



华夏英才基金学术文库

刘孟军 赵锦 周俊义 著

by Liu Mengjun Zhao Jin Zhou Junyi

枣疯病

Jujube Witches' Broom Disease

 中国农业出版社
CHINA AGRICULTURE PRESS



华夏英才基金学术文库

枣 疯 病

Jujube Witches' Broom Disease

刘孟军 赵 锦 周俊义 著

中 国 农 业 出 版 社

China Agriculture Press

图书在版编目 (CIP) 数据

枣疯病/刘孟军, 赵锦, 周俊义著. —北京: 中国农业出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-109-14010-3

I. 枣… II. ①刘…②赵…③周… III. 枣疯病—研究
IV. S432.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 113098 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 张 利

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×1000mm 1/16 印张: 12.5

字数: 190 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 100.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

序

枣树原产我国，是我国重要的特色优势果树和第一大干果树种，现有栽培面积 150 万 hm^2 ，年产量 300 多万 t，约占世界的 99%。枣树适应性强、分布广泛，在山、沙、碱旱地区农民增收、生态建设和出口创汇中占有重要地位。枣疯病是国内外枣区发生最普遍、危害最严重的传染性检疫病害，每年导致大量枣树死亡，使枣产业生存和发展受到严峻威胁。枣疯病为高致死性植原体病害，其防治是公认的世界性难题。河北农业大学中国枣研究中心刘孟军教授领导的课题组，历经 10 余年科技攻关，完成了 10 多项国家和省部级相关科研课题，在枣疯病研究方法与创新的同时，实现了防治技术和防治效果的重大突破，先后于 2004 年和 2006 年获得河北省科技进步一等奖和国家科技进步二等奖。

《枣疯病》一书是作者以自己 10 多年的研究成果积累为主体，参考国内外有关资料编写而成。该书系统阐述了枣疯病的发生发展和研究史、病原及其理化特性和检测方法、主要症状及其演变规律和分级标准、病害流行病学、病原的分布与周年消长规律、病害生理、枣疯植原体在寄主体内可持续组织培养体系、抗枣疯病种质及其抗病机理、病树的治疗与康复技术以及枣疯病综合治理的战略对策和技术途径等，并提出了今后枣疯病研究的方向和重点。该书通过对已有研究成果的认真梳理、深入分析和融会贯通，使原本零散的知识形成了比较完整的理论和技术体

系，是对枣疯病研究的一大贡献。华夏英才基金立项资助该书的出版，不仅是支持，也是一种肯定。

《枣疯病》一书全面系统地展示了有关枣疯病的基本知识、基础理论、研究方法和实用技术，填补了国内外枣疯病研究专著的空白。该书内容丰富、数据翔实、结构严谨、图文并茂，目录、摘要和图表采用中英文对照，是一部学术性和实用性都很强并与国际接轨的高水平枣疯病研究专著，对今后进一步开展枣疯病研究、防治及相关的国内外学术交流等均有重要指导价值。

中国工程院 院士
中国农业科学院植物保护研究所 研究员

郭予元

2009年7月

前 言

枣树 (*Ziziphus jujuba* Mill.) 原产黄河中下游地区, 是原产我国最古老、最具代表性的特色优势果树之一。2006 年, 全国枣树栽培面积 150 万 hm^2 左右, 枣果总产量 305 万 t, 面积和产量均居干果第一位, 在所有栽培果树中枣树的面积居第三位、产量居第七位。目前世界枣果总产量的 99% 和国际枣产品贸易中的近 100% 均来自我国, 枣产品在国内外市场中均颇具竞争优势。枣产业已成为我国许多山、沙、碱、旱地区的重要支柱性农业产业和 2 000 多万农民的主要经济来源。

枣疯病 (Jujube witches' broom disease) 是由植原体 (Phytoplasma) 引起的一种致死性传染病害, 几乎分布于国内外所有枣区, 且绝大多数枣树品种对其敏感。近年来, 不少枣区的枣疯病年发病致死株率已高达 3%~5%, 许多枣园甚至枣区因枣疯病而濒临毁灭。枣疯病已成为制约整个枣产业可持续发展的严重障碍之一。科学预防和有效控制枣疯病, 已成为当前枣树生产上迫切需要解决的重大问题。

