生态学、生物学、微生物学和分子生物学的科研与教学工作者、高等院校师生和农业科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水稻病毒/谢联辉等著. —北京:科学出版社, 2016.10

ISBN 978-7-03-050054-0

I. ①水… II. ①谢… III. ①水稻—植物病毒病—研究 IV. ①S435.111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 234044 号

责任编辑:王 静 李秀伟 / 责任校对:郑金红

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:北京铭轩堂广告设计有限公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 3 月第二次印刷 印张:22

字数:520 000

定价:188.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



谨以此书
献给母校
福建农林大学(福建农学院)
八十华诞
(1936-2016)

Dedicate this book to the 80
anniversaries (1936-2016) of our
Alma Mater: Fujian Agriculture
and Forestry University (Fujian
Agriculture College)



资 助 项 目

在 40 多年的水稻病毒研究中, 本书得到下列各项基金的资助: 国家自然科学基金杰出青年科学基金 (31325023)、重点项目 (31130044)、面上项目 (30240017、30000002、30770090、30671357、30970135、31070130、31171821、31272018、31571107、31571979、39070573、39670489、39900091、39970486、86030358); 农业部 (农林牧渔部) 重点项目 (农 14、农 42401、农 04-01-01、农 04-03-01、农 04-03-02)、行业专项 (nyhyzx07-051、201003031); 教育部创新团队发展计划 (IRT13055)、新世纪优秀人才支持计划 (NCET-09-0011)、全国优秀博士学位论文作者专项资金资助项目 (020401)、博士点基金 (20113515120004、20040389002、20103515120008、20103515120007)、重点项目 (211082)、博士学科点专项 (20113515130002、20113515110001、20050389006、20123515120005、20133515120004、20113515120004); 福建省科技重大专项 (2003F011)、产业支撑科技重大项目 (2012N4001)、重点项目 (NC2010HA008、0C97031)、计委重点项目计划 (闽计高技〔2001〕115 号); 美国洛氏基金资助项目 (US1993-16); 等等。

谨致以衷心感谢!

Financial Support

The research in the rice viruses in the last 40 years was financially supported by: the National Natural Science Foundation for Outstanding Youth (31325023); the National Natural Science Foundation for Key Project(31130044); the National Natural Science Foundation for Normal Project(30240017, 30000002, 30770090, 30671357, 30970135, 31070130, 31171821, 31272018, 31571107, 31571979, 39070573, 39670489, 39900091, 39970486 and 86030358); Ministry of Agriculture Key Project (Nong 14, Nong 42401, Nong 04-01-01, Nong 04-03-01, Nong 04-03-02); Ministry of Agriculture Special Project (nyhyzx07-051, 201003031); Ministry of Education for Innovation Team(IRT13055); Ministry of Education for New Millennia Excellence(NCET-09-0011); Ministry of Education for National Outstanding PhD Thesis(020401), Ministry of Education for PhD Program (20113515120004, 20040389002, 20103515120008 and 20103515120007); Ministry of Education Key Project(211082), Ministry of Education Special Project for PhD Study(20113515130002, 20113515110001, 20050389006, 20123515120005, 20133515120004 and 20113515120004); Fujian Natural Science Foundation Key Special Program(2003F011); Fujian Natural Science Foundation Key Project and Fujian Science and Technology Industry Support Program (2012N4001 and NC2010HA008, 0C97031), Fujian Plan and Development Committee Key Project (Minji High Tech 2001-115); Rockefeller Foundation Funding Project (US1993-16); etc.

Brief introduction to the book

The book summarizes the achievements and experiences of our research and education career in rice virology. It is also the first monograph for completely demonstrating rice virology in China. The current monograph contains a general topic and a specific topic in a total of 19 chapters. The general topic covers taxonomy, vectors, cytopathology, detection, surveillance and rational management. The specific topic discusses the occurrence, geographical distribution, symptomatology, etiology (viral purification, biology, pathogenicity, molecular variation, serology, host range), diagnosis, epidemiology (dispersal characteristics, disease cycle and forecast) key prevention and management strategies of 17 rice virus and virus-like (*Phytoplasma*) diseases. To the convenience of users, in the end of the book we also list terminology and names of rice viruses and their insect vectors as well as the contents of thesis and journal articles published by previous graduate students of the Institute.

We believe that this monograph is very useful for the researchers, educators and graduate and undergraduate students in the plant virology, plant pathology, entomology, ecology, biology, microbiology and molecular biology.

