

马立新 主编

# 西瓜枯萎病 综合防治技术研究进展



气象出版社

# 西瓜枯萎病综合防治 技术研究进展

Collected Papers on Integrated Pest Management  
of Fusarium Wilt of Watermelon

主 编 马立新  
副主编 尚长明 周 睿

气象出版社  
China Meteorological Press

## 内 容 提 要

西瓜枯萎病是国内外西瓜生产上的最主要的限制因素。国外主要依靠抗病品种进行防治,80年代以来西瓜枯萎病菌2号生理小种相继在以色列和美国出现,从而使以上措施受到挫折,国内尚无有效的防治方法。本书系统地总结了八五重点攻关项目“西瓜枯萎病发生规律与防治技术研究”的有关成果,对病害的病原学、流行病学、生态学及防治学诸方面都进行了深入的阐述,基本上反映了90年代国内研究的水平。该项成果已在全国各地进行了较大面积的示范及推广应用,取得了显著的经济效益、社会效益和生态效益。本书可供农业科技工作者及农技推广人员参考,对西瓜生产者具有重要的指导价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

西瓜枯萎病综合防治技术研究进展/马立新主编. —北京:气象出版社,1997.6

ISBN 7-5029-1990-2

I. 西… II. 马… III. 西瓜-枯萎病-防治-进展 IV. S436.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 14307 号

## 西瓜枯萎病综合防治技术研究进展

马立新 主编

\*\*\*

责任编辑:王元庆 终审:纪乃晋

封面设计:曹金星 责任技编:王元庆 责任校对:达佳

气象出版社出版

(北京市海淀区白石桥路46号,邮编:100081)

\*\*\*

北京市通州印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:7.625 字数:200千

1997年5月第一版 1997年5月第一次印刷

印数:1~400 定价:10.00元

ISBN7-5029-1990-2/S·0298

## 前 言

西瓜枯萎病发生规律与防治技术研究是于 1987 年针对生产的迫切需要提出的、由山东省章丘市植检站承担的科研课题。随着研究工作的深入,各级主管部门给予了财政和技术上的支持。该课题的研究难度较大,研究的范围很广,主要包括病害的一般生物学、病害的流行学、病害的生态学和病害的防治学。它的最大特点就是紧密结合生产实际。选题方向针对当前生产中群众最关心、最需解决的问题和矛盾。因此,它不仅把主要精力放在病害的防治问题上,而且涉及到了西瓜栽培与施肥管理等方面的一些突出问题。该项目于 1992 年 6 月通过了市级鉴定。以中国科学院院士、著名植物病理学家裘维蕃教授、中国工程院院士、著名植物病理学家曾士迈教授等专家组成的鉴定委员会认为:“该项研究进一步明确了西瓜枯萎病发生发展规律,阐明了病害的病原、发生和流行的生态条件、病害抽样技术、产量损失、经济阈值及影响病害发生发展的诸多因素,在病害流行学及生态学范畴等某些方面填补了国内空白,具有重要的学术意义”;研究出的“菌毒清浸种和灌根防治技术”是国内外植物枯萎病类病害化学防治技术上一个重要进展;研究探讨了化学防治、物理防治及农业生态防治等多项防治技术,并运用系统分析的方法,组建了功能比较完善的防治技术体系,在潍坊、昌乐、德州、历城、章丘等市县区进行了大面积的试验示范推广,累计防治面积 14.6 万亩次,技术覆盖达 30 万亩,防效稳定在 80% 以上,病株率控制在 10% 以下,取得了显著的经济效益和社会效益,具有重要的推广应用价值;研究涉及范围广,工作量大,系统深入,在国内尚属首次,居国内研究的领先水平。

该项成果于 1993 年获章丘市科技进步一等奖、济南市科技进步二等奖,并先后在《植物病理学报》、《植物保护》等国家级刊物上发表有关研究论文数十篇。

为了更系统地总结该项研究的成果,促进成果在国内外的学术交流和技术交流,推动我国在该研究领域尽快赶上世界先进水平,我们将有关内容整理成册,公开出版。由于研究和编写人员的业务水平有限,加之长期在生产第一线工作,技术方法和研究内容颇显粗糙,其中还可能存在错误和不当之处,敬希广大同行给予指正。