笔者自 1997 年起, 组织多学科专家集中精力开展了枣疯病相关基础理论、方法和防治技术的系统研究, 先后得到国家自然科学基金、科技部、教育部、河北省等 10 多次立项支持, 取得的科技成果“抗枣疯病种质筛选利用与枣疯病治疗康复技术体系”2004 年获河北省科技进步一等奖、“枣疯病控制理论与技术”2006 年获国家科技进步二等奖。

本书以笔者自主研发取得的科技成果为主体，同时吸收和借鉴了近 60 年来国内外专家学者的相关研究成果，力求客观准确地反映枣疯病研究的全貌和最新进展。全书共分为十章，依次为绪论、枣疯病的发展和研究史、枣疯病的主要症状与病情分级、枣疯病的流行学、枣疯病的病原及其检测方法、枣疯植原体的活体培养及其应用、枣疯植原体在树体内的分布和运转规律、枣疯病的病害生理、抗枣疯病种质及其抗病机制、枣疯病的治疗与康复。

本书在编写过程中力求内容全面系统、文字简明扼要、数据翔实可靠、分析深入准确、技术先进可行，力求系统性与完整性、历史性与前瞻性、学术性与实用性高度统一。为方便读者理解、查阅和国际交流，本书提供了相关图、表 109 个，其中表格 32 个、图 77 幅，彩色照片 67 幅，并且目录、摘要和图、表采用了中、英文对照。本书旨在为枣疯病的进一步研究和高效治理提供有益指导，同时为国内外从事果树、植物保护，特别是植原体病害研究的专家学者提供借鉴和参考。但限于时间和水平，不妥之处在所难免，敬请同行和读者批评指正。

编 者

2009 年 3 月

摘 要

枣树 (*Ziziphus jujuba* Mill.) 是原产我国的特色优势果树和第一大干果树种, 我国枣树栽培面积 (150 万 hm^2) 和产量 (305 万 t) 占世界总量的 99% 左右, 国际贸易中近 100% 的枣产品均来自我国。枣产品是在国内外市场颇具竞争优势的农产品。枣产业是我国山、沙、碱、旱地区的重要支柱性农业产业。

枣疯病 (Jujube witches' broom disease, JWB) 是一种由植原体 (Phytoplasma) 引起的高致死性传染病害, 几乎分布于国内外所有的枣树分布区, 且绝大多数枣树品种对其敏感。枣树一旦感染枣疯病, 通常幼树 1~2 年、成龄树 3~5 年即逐渐枯死。一些枣产区的年发病株率达到 5%~10%, 许多重病枣园的累积发病株率高达 60%~80% 而濒于毁灭。枣疯病已成为制约整个枣产业可持续发展的严重障碍之一。科学预防和有效控制枣疯病, 是当前枣树生产上迫切需要解决的重大问题。

国内外有关枣疯病研究的正式报道始见于 20 世纪 50~60 年代, 当时主要研究了枣疯病的发病过程和传播途径; 70 年代重点研究确认了枣疯病的病原; 80 年代是枣疯病研究的高峰期, 病原检测、传病昆虫及防治技术研究全面展开; 90 年代由于防治技术一直没有突破而使枣疯病研究一度陷入低潮; 进入 21 世纪后枣疯病的防治研究实现突破, 并开展了致病机理、病害生理及分子生物学等方面的深入研究。

枣疯病的症状在不同器官上均有所表现, 通常有叶片黄化、小枝丛生、花器返祖 (花变叶等)、根的畸变及果实畸形等, 其中最典型、最容易识别的症状是枝叶丛生, 俗称“扫帚状”。枣疯病在枝条上的症状演变基本上有两种形式: 一种是渐进式, 即花梗延长→花变叶→叶片变小→节间缩短、腋芽大量萌发、形成丛枝→极度短缩丛枝; 另外一种形式是爆发式, 即一开始表现为