前 言

我对水稻病毒的研究缘自 20 世纪 60 年代三种水稻病毒的暴发给农业生产和粮食安全带来太大的威胁。1972 年秋,从农村干了三年,回到学校,我就开始查阅有关水稻病毒的资料,并和林奇英一起探讨如何开题、从何入手。是年初冬恰有机会参加了首次全国水稻病毒病防治科研协作会议(杭州),得到了许多老先生、老同志的鼓励、教诲与帮助,深受鼓舞。从 1973 年开始的 40 多年来,我和我的课题组由最初的 2 人小组到现今的数十人团队,还有一届又一届的研究生,前后到中国的 25 个省(自治区、直辖市)和国外(菲律宾、日本、越南)的一些稻田开展了水稻病毒及其介体昆虫的系统调查和深入研究,取得了一批重要成果,获得了国内外同行的好评。

为了全面总结和系统分析我们的研究心得,反思和凝练几十年来水稻病毒研究的实践和科学问题,早在 1996 年林奇英教授就提出要写一本独具特色的水稻病毒专著;随后我们便草拟了一个撰写提纲,并于 2004 年基本完成了初稿。鉴于我们的若干颇有意义的课题还在进行之中,也感觉到书稿中有些章节内容比较苍白,需要进一步深入研究,于是一拖再拖,并反复修订充实,直至今天。现在完成的这一书稿,共 19 章,前 7 章展示水稻病毒诊断、监测和防控的基础理论和基本观点,包括绪论、水稻病毒的类群、水稻病毒的介体、水稻病毒病的细胞病理学、水稻病毒病的诊断鉴定、水稻病毒的流行监测和水稻病毒的防控;后 12 章重点讨论 17 种水稻病毒和类似病原(植原体)及其所致病害的发生流行情况、地理分布、症状学、病原学、诊断学、流行病学和防控要点。

本书的撰写,以水稻病毒的诊断、监测和防控为核心,将传统和现代的病毒学理论与技术,充分应用于解决水稻病毒研究和农业生产的实际问题;以福建农林大学植物病毒研究所的研究成果为基础,结合同仁的研究信息,全面总结、系统分析,力求充分反映这一领域的最新进展;以中国的水稻病毒研究实践为主线,吸收国外先进研究成果和案例,进行深入讨论、分析,以期对国内外读者有所裨益。

本研究 40 多年来承蒙国家自然科学基金委员会、农业部、教育部、科技部和福建省有关部门及美国洛氏基金会的经费资助。在书稿撰写过程中,得到福建农林大学植物病毒研究所历届博士研究生的关注和热心帮助,并且他们作出了各自的贡献,比较突出的有刘利华博士、程兆榜博士、范国成博士、林丽明博士、吴建国博士、郑璐平博士、贾东升博士和陈倩博士等;福建农林大学植物病毒研究所何敦春博士以满腔的热情协助书稿的编排与校核,并负责编撰附录;科学出版社李秀伟编辑给予热情支持和指导。在此一并致以衷心的感谢!

福建农林大学植物病毒研究所

诗弘辉

2016 年 3 月 9 日于福州金山英龙楼

Preface

I began my career in plant virology in the 1960s at a time when food security in China was greatly threatened as a result of reduced rice production caused by pandemics of three viral diseases. After spending three unforgettable years in remote areas serving as an adviser to rural farmers, I resumed my duties in autumn 1972 as a scientist and educator in Fujian Agriculture and Forestry University (Former: the Fujian Agriculture College). Together with Professor Qiying Lin, I started to collect information related to rice virology and consider and plan a strategy for attacking these major diseases. In the winter of the same year, I was lucky to be given the opportunity to participate in the first national symposium on rice virology research that was held in Hangzhou. And I am forever grateful for the kind, selfless and invaluable advice, assistance, encouragement and inspiration given to me by the many leading Chinese authorities in education and virus research who attended.

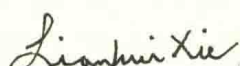
It has been 42 years since the Plant Virology team at Fujian Agriculture and Forestry University was formally formed in 1973 and I am proud to announce that this research team has developed from only two members in the initial stage to tens of staff working on different branches of virology currently. In addition to teaching the principles of plant virology and doing first class science, our researchers and educators are deeply rooted in serving society. Over the past four decades, our graduate students have been worked closely with local farmers, researchers and educators in 25 provinces (autonomous regions, municipality) in China and some foreign countries including the Philippines, Japan and Vietnam. In all those places they are studying the epidemiology of rice viral diseases, the biology of insect vectors, and developing the technology required by society to solve important problems emerging in food production. Our contributions to education, research, technology development and societal development are well recognized domestically and internationally.