编著者

1996. 10

# 目 录

## 前言

## 第一部分 西瓜枯萎病发生规律和防治技术研究报告

1. 西瓜枯萎病发生规律和防治技术综合研究..... 马立新 李中斌 高复兴(3)
2. 西瓜枯萎病菌生物学特性的研究 ..... 马立新 尚长明 王庆刚等(24)
3. 环境因素对西瓜枯萎病的影响 ..... 尚长明 刘在明 周睿(29)
4. 根结线虫对西瓜枯萎病的影响 ..... 马立新 尚长明 高复兴等(35)
5. 济南地区瓜棉套种田镰刀菌之研究 ..... 刘其荣 尚长明 王庆刚(41)
6. 寄主和非寄主作物对土壤中西瓜枯萎病菌消长动态的影响 .....  
..... 赵丽娟 尚长明 茅振奇(46)
7. 西瓜枯萎病菌在土壤腐生生活的初步研究 ..... 史学文 尚长明 张玉勋等(51)
8. 山东省西瓜枯萎病菌致病性分化及品种抗性的初步研究 .....  
..... 马立新 尚长明 史学文等(56)
9. 西瓜枯萎病株空间分布及其抽样技术的研究 ..... 尚长明 茅振奇 刘在明等(63)
10. 西瓜枯萎病产量损失和经济阈值的研究..... 潘燕 史学文 赵丽娟(68)
11. 菌毒清对西瓜枯萎病作用特性的研究..... 李中斌 刘其荣 尚长明等(75)
12. 农抗 120 防治西瓜枯萎病研究..... 尚长明 王芳 史学文(80)
13. 利用土壤曝晒防治西瓜枯萎病的初步研究..... 马立新 尚长明 赵丽娟等(86)
14. 耕作栽培措施对西瓜枯萎病的影响..... 刘在明 尚长明 李中斌等(92)

## 第二部分 西瓜耕作栽培关键技术

1. 西瓜移栽苗龄对产量的影响 ..... 张荣亭 尚长明 赵丽娟(99)
2. 西瓜育苗生长最适氮肥营养研究..... 茅振奇 尚长明 张荣亭(103)
3. 株距对西瓜产量的影响..... 潘燕 尚长明 王芳等(109)

第一部分  
西瓜枯萎病发生规律和防治技术  
研究报告

General Report On Integrated Pest Management  
of Fusarium Wilt of Watermelon



# 西瓜枯萎病发生规律和防治技术综合研究

马立新 李中斌 高复兴

(山东省章丘市农业局 250200)

**【摘要】**生物学实验揭示出菌毒清是一种新型氨基酸杀菌剂,可以抑制西瓜枯萎病菌丝的生长和繁殖。对于抑制菌丝生长,这种药剂的杀菌力回归方程在  $22.5 \times 10^{-6}$  浓度和  $97.9 \times 10^{-6}$  浓度下,  $EC_{50}$  和  $EC_{95}$  分别是  $y = 1.519 + 2.572x$ 。对于杀灭 conidia, 3 种样品在  $9.9 \times 10^{-6}$  和  $76.7 \times 10^{-6}$  浓度下的回归方程是  $y = 1.976 + 1.313x$ 。菌毒清在  $400 \times 10^{-6}$  浓度下显示出杀菌特性。菌毒清在高于  $100 \times 10^{-6}$  浓度下有较好的保护和治理西瓜植株的作用,而且这种作用可以持续 15~20 天。田间情况表明该药剂在  $200 \times 10^{-6} \sim 250 \times 10^{-6}$  浓度下能控制 98.1%~100% 的病害和保证 79.2%~92.6% 的西瓜产量。该药剂在  $100 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$  浓度下用于抑制西瓜枯萎病初期感染并可控制 92.4%~100% 的病害和保证 46.5%~50.3% 的产量,以上显示出这种药剂在控制病害方面优于农抗 120。

**关键词** 菌毒清 西瓜枯萎病 杀菌力回归方程

## 1 研究的目的意义

西瓜枯萎病是一种土壤传播的维管束病害,分布于我国及世界上各主要西瓜产区,是影响西瓜生产的最重要的限制因子<sup>[4,8,11,23]</sup>。山东是全国重要的西瓜产区。昌乐西瓜和德州西瓜早就驰名中外。济南沿黄平原历来种植西瓜。特别是十一届三中全会以后,各地种植面积迅速扩大。由于其生育期短、经济价值高,成为当地群众一项重要的经济收入来源。但近年来,随着种植面积的扩大,轮作换茬越来越困难。我国当前种植的品种多属感病品种<sup>[81,48]</sup>,化学防治进展不快,致使西瓜枯萎病日趋严重。1986~1987 年在章丘、潍坊、昌乐、淄博、德州五地县调查,发病面积占总种植面积的 60%~80%,一般地块发病率 20%~30%,严重地块死株率 75% 以上甚至全田绝收。所到之处,群众强烈呼吁有关部门尽快提供有效的防病措施。因此,该病已成为

当前西瓜生产上急待解决的重大课题。本研究紧密结合生产实际,目的在于明确西瓜枯萎病发生发展的一般规律,研究探索经济、安全、有效的防治措施,制订出一套群众实用的防病技术,达到从根本上防治该病的目的。该项研究将从理论上阐明病害的起因和发生发展规律,填补西瓜枯萎病研究的空白,为我国和世界植物病理学的发展做出贡献,因此具有十分重要的理论指导意义,同时,又由于它是从生产的第一需要出发的,必将应用于实践,为生产服务,因此,又具有重大的实际应用价值。

## 2 研究动态综述

关于西瓜枯萎病的研究,国外开展较早。1894 年,美国学者 Smith 首先报告了西瓜的萎蔫病<sup>[13]</sup>并首次鉴定该病原为一种镰刀菌 *Fusarium niveum* 所致。之后的四五十年中,美国植病学家和育种学家把精力主要投入到抗病育种工作上,不断地