短缩丛枝等重疯症状。为便于评价发病程度，在病原、病枝、病株、病园和病区 5 个水平上，提出了枣疯病的病情分级标准。

枣疯病可以通过叶蝉类昆虫、嫁接、根蘖苗及菟丝子等途径进行传播。主要的媒介昆虫是凹缘菱纹叶蝉、橙带拟菱纹叶蝉和红闪小叶蝉。枣疯病的发生与枣树立地条件、间作物种类及管理水平等关系密切。土壤瘠薄、管理粗放、树势衰弱的低山丘陵枣园，发病较重；土壤酸性、石灰质含量低的枣园发病重；阳坡比阴坡发病重；周围有松、柏和泡桐树的枣园发病重；盐碱地枣园及管理水平高的平原沙地枣园发病轻。

枣疯病的病原为植原体。枣疯植原体具有高致死性，能降低微环境 pH、喜温（27~30℃以上）、对糖浓度适应性较广（1%~7%）、比较适合在 pH 5.8~8.2 之间生长。在病原的各种检测方法中，组织化学方法不仅简便、快捷，而且灵敏度高、成本低，适合于进行大样本的快速检测；电镜、血清学、核酸杂交和 PCR 技术等都相对繁琐和昂贵一些，可用于精确检测。实际应用中，可主要采用 DAPI 荧光显微技术进行植原体病原的组织化学检测，在有特殊需要的情况下采用 PCR 技术进行精确检测。

枣疯植原体至今还不能在人工培养基上培养生长。但笔者已成功实现其在枣组培苗中的长期保存和增殖。方法是在生长季以感染枣疯病的茎尖或茎段、冬季以感染枣疯病枝条的水培芽为外植体，用 0.12% HgCl_2 进行消毒，在不附加任何激素的 MS 培养基上进行启动培养，在 MS+6-BA 1.0mg/L+ IBA 2.0 mg/L+NAA 0.1~0.3mg/L 培养基中进行增殖培养，在 MS+IBA 0.5mg/L 或 MS+NAA 0.3mg/L 培养基中进行生根培养。在此体系中，枣疯病病苗已经培养 7 年以上，一直保持枣疯病典型症状，利用 DAPI 和 PCR 方法均可以检测到大量病原。通过在培养基中添加 25~50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 盐酸—四环素和盐酸—土霉素可以杀死病苗中的植原体。利用枣疯病带病组织培养体系，可以进行枣疯病治疗药物和抗病种质资源的集约化筛选等一系列应用研究和相关基础研究。

枣疯植原体在树体内的分布具有普遍性、地上地下对应性、不均匀性等特点。在疯根中，5月中旬病原浓度最高，6、7、8月浓度有所下降，但仍处于较高水平，12月底至翌年3月病原浓度最低；在疯枝中，春季4、5月随温度回升和萌芽生长，病原数量逐渐增加，夏季7、8月（发病高峰期）病原浓度达到最高，随秋季来临有所下降，但仍保持较高水平，冬季的12月和翌年1、2月降到最低，但仍可检测到大量病原。和病根相比，病枝中的病原浓度一直处于较高水平。枣疯植原体能在地上部越冬。枣树感染枣疯病初期，病原只存在于感染点附近。枣疯植原体不必先运行到根部就能导致树体发病，根与枣疯植原体的繁殖及枣疯病症状表现没有必然联系。

枣树在感染枣疯病后生理方面发生了显著变化。激素方面，在根部，7、8月份病株中的 Zeatin 含量明显高于健株；在叶部，生长后期（7月份以后）病株中 Zeatin 含量显著高于健株；患病程度越重，叶片中 Zeatin/IAA (C/A) 比值越高。矿质元素方面，病叶中钾元素显著高于健叶；病叶中钙、镁、锰3种元素处于严重缺乏状态；在生长后期病叶中的铁元素显著低于健叶；枣疯病对叶片中铜、锌两种元素的影响不大。此外，枣疯植原体感染枣树后导致了过氧化物酶（POD）和多酚氧化酶（PPO）同工酶活性增强及酚类物质和氨基酸的显著变化，并使树体体液酸化、pH降低。