To summarize the achievements and experiences of my research and education career in rice virology, Professor Qiying Lin in 1996 proposed we wrote a rice virus monograph which would cover developments in the field and a retrospective on practices and problems. We prepared the monograph outline quickly and completed the first draft in 2004. However, the project was held up until now due to: 1) some important research we wanted to include was still progressing; and 2) several chapters required additional results to enrich their contents. The current monograph has a total of 19 chapters. The first seven chapters cover diagnosis, monitoring and principles and concepts for the prevention and control of rice viral diseases including taxonomy, vectors, cytopathology, detection, surveillance and rational management. The remain 12 chapters discuss the occurrence, geographical distribution, symptomatology, etiology, diagnosis, epidemiology, key prevention and management strategies of 17 rice virus and virus-like (*Phytoplasma*) diseases.

The monograph focuses on the application of traditional and modern virology theories and technologies to diagnosis and monitoring of rice viral disease and solving practical problems associated with research and agricultural production. It is mainly written on the basis of

the research results of our team with some references to that from other laboratories. We strive to make our summary, analysis and discussion as comprehensive as possible to fully reflect the latest developments in this area with research in China the main framework enriched as appropriate with significant research progress, experiences and stories from other countries. We hope that our efforts can benefit readers both within and outside China.

We greatly thank our former graduate students, in particular Drs. Lihua Liu, Zhaobang Cheng, Guocheng Fan, Liming Lin, Jianguo Wu, Luping Zheng, Dongsheng Jia and Qian Chen, for their commitment, help and contributions to the monograph. We also greatly appreciate Dr. Dunchun He for his wholehearted assistance in compiling, proof-reading the monograph, checking its sequencing and preparing the appendix; and also Ms. Xiuwei Li, an editor from Science Press, for his enthusiastic support and advice on the project.



Yinglong Building

Institute of Plant Virology

Fujian Agriculture and Forestry University

Jinshan, Fuzhou

March 9, 2016

目 录

总 论

第 1 章 绪论	3
1.1 水稻在粮食生产中的地位	3
1.2 水稻病毒与粮食安全	3
1.3 水稻病毒研究简史	4
1.4 水稻病毒与水稻种质	7
参考文献	9
第 2 章 水稻病毒的类群	14
2.1 概述	14
2.1.1 水稻病毒	14
2.1.2 水稻植原体	15
2.2 水稻病毒种群	15
2.2.1 呼肠孤病毒科	15
2.2.2 弹状病毒科	16
2.2.3 伴生豇豆病毒科	16
2.2.4 花椰菜花叶病毒科	16
2.2.5 马铃薯 Y 病毒科	17
2.2.6 纤细病毒属	17
2.2.7 南方菜豆花叶病毒属	17
2.2.8 甜菜坏死黄脉病毒属	17
2.2.9 水稻其他病毒	18
2.3 水稻植原体种群	18
2.4 水稻病毒及其类似病原的分布特性	18
参考文献	19
第 3 章 水稻病毒的介体	20
3.1 介体传毒的基本特性	20
3.1.1 介体传毒的类型	20
3.1.2 病毒在昆虫介体内的侵染屏障	20
3.1.3 病毒在昆虫介体内的侵染循环过程	21
3.2 介体传播水稻病毒的特征	23
3.2.1 叶蝉传播水稻矮缩病毒的特征	23
3.2.2 叶蝉传播水稻瘤矮病毒的特征	24
3.2.3 叶蝉传播水稻簇矮病毒的特征	24
3.2.4 叶蝉传播水稻东格鲁病毒（球状病毒）的特征	24