鉴定出一大批不同抗性水平的西瓜品种,并对西瓜对枯萎病的抗性遗传规律进行了深入的研究<sup>[10,11,21,23]</sup>。D. R. Porter 是这个时期较有影响的学者,他不仅在抗病品种鉴定研究中贡献较大,而且是唯一一位对病菌的生物学性状作初步研究的学者<sup>[6,7,11,13]</sup>。1958年之后,以色列、意大利、巴西、希腊、匈牙利等国学者都相继报道了西瓜枯萎病在本国发生和为害的情况<sup>[17,26]</sup>,从所鉴定的病源都十分一致,这个时期由于一些品种抗性相继丧失,植病学家对西瓜枯萎病菌的致病性分化进行了大量的研究。J. N. Crall 是第一个观察到病菌存在生理专化性的美国学者(1963年)<sup>[24]</sup>。1972年 G. L. Barnes 和 M. Cirulli 同时报道了西瓜枯萎病菌的致病性分化现象,但世界上第一个真正确证把病菌划分为不同的生理小种的是以色列植病学家 D. Netzer(1976年)<sup>[28]</sup>,它比较了大量的病菌分离物后将它们定为生理小种 0 号和 1 号。之后美国人 Martyn<sup>[64]</sup>于 1988 年又证实了 2 号小种——一个致病力更强的株系的存在(它几乎克服了目前世界上种植的所有抗病品种的抗性)。70~80 年代,Florida 大学的 Hopkins 和 Martyn 相继发表了大量的论文,内容涉及品种抗病性鉴定,抗性品种连作的表现,病菌生理小种鉴定以及防治技术<sup>[18,19,20,23,64,70,71,72]</sup>。由于长期以来,美国和其他欧洲国家主要靠种植抗病品种来防治该病,其他的防治技术研究未得到重视,Hopkins 教授曾试验了几种土壤熏蒸剂如苯来特、地茂散、DD 混

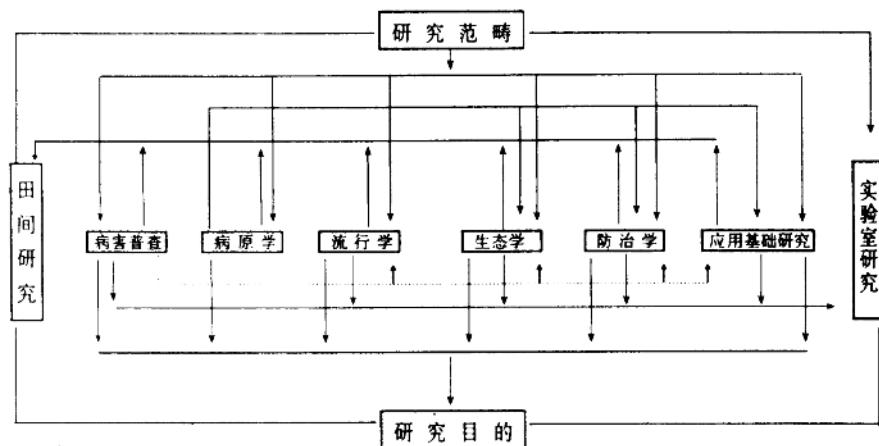
剂、五氯硝基苯、叠氮化钠等的防治效果和相应的施药技术,但没有找到一种理想的杀菌剂。

国内关于西瓜枯萎病的最早记述是戚佩坤先生于<sup>[83]</sup>1966 年所著的《吉林省栽培植物真菌病害志》,仅简单地描述了病原及为害。直至 80 年代初,全国各地始见到关于该病发生情况的零星报道<sup>[83-90]</sup>,除刘秀芳<sup>[88]</sup>等在安徽对流动动态作了初步研究外(1987 年),其余均是一般性的症状描述或防治探讨,在这个时期,全国各地枯萎病的发生已趋严重,普遍引起了重视,由中国农科院郑州果树研究所牵头组织有关单位于 80 年代末联合开展抗病育种攻关研究,但进展缓慢。

综观国内外的研究概况,可以看出,由于长期以来偏重于抗病育种的研究,致使关于西瓜枯萎病发生规律和其他防治技术的研究,未受到应有的重视,使许多基础性的研究工作远远落后,这不仅使实际应用研究缺乏依据,而且使抗病育种工作特别是国内刚刚起步的这项工作处于盲目的境地。本项研究试图弥补关于中外西瓜枯萎病研究领域中的这块空白。

### 3 研究采用的主要技术路线

本课题根据和运用植物病理学的一般原理和方法(主要依据俞大维先生《植物病理学和真菌学技术汇编》和方中达先生《植物病研究方法》等经典著作),借鉴国外研究的新技术成果,采用以下技术路线:



#### 4 研究的主要内容

##### 4.1 病原学研究:病原鉴定及生物学特性

###### 4.1.1 病原菌鉴定

###### 4.1.1.1 培养特征

病菌鉴定主要参照 C. Booth<sup>(28)</sup> 镰刀菌分类方法进行。1988 年从山东昌乐、潍坊、淄博、德州、枣庄、泰安、章丘等地采集了 33 个不同西瓜品种的新鲜病株,用 0.1% 升汞水消毒,再用无菌水冲洗,在 PSA 上作组织分离,获得的菌株回接在西瓜植株上,待发病后再分离,将获得的菌株再进行单孢分离。各单孢分离物在 PSA 上,经 25℃ 培养 4 天,测量菌落的直径与生长速度,20 天后观察记载菌落的色泽、小型分生孢子、大型分生孢子及厚垣孢子的数量和形态。在 25℃ 下, Bilag's 培养基上培养 2 天,观察产孢细胞(分生孢子梗)的形态及着生方式,各分离物测量 20~30 个分生孢子梗长度和宽度,统计其幅度。结果表明:

(1) 培养性状:菌落在 4 天内生长速度 3.

65~5.45cm, PSA 上菌丝棉絮状,基质表现白色—淡紫色,培养基底色不变。在 Bilag's 培养基上菌丝稀疏,白色,或淡紫色或深牵牛紫色。(2) 形态特征:①小型分生孢子:假头状着生,多数,卵圆形或腊肠形,着生于瓶状短梗上。②大型分生孢子:镰刀形或纺锤形,较窄,壁薄,末端稍弯,有脚孢,1~4 隔,大多 3 隔。孢子大小,0~1 隔,4~16×2~4.1μm;3~4 隔,22~38×3.7~4.8μm。③厚垣孢子:多数,大都着生于菌丝上的小梗顶端,球形,表面光滑,直径 5.5~17.5μm。

###### 4.1.1.2 专化型接种试验:

从西瓜、甜瓜\*、黄瓜分离纯化获得的枯萎病菌分离物,交叉接种在葫芦科不同的作物上,用沾根法接种(接种液浓度  $10^5 \sim 10^6$  孢子/ml, 10 分钟)以不接菌为对照,每处理 3~4 次。自始病起,连续观察 2 周。结果表明,西瓜枯萎病接种在西瓜上,死株率 100%,与甜瓜、黄瓜,枯萎病菌的致病

\* 甜瓜枯萎病菌分离物由新疆农科院植保所赠送,特此致谢!

性具有明显的差别,证明是不同的专化型。结果见表1。

表1 不同枯萎病菌在不同瓜类作物上的

交叉接种试验<sup>A</sup>

| 病原菌                        | 西瓜  | 甜瓜  | 黄瓜  | 冬瓜 | 南瓜 |
|----------------------------|-----|-----|-----|----|----|
| <i>F. O. f. niveum</i>     | +++ | +   | —   | —  | —  |
| <i>F. O. f. melonis</i>    | +   | +++ | +   | —  | —  |
| <i>F. O. f. cucumerium</i> | ±   | +   | +++ | —  | —  |

A:+++严重侵染;+侵染;±基本上不侵染;—不侵染。

#### 4.1.1.3 结果讨论

对不同单孢分离物鉴定,西瓜枯萎菌为尖孢镰刀菌,据专化测定,与有关文献<sup>[36,37]</sup>报道的结果一致,据此可确定山东西瓜枯萎病原菌为尖孢镰刀菌西瓜专化型(*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *niveum* < E. F. S > Snyd & Hans),这一结果与徐作廷1990年报道的结果,王燕华1988年报道的结果一致。

#### 4.1.2 病原菌主要生物学特性

##### 4.1.2.1 方法与结果

供试病菌部分为自己分离获得,部分由各地兄弟单位提供,各分离物收到后均重新经单孢分离和致病性测定后再扩大繁殖,随机选取2~3个分离物供以下各项试验测定之用。

A. 温度对菌生产的影响:用各单孢分离物培养的病菌移入PDA平板中央分别置于0~40℃的不同温度培养4天后测量菌落直径,结果表明病菌在8~40℃范围内均能生长,适宜温度为20~32℃,最适23~28℃,低于4℃病菌不能生长。

B. pH值对菌丝生长的影响:用Sorensen磷酸缓冲液加入Reichard培养基<sup>[38]</sup>中pH调为3~9,灭菌后接菌,置25℃培养4天,测量菌落直径。结果表明,

该菌适合的酸碱度范围很广,适宜的pH范围为4.6~7,说明病菌较喜偏酸的环境。

C. 不同培养基对菌丝生长和产孢的影响:用PDA等7种不同的培养基分别作液体和固体培养,4天测量菌落直径,10天测产孢量,液体培养10天测定菌丝干量。结果表明,病菌在PDA上生长速度及干重增长量最快,PSA次之,在清水洋菜上生长较差。从产孢情况看,以玉米粉培养基产孢最好,PSA燕麦次之,而清水滚菜上不产孢。同时表明,培养基中加入寄主组织煮液对菌丝生长影响不大,但可明显促进产孢。

#### D. 不同碳氮源对菌丝生长的影响

(a)碳源:试验表明,无论是固体培养还是液体培养,均以葡萄糖、蔗糖、麦芽糖作为碳源的菌丝生长最好,干重增加最快,而木糖、甘露醇较差。

(b)氮源:试验指出,只有以尿素作氮源的菌丝生长较差,其他氮源对菌丝的生长影响不显著。液体培养结果指出各种氮源对菌丝中物质的积累有较明显差别,以蛋白胨、酵母汁、牛肉膏作氮源的菌丝干重增加最快,天门冬酰胺,谷氨酸次之,硫酸、尿素较差。

#### E. 光照对菌丝生长和产孢的影响

结果指出,西瓜枯萎病在有光和无光条件下生长差异不大,但光照对产孢有较明显的促进作用,以荧光照的产孢量最大,完全黑暗条件下产孢量最小。

#### F. 温度对分生孢子萌发的影响

用玻片水滴法测定表明,8~36℃范围孢子均能萌发,适温20~35℃,最适23~28℃。

#### G. 酸度对分生孢子萌发的影响

试验指出,孢子在pH3~8范围内均

可萌发,适宜的 pH 值为 4.5~7.5,偏酸。

#### H. 营养条件对孢子萌发的影响

试验表明,分生孢子在组织煮液中的萌发效果最好,其次为葡萄糖和蔗糖,其他碳源营养对孢子萌发也有一定的促进作用。各种氮素营养中,以酵母汁的效果最明显,其他一般。由此说明孢子萌发对营养物质的要求不严格。

#### I. 湿度对孢子萌发的影响

试验指出,孢子除在水滴中能萌发外,其余湿度均不能萌发。

#### J. 菌丝和分生孢子致死温度的测定

测定结果表明,菌丝和分生孢子的致死温度分别为 65℃,10 分钟和 50℃,10 分钟。

#### 4.1.2.2 结果讨论

A. 上述结果是对 7 个西瓜枯萎病菌分离物随机抽样的比较测定,有助于增强试验的可靠性。从所测定的大部分项目指标看,不同的分离物的生物学特性都表现出高度的一致性,尤其是对温度、湿度、营养要求、培养条件等几乎没有什么差别。但试验也证实了不同分离物的 pH 值虽普遍酸,但潍坊分离物 W-6 似乎对酸度的要求更高一些,而章丘分离物则更接近于中性。唯一可能的解释是病菌长期对特定环境的适应结果,因为章丘西瓜产区集中沿黄,土质为轻沙偏碱性土壤,这为病菌在酸度较弱的土壤中存活提供了自然选择压力。

B. 试验对某些生物学特性仅采用了直线生长测定,如温度和酸度对菌丝生长的影响等,而对不同培养基和营养要求还同时测定了菌丝干量的变化。这主要是考虑到菌丝生长的厚薄和疏密,特别是菌丝体内物质积累量的多少都是直线测定无法获得的,而这些特性都直接与培养基类型及营养源有关。

#### 4.2 流行病学和生态学

1988~1990 年,连续 3 年课题组的研究人员在协作单位的密切配合下,对潍坊、昌乐、淄博、德州和章丘西瓜枯萎病的为害、流行动态等进行了较系统的调查研究,结果分述如下:

##### 4.2.1 为害与症状

###### 4.2.1.1 为害

西瓜枯萎病普遍发生于西瓜产区。3 年 5 地调查,发病面积占调查总面积的 80.2%,越是老瓜区,发病越是普遍和严重。新茬地发病率在 1% 以下,个别可超过 10%;重茬地发病率一般为 20%~30%,严重地块可达 75% 以上,重茬年限越长,发病越严重。西瓜感病后多在 5 天内死亡,很少超过 10 天,因此损失严重,损失率几乎相当于发病率,不少严重地绝产无收。

###### 4.2.1.2 症状

A. 苗期:该病苗期症状有四种表现:(a)烂芽,即种子发芽后很快感病烂掉不能正常出土;(b)猝倒,病菌侵染土壤表面的皮层组织,使之坏死而引起幼苗猝倒;(c)矮化,幼苗生长缓慢,黄化边缘下卷;(d)萎蔫,子叶黄化整株枯萎而死。

表 2 西瓜枯萎病发生情况调查结果

| 地 区   | 乡镇数 | 村数  | 调查总面积    | 发病面积     |
|-------|-----|-----|----------|----------|
| 昌 乐   | 3   | 26  | 1.625 万亩 | 1.557 万亩 |
| 潍坊坊子区 | 3   | 17  | 0.944 万亩 | 0.784 万亩 |
| 淄博张店  | 5   | 30  | 0.751 万亩 | 0.432 万亩 |
| 德 州   | 3   | 15  | 0.785 万亩 | 0.719 万亩 |
| 枣 庄   | 5   | 9   | 0.336 万亩 | 0.280 万亩 |
| 章 丘   | 6   | 122 | 2.848 万亩 | 2.075 万亩 |
| 合 计   | 25  | 219 | 7.289 万亩 | 5.847 万亩 |

B. 成株期:蔓长出后发病,根部初期变黄褐色后腐烂,开始茎基部、枝基部和叶

片发生萎垂,逐渐向上发展到整株枯死。发病初期常出现少数株部分枝蔓萎垂,逐渐蔓延全株。病势发展慢的萎垂表现不明显,但看出瓜蔓生长衰弱、矮化。叶色变黄似缺肥状。有的病株白天萎垂,次晨恢复几次,最后全株萎蔫枯死。也有少量植株主蔓枯萎后,又在蔓茎部长出不定根,发出新蔓。也有的植株一部分枝蔓发病,另一部分枝蔓健壮无病。急型发病时,茎叶突然全部萎蔫,病蔓基部变褐,茎皮纵裂,常有树脂状胶液溢出。后期皮层剥离,木质部破裂,根部腐烂,病部遍布粉红色霉层。

#### 4.2.2 初侵染源

##### 4.2.2.1 带菌土壤

为验证带菌土壤传病问题,于当年西瓜收获后,随即从枯萎病株部位和健株部位地表下0~30cm取土,置于室内、室外越冬,次年春播种时利用盆栽苗测,种子均用 $100\times 10^{-6}$ 菌毒清消毒处理。另以玉米粉砂基培养物接种灭菌土壤,以无菌土作对照,越冬后盆栽消毒种子。结果表明,自然带菌土壤处理西瓜枯萎病发病率为83%,人工接菌的发病率为98%,对照的部分均不发病。另从病地越冬后取0~5cm,5~20cm,20~40cm,60cm以下四个不同段层的病土盆栽表明,各自的枯萎病发病率分别为47%、89%、22%、0。这一方面说明病菌在土壤中越冬率很高,另一方面也间接指出越冬不成问题,同时还表明病菌在土壤中主要分布在0~40cm的段层中。由此说明,带菌土壤是重要的侵染来源。

##### 4.2.2.2 种子

A. 种子带菌情况调查:以市场上出售的西瓜种子为试材,用PDA分离病原菌,并在消毒的土壤中播种,然后调查其带菌情况,结果有1%~7%的种子带菌。不仅

从种皮上,而且从子叶、胚部也分离出了病原菌,用分离出的病菌接种消毒种子,发病率高达87%;将原始种子在消毒的土壤中播种时,有0~4%的发病率。从种子各部位的带菌情况看,种皮上带菌率为0.4%~2.8%,种子内部分离率为2.2%~8.5%。由此可以推断种子内部潜伏着病菌。

从西瓜枯萎病病株上按单瓜分别采收种子,播种在消毒的土壤中,发病率因采种果实不同而异,幅度为0.6%~11.8%之间。把这些种子分为催芽和不催芽两种处理播种,结果催芽的发病率高达26.5%,而不催芽的处理仅为8.3%。这似乎可以认为西瓜枯萎病通过种子催芽有二次传染的可能。

B. 种子带菌的途径:为了研究病原菌从病株向果实,进而向种子转移的途径,调查了茎和果实各个部位的病原菌分布情况。结果茎的各个部位几乎都查出了病原菌,用显微镜观察到维管束的导管部有小型分生孢子和菌丝。从腐败的果实上,包括果梗、果皮部、中果皮以及种腔各个部位也无例外地分离出了病原菌。其中的种子带菌率为6.8%~23.6%。从上述各个部分都同时观察到了维管束变褐现象。由此,作者认为,西瓜枯萎病菌从根冠或根毛侵入,然后蔓延到导管及周围组织,最后由于菌丝或小分生孢子的转移,侵染到上方的分生组织,结果后,又通过贯穿茎蔓和果肉的主维管束和次级维管束侵染到果肉、种子腔最终在种子上定殖。

#### C. 病残体

为了明确病残体对西瓜潜在的致病作用,将1987年收集的病株置于室内或置于室外土表、土内5cm、土内20cm越冬,次年将各处理收集并将未腐烂的粉砂加上过倍消毒土壤,盆栽消毒种子,结果四个处理

的发病率均很高,分别为73%、54%、62%和28%。说明病残体上所带来的病菌在田间可以越冬存活,需要指出的是埋于土内20cm的病残体已基本腐烂。

#### D. 圈粪与牲畜粪便

3年调查发现,圈肥和牲畜粪便是一个潜在的不容忽视的初侵染病源。主要表现为:有些群众已察觉土壤带菌问题,从防病角度考虑,将部分带病土壤挖出填到畜栏中沤制圈肥使用,其结果圈肥施到病地,导致病害更重,施到新地,导致当年发病普遍,很多地块均为新茬地而发病普遍和严重,一方面与种子带菌有关,另一方面与施了带菌圈肥有关。还有些群众将病株带回家作牲畜饲料,病菌经消化系统后不能被杀死,以粪便定殖下来潜在传染。还有的将病瓜瓜皮,幼果等饲喂牲也导致了同样的结果。

从试验研究和田间实际调查综合考虑,认为在重茬地,病地和土中病残体是最主要的初侵染源;在新茬地,带菌种子和施肥是最主要的初侵染源。

#### 4.2.3 侵染途径

4.2.3.1. 土壤中病菌侵染的途径:为了解土壤中病菌侵染的途径,利用玉米粉砂基培养物接种灭菌土壤(1.1~5V/V),将消毒培养3周龄的西瓜幼苗设伤根和不伤根两处理,以不接菌为对照,20~25℃下,两周后检查。结果指出,伤根发病率92%~100%,不伤根发病率11%~78%,对照不发病。说明病菌可以通过根毛直接侵入植株而使西瓜致病,且发病率随着接种体密度的提高而迅速上升。同时也表明伤口更有利于病菌的侵入,在较低的接种体密度下,伤根处理的西瓜仍表现出较高的发病率。

另以PDA菌丝块接种健康和有针刺

伤口的植株胚轴及子叶部分,结果表明创伤接种可发病而无创伤接种时几乎不发病。因此,病菌侵染根部以上部分主要是通过其上的伤口或虫口侵入。

4.2.3.2 带菌种子侵染的途径:采用Hoagland培养液培养带菌的种子,并不间断地观察病株上症征的进展情况。结果表明,附着在种皮上位于地表附近的胚栓(Peg)组织显著变褐,几乎所有植株都从这一部分开始发病,进而扩展到整个植株。所谓胚栓是这样一种器管:A.初生根从种子发芽孔开始伸展时,在初生根基部胚轴的最下部膨胀形成;B.种子发芽时将种皮推开,另外胚栓将种皮一端固定使子叶很容易从种皮中脱出。根据Jones等(1982年)、中森(1966年)的记述,在葫芦科、紫茉莉科、胡麻科、豆科、藜科、千屈科等植物上都可观察到胚栓组织。

另从带菌种子长出的幼苗不同部位取样分离结果看,也以胚栓部的检出率最高,其次是根部,而真叶、子叶、胚轴的病菌检出率很低。人工接种时,在根部和胚栓部,无论有无创伤,发病率都很高。

根据上述结果,可以确认这一侵染过程:带菌种子播种→种皮中病原菌的繁殖→种皮附着胚栓→病菌从胚栓开始侵染→向导管转移→发病。

#### 4.2.4 发生与流行因素

4.2.4.1 环境气象因素与发病的关系:1988~1990年在昌乐、潍坊、淄博、章丘四地不同类型的西瓜枯萎病田定点定期调查和大田普查,并在章丘设置田间试验研究,结果表明,西瓜枯萎从苗期到成熟时均可发病,但以伸蔓开花期至座果期发病率最高。在山东该病每年有2个峰值,5月中、下旬为第一个高峰,6月上、中旬为第二高峰,该峰最重。温度是影响病害发生的

最重要的因素,早春温度回升得快,苗期就会发病,若较高的温度持续,则发病率逐渐上升,温度急剧升高,发病率也随着上升很快。若温度下降,发病率也跟着下降,早春温度较低,苗期一般不发病,20~30℃是病害适宜的发生温度,在温度适宜的条件下,降雨会显著促进发病(1991年)。但降雨不是影响病害发生的主导因素。空气相对湿度下降有利于病害的加重,日照强度与发病率呈正相关而土壤温度与病害发生的关系不很确定。

4.2.4.2 栽培措施与发病的关系:田间调查和正交试验指出,瓜棉套作有利于病害的发展,而西瓜与玉米等禾本科作物套作对病害有一定的抑制作用。土壤深翻换土是一项有效的农业防病措施,结合地膜覆盖几乎完全控制了病害的发生,双膜的效果好于单膜的效果。保护地栽培比露地栽培的发病明显轻。施有机肥和饼肥比施无机化肥的发病轻,三要素中,中氮、中磷及低钾有利于西瓜的生长而不利病害的发展,氮肥对枯萎病的影响最小而钾肥影响最大。另外大水浸灌极有利于病害在田间的传播,而采用起垄栽培浅水沟灌的发病较轻。

4.2.4.3 品种与发病的关系:调查和试验了我国各地常规种植的20个品种和国外的5个品种。结果发现,我国大多数品种均属轻抗或感病品种,中8601F<sub>1</sub>、中8602F<sub>1</sub>是目前最抗病的两个品种,但产量和品质都较差,群众不愿种植,而国外的品种大多数为抗病品种。

4.2.4.4 土质:调查结果指出,病害在土质粘重偏酸的土壤发生最重,沙壤土次之,而壤土最轻。但也有壤土地块而发病较重的,总的来说,病菌对土壤质地要求不很严格。

4.2.4.5 轮作和连作与发病的关系:田间调查和试验研究表明,连作瓜田发病严重,连作两年的地块,平均病株率达40%~50%,连作3年,病株率可达70%以上,即使是抗病品种连种3年抗性也明显下降。轮作可使病害减轻,特别是与禾本科、豆科作物如玉米、大豆等轮作效果更好。但轮作并不能彻底消灭病害,群众反映,即使轮作7~8年,重新种植西瓜后仍可发病。我们对轮作年限作了针对性调查,间隔两年的14块,平均病株率为38.1%;间隔3年的5块,平均病株率为27.6%;间隔四年的6块,平均病株率为28.3%;新茬瓜田55块,平均病株率6.4%。但新茬地也有发病严重的,其中2块发病率高达22.4%和17.8%。

#### 4.3 防治学

##### 4.3.1 化学防治技术研究

4.3.1.1 室内药效测定:用孢子萌发法测定多菌灵等22种农药对西瓜枯萎病菌小孢子的毒力;用含毒介质法测定多菌灵等30种农药抑制菌丝生长的作用,结果表明,对孢子萌发抑制效果较好的有多菌灵、双效灵、农抗120、代森锰锌、苯来特、甲基托布津、菌毒清等,对菌丝生长抑制效果较好的有菌毒清、多菌灵、苯来特、甲基托布津等(表3)。

4.3.1.2 田间药效试验:将室内筛选出的7种药效较好的药剂于1989年又进行了田间小区试验。试验采用随机区组设计,小区面积30m<sup>2</sup>,重复3次。施药方法为药液灌根,每株灌药液0.5kg,均于发病始期进行。于第一次施药后7~10天再灌1次,共施2次。结果指出,药效最好的为菌毒清,防效达100%,其次为农抗120、双抗灵、多菌灵与苯来物的药效相当,其他药剂效果一般。

1989~1990年连续两年又对筛选出的菌毒清、农抗120、双效灵3种较好的药剂进行了多地多点大区试验和示范,还对各药剂的田间应用技术和作用机理进行了较系统的室内外试验研究。结果表明(表4~表6)。

菌毒清是目前防治西瓜枯萎病效果最好的一种药剂。它是一种新型的氨基酸类杀菌剂(主要成分为甘氨酸盐),室内测定,对西瓜枯萎病菌的菌丝生长和分生孢子萌发均有强烈的抑制作用。对菌丝抑制毒力回归式  $y=1.519+2.572x$ ,  $EC_{50}$  为  $22.5 \times 10^{-6}$ ,  $EC_{95}$  为  $97.5 \times 10^{-6}$ , 对分生孢子萌发抑制毒力回归式为  $y=1.876+1.813x$ ,  $EC_{50}$  为  $9.9 \times 10^{-6}$ ,  $EC_{95}$  为  $76.7 \times 10^{-6}$ , 菌

丝较分生孢子对药剂的敏感性弱。经菌毒清处理菌丝形态生长异常,指状分枝增多且极度扭曲,颜色加深,菌丝间的厚垣孢子消失是另一突出现象。菌毒清浓度在  $400 \times 10^{-6}$  以上时具杀菌作用,在  $100 \times 10^{-6}$  和  $200 \times 10^{-6}$  具抑菌作用。平板测定其残效期为15~20天。浓度在  $100 \times 10^{-6}$  以上具有良好的保护作用和治疗作用。田间试验证明,抑制病情扩展,在  $200 \times 10^{-6} \sim 250 \times 10^{-6}$  防效达98.7%~100%,保产率达79.2%~92.6%;预防病害侵染,在  $100 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$  防效达92.4%~100%,保产率达46.5%~50.3%,其防效和保产作用都高于农抗120。

表3 几种药剂对西瓜枯萎病菌的抑制效果(1989年)

| 药剂名称        | 浓度( $\times 10^{-6}$ ) | 孢子萌发抑制率(%) | 苗丝生长抑制率(%) |
|-------------|------------------------|------------|------------|
| 5%菌毒清水剂     | 100                    | 100        | 100        |
| 2%农抗120水剂   | 100                    | 84.0       | 89.5       |
| 10%双效灵水剂    | 500                    | 96.4       | 22.4       |
| 50%苯来特可湿粉   | 500                    | 88.5       | 72.2       |
| 50%多菌灵可湿粉   | 500                    | 83.3       | 65.4       |
| 70%甲基托布津可湿粉 | 700                    | 86.8       | 21.8       |
| 75%百菌清湿粉    | 750                    | 70.5       | 61.6       |
| 14%铜氨合剂     | 467                    | 68.2       | —          |
| 40%甲霜灵可湿粉   | 800                    | 41.5       | 56.1       |
| 75%代森锰锌可湿粉  | 1500                   | 66.7       | 43.9       |
| 25%三唑铜可湿粉   | 500                    | 45.4       | —          |
| 70%五氯硝基苯    | 700                    | 61.8       | 74.2       |
| 20%甲基立枯灵可湿粉 | 800                    | 41.2       | 33.6       |
| 1%波尔多液(倍数式) | 56.3                   | —          | —          |
| FL8522      | 500                    | 58.0       | 67.1       |



表 4 7 种药剂防治西瓜枯萎病田间小区试验结果<sup>A</sup>(1989~1990 年)

| 药剂处理和浓度 <sup>B</sup> | 