在枣疯病的抗性鉴定中，采用在重疯树上高接被鉴定种质的新方法较在被鉴定种质上嫁接病皮的传统方法筛选强度大，可以高效地筛选出对枣疯病高抗及免疫的种质材料。笔者经过多年的田间试验和对比观察，筛选出了4份高抗枣疯病的种质（骏枣、秤砣枣、清徐圆枣和南京木枣的4个单系），其中骏枣单系经过严格的初选、复选、决选和区域性对比试验，已审定为新品种，定名为星光。星光对枣疯病有极强的抗性，适宜制干和制作醉枣等，品质综合评价优。星光对枣疯病有一个逐渐适应的过程，属于诱导性抗病。通过对基因组及蛋白组水平的分析，初步发现星光在嫁接侵染后有抗病相关基因与蛋白的出现和表达。

对枣疯病的治疗与康复可从多方面入手。其中利用抗病品种建园可避免枣疯病危害，而利用抗病品种星光高接换头改造病树可达到治疗与品种更新的双重目的。药物治疗的主要对象应该是已进入结果期、病情小于Ⅳ级的成龄病树，利用笔者已获得国家发明专利的兼具治疗与康复作用的复配药物“祛疯1号”，在枣树萌芽、展叶期进行树干滴注治疗，有效率可达95%以上，当年治愈率达80%~85%。手术治疗，特别是及时采取“疯小枝、去大枝”的手术方法，可以有效控制Ⅰ、Ⅱ级轻病树的病情发展，如果去得及时而彻底甚至可以痊愈，去疯枝还可作为药物输液治疗的辅助措施。此外，对于病情严重的衰老树、感染枣疯病未进入结果期的幼树和根蘖，建议彻底刨除，以在最短时间内最大程度地减少病原。

枣疯病的治理应本着预防为主、综合治理的原则，从园地选择、苗木和接穗检验检疫、抗病品种应用、病树治疗及康复、防治传毒昆虫等多方面协调行动来解决问题。在多年的枣疯病治理实践的基础上，笔者提出了以“择地筛苗选品种（新建园），去幼清衰治成龄（发病园），疗轻改重创极重（发病树），综合治理贯始终（枣产区）”为主要内容，因树、因园、因地制宜的枣疯病分类综合治理战略。

目 录

序
前言
摘要

第一章 绪论	1
一、枣产业的重要地位	1
二、枣疯病与植原体	4
第二章 枣疯病的发展和研究史	12
一、枣疯病的发生和发展	12
二、枣疯病的研究史	15
三、今后需重点研究的主要问题	19
第三章 枣疯病的主要症状与病情分级	27
一、枣疯病的主要症状	27
二、枣疯病的症状演变	29
三、枣疯病的病情分级	30
第四章 枣疯病的流行病学	37
一、枣疯病的传播途径	37
二、传病昆虫及其生物学	40
三、枣疯病发生与生态条件的关系	45
第五章 枣疯病的病原及其检测方法	50
一、枣疯病的病原	50
二、枣疯植原体的理化特性	53
三、植原体的检测方法	55
第六章 枣疯植原体的活体培养及其应用	65
一、植原体人工培养现状	65

二、带枣疯病组织培养技术	66
三、带病组培体系的应用	71
第七章 枣疯植原体在树体内的分布和运转规律	80
一、枣疯植原体在树体内的分布特点	81
二、枣疯植原体在树体中的周年消长规律	85
三、枣疯植原体的越冬和运转	86
四、对枣疯病防治的指导意义	88
第八章 枣疯病的病害生理	90
一、枣疯病与激素	91
二、枣疯病与矿质元素	99
三、枣疯病与酶	105
四、枣疯病与酚类和氨基酸	108
五、枣疯病与 pH	110
第九章 抗枣疯病种质及其抗病机制	113
一、抗枣疯病种质的筛选评价方法	114
二、抗枣疯病种质的筛选	115
三、抗枣疯病种质星光的抗病机理研究	121
第十章 枣疯病的治疗与康复	137
一、手术治疗	137
二、药物治疗	139
三、高接换头改造法	152
四、枣疯病的综合治理	154
缩写表	160
后记	162
本书研究成果获项目资助资助	163