3.2.5	灰飞虱传播水稻条纹病毒的特征.....	24
3.2.6	灰飞虱传播水稻黑条矮缩病毒的特征.....	25
3.2.7	白背飞虱传播南方水稻黑条矮缩病毒的特征.....	25
3.2.8	褐飞虱传播水稻锯齿叶矮缩病毒的特征.....	25
3.2.9	褐飞虱传播水稻草状矮化病毒的特征.....	25
3.3	介体传播水稻病毒的机制.....	26
3.3.1	水稻病毒在昆虫介体内的侵染循环过程.....	26
3.3.2	水稻病毒的侵入机制.....	27
3.3.3	水稻病毒的复制机制.....	28
3.3.4	水稻病毒的扩散机制.....	29
3.3.5	水稻病毒的经卵传播.....	30
	参考文献.....	31
第4章	水稻病毒病的细胞病理学.....	36
4.1	概述.....	36
4.1.1	植物病毒病细胞病理学的发展.....	36
4.1.2	植物病毒病细胞病理学的研究技术.....	37
4.2	水稻病毒的病理变化和致病机制.....	37
4.2.1	水稻病毒粒体的形态结构和在寄主细胞中的分布.....	37
4.2.2	水稻病毒病细胞结构的病理变化.....	40
4.2.3	水稻病毒病病叶 ATPase 细胞化学的定位.....	47
4.2.4	水稻病毒病病叶免疫胶体金研究.....	50
4.2.5	水稻病毒在寄主体内的运动.....	53
4.2.6	水稻病毒的致病机制.....	54
4.3	介体昆虫的细胞病理学.....	55
	参考文献.....	59
第5章	水稻病毒病的诊断鉴定.....	61
5.1	田间诊断.....	61
5.1.1	水稻病毒与其他侵染因子所致病害的鉴别.....	61
5.1.2	水稻病毒与非侵染因子所致病害的鉴别.....	62
5.1.3	水稻病毒病的症状鉴别.....	63
5.1.4	水稻病毒病的田间鉴别.....	66
5.2	实验诊断.....	67
5.2.1	水稻病毒的生物学实验.....	67
5.2.2	水稻病毒的体外抗性.....	73
5.2.3	水稻病毒的血清学试验.....	74
5.2.4	水稻病毒的形态结构.....	74
5.3	病毒鉴定.....	76
5.3.1	病毒提纯.....	76
5.3.2	病毒理化特性.....	76
5.3.3	病毒核苷酸序列和基因功能分析.....	78

5.3.4 病毒的分类及其归属.....	81
参考文献	82
第 6 章 水稻病毒的流行监测.....	88
6.1 水稻病毒的流行特征.....	88
6.2 水稻病毒的侵染循环.....	88
6.3 水稻病毒的流行生态.....	90
6.4 水稻病毒的监测预警.....	93
6.5 水稻病毒流行风险分析——以水稻条纹叶枯病为例	93
参考文献	101
第 7 章 水稻病毒的防控.....	104
7.1 防控理念	104
7.2 防控原则	106
7.3 抗性利用	106
7.3.1 运用品种抗性.....	106
7.3.2 做好品种布局.....	107
7.4 避虫防病	108
7.4.1 调整播种、插秧时间	108
7.4.2 改变稻作方式.....	108
7.4.3 选取播栽方式.....	109
7.4.4 采用网盖避虫.....	109
7.5 除虫防病	110
7.5.1 改变耕作制度.....	110
7.5.2 清除田间毒源.....	110
7.5.3 实施稻田翻耕.....	111
7.5.4 保护昆虫天敌.....	111
7.6 治求实效	111
参考文献	113

各 论

第 8 章 水稻黑条矮缩病毒及其所致病害.....	117
8.1 概述	117
8.2 症状学	118
8.3 病原学	119
8.3.1 病毒提纯.....	119
8.3.2 病毒特性.....	120
8.3.3 致病性及其变异.....	122
8.3.4 血清学.....	123
8.3.5 寄主范围及致病特征.....	123
8.4 诊断学	123

8.4.1 田间诊断.....	123
8.4.2 病理学诊断.....	123
8.4.3 生物学诊断.....	124
8.4.4 病原学诊断.....	124
8.5 流行病学	125
8.5.1 传播特点.....	126
8.5.2 病害循环.....	127
8.5.3 流行预测.....	127
8.6 防控要点	127
参考文献	127
第9章 南方水稻黑条矮缩病毒及其所致病害.....	131
9.1 概述	131
9.2 症状学	131
9.3 病原学	132
9.3.1 病毒提纯.....	132
9.3.2 病毒特性.....	133
9.3.3 致病性及其变异.....	137
9.3.4 血清学.....	138
9.3.5 寄主范围及致病特征.....	138
9.4 诊断学	138
9.4.1 田间诊断.....	138
9.4.2 病理学诊断.....	138
9.4.3 生物学诊断.....	139
9.4.4 血清学诊断.....	139
9.4.5 病原学诊断.....	139
9.5 流行病学	139
9.5.1 传播特点.....	140
9.5.2 病害循环.....	141
9.5.3 流行预测.....	142
9.6 防控要点	142
参考文献	143
第10章 水稻簇矮病毒及其所致病害.....	146
10.1 概述	146
10.2 症状学	147
10.3 病原学	148
10.3.1 病毒提纯.....	149
10.3.2 病毒特性.....	149
10.3.3 致病性及其变异.....	151
10.3.4 血清学.....	151
10.3.5 寄主范围及致病特征.....	152