CONTENTS

PREFACE

FOREWORD

ABSTRACT

CHAPTER I INTRODUCTION	1
1. The Importance of Chinese Jujube (<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.)	1
2. Jujube Witches' Broom Disease (JWB) and Phytoplasma	4
CHAPTER II THE HISTORY OF JWB	12
1. The Discovery and Development of JWB	12
2. The Research History of JWB	15
3. The Main Problem in the Research of JWB	19
CHAPTER III THE SYMPTOM AND GRADING SYSTEM OF JWB	27
1. The Symptom of JWB	27
2. The Evolution of the Symptom of JWB	29
3. The Grading System of JWB	30
CHAPTER IV THE SPREAD OF JWB	37
1. The Spread Pathways of JWB	37
2. The Vector Insects and Their Biology	40
3. JWB and Ecological Enviroment	45
CHAPTER V THE PATHOGEN AND ITS DETECTION METHODS	50
1. The Pathogen of JWB	50
2. The Physiological Characteristics of JWB Phytoplasma	53
3. The Detecting Methods of JWB Phytoplasma	55

CHAPTER VI PRESERVATION AND MULTIPLICATION OF JWB PHYTOPLASMA VIA TISSUE CULTURE OF DISEASED CHINESE JUJUBE	65
1. The Present Status of Culture of Phytoplasma	65
2. The Tissue Culture System of Chinese Jujube with Phytoplasma ...	66
3. The Applications of Tissue Culture in Screening High-resistant Germplasm and Effective Drugs	71
CHAPTER VII THE ANNUAL DISTRIBUTION AND TRANSMISSION OF JWB PHYTOPLASMA IN THE TREE OF CHINESE JUJUBE	80
1. Distribution Characteristics of JWB Phytoplasma in the Tree	81
2. The Annual Concentration Variation of JWB phytoplasma in the Tree	85
3. The Natural Living Ability of above Ground JWB Phytoplasma in Winter and the Role of Roots in Inducing Symptom	86
4. The Guiding Value for Curing the Trees with JWB	88
CHAPTER VIII THE PATHOPHYSIOLOGY OF JWB	90
1. JWB and Endogenous Hormone	91
2. JWB and Mineral Elements	99
3. JWB and Isozymes	105
4. JWB and Amino Acids	108
5. JWB and pH	110
CHAPTER IX GERmplasm WITH HIGH RESISTANCE TO JWB AND THEIR MACHENISM	113
1. Methods Screening for Germplasm with High Resistance to JWB	114
2. Germplasm of Chinese Jujube with High Resistance to JWB and Their Application	115
3. The Resisting Mechanism of the Germplasm with High Resistance	121

CONTENTS

CHAPTER X THE CONTROL OF JWB	137
1. Operation	137
2. Trunk Injection of High-efficiency Drugs	139
3. Canopy Reconstruction Using Cultivar with High Resistance	152
4. The Sustainable Control Strategy of JWB	154
ABBREVIATIONS	160
EPILOGUE	162
Research Programs Related to the Book	163

表 格 目 录

LIST OF TABLES

第一章 CHAPTER 1

表 1-1 2006 年我国主要果树的栽培面积和产量	1
Table 1-1 The growing area and yield of the main fruit species of China in 2006	1

第二章 CHAPTER 2

表 2-1 20 世纪 80 年代全国部分枣产区枣疯病发生情况	13
Table 2-1 The epidemics of jujube witches' broom disease (JWB) in some Chinese jujube growing areas of China in 1980s	13
表 2-2 2003 年全国部分枣区枣疯病发生和危害情况	14
Table 2-2 The epidemic of JWB in some Chinese jujube growing areas of China in 2003	14
表 2-3 1951—2007 年枣疯病研究论文数量统计	15
Table 2-3 The number of research paper on JWB published between 1951 and 2007 in China	15

第三章 CHAPTER 3

表 3-1 枣疯病病原浓度分级表	31
Table 3-1 Grading of phytoplasma density in diseased branch	31
表 3-2 枝条水平上枣疯病病情分级	32
Table 3-2 Symptom grading of jujube witches' broom disease at shoot level	32
表 3-3 植株水平上枣疯病病情的分级	34
Table 3-3 Grading of jujube witches' broom disease at tree level	34
表 3-4 病园水平上枣疯病病情分级	35
Table 3-4 Grading of jujube witches' broom disease at orchard level	35