10.4 诊断学	152
10.4.1 田间诊断	152
10.4.2 病理学诊断	152
10.4.3 生物学诊断	153
10.4.4 病原学诊断	153
10.5 流行病学	155
10.5.1 传播特点	155
10.5.2 病害循环	155
10.5.3 流行预测	156
10.6 防控要点	157
参考文献	157
第 11 章 水稻矮缩病毒及其所致病害	158
11.1 概述	158
11.2 症状学	159
11.3 病原学	161
11.3.1 病毒提纯	161
11.3.2 病毒特性	162
11.3.3 致病性及其变异	169
11.3.4 血清学	169
11.3.5 寄主范围及致病特征	170
11.4 诊断学	171
11.4.1 田间诊断	171
11.4.2 生物学诊断	171
11.4.3 病理学诊断	171
11.4.4 血清学诊断	172
11.4.5 病原学诊断	172
11.5 流行病学	172
11.5.1 传播特点	172
11.5.2 病害循环	175
11.5.3 流行预测	175
11.6 防控要点	177
参考文献	177
第 12 章 水稻瘤矮病毒及其所致病害	183
12.1 概述	183
12.2 症状学	184
12.3 病原学	184
12.3.1 病毒提纯	184
12.3.2 病毒特性	184
12.3.3 致病性及其变异	191
12.3.4 血清学	191

12.3.5 寄主范围及致病特征.....	191
12.4 诊断学	192
12.4.1 田间诊断.....	192
12.4.2 病理学诊断.....	192
12.4.3 生物学诊断.....	192
12.4.4 病原学诊断.....	193
12.5 流行病学	193
12.5.1 传播特点.....	193
12.5.2 病害循环.....	195
12.5.3 流行预测.....	195
12.6 防控要点	195
参考文献	196
第 13 章 水稻草状矮化病毒及其所致病害.....	199
13.1 概述	199
13.2 症状学	200
13.3 病原学	201
13.3.1 病毒提纯.....	201
13.3.2 病毒特性.....	202
13.3.3 致病性及其变异.....	205
13.3.4 血清学.....	205
13.3.5 寄主范围.....	206
13.4 诊断学	206
13.4.1 田间诊断.....	206
13.4.2 病理学诊断.....	206
13.4.3 生物学诊断.....	207
13.4.4 病原学诊断.....	207
13.5 流行病学	208
13.5.1 传播特点.....	208
13.5.2 病害循环.....	210
13.5.3 流行预测.....	210
13.6 防控要点	211
参考文献	211
第 14 章 水稻锯齿叶矮缩病毒及其所致病害.....	217
14.1 概述	217
14.2 症状学	218
14.3 病原学	219
14.3.1 病毒提纯.....	219
14.3.2 病毒特性.....	219
14.3.3 致病性及其变异.....	224
14.3.4 血清学.....	225

14.3.5 寄主范围及致病特征.....	226
14.4 诊断学	227
14.4.1 田间诊断.....	227
14.4.2 病理学诊断.....	227
14.4.3 生物学诊断.....	227
14.4.4 病原学诊断.....	228
14.5 流行病学	228
14.5.1 传播特点.....	228
14.5.2 病害循环.....	230
14.5.3 流行预测.....	230
14.6 防控要点	230
参考文献	231
第 15 章 水稻条纹病毒及其所致病害	235
15.1 概述	235
15.2 症状学	236
15.3 病原学	237
15.3.1 病毒提纯.....	237
15.3.2 病毒特性.....	237
15.3.3 致病性及其变异.....	247
15.3.4 血清学.....	247
15.3.5 寄主范围及致病特征.....	248
15.4 诊断学	248
15.4.1 田间诊断.....	248
15.4.2 病理学诊断.....	248
15.4.3 生物学诊断.....	249
15.4.4 血清学诊断.....	249
15.4.5 病原学诊断.....	250
15.5 流行病学	250
15.5.1 传播特点.....	250
15.5.2 病害循环.....	250
15.5.3 流行预测.....	250
15.6 防控要点	251
参考文献	251
第 16 章 水稻黄矮病毒及其所致病害	260
16.1 概述	260
16.2 症状学	261
16.3 病原学	262
16.3.1 病毒提纯.....	262
16.3.2 病毒特性.....	262
16.3.3 致病性及其变异.....	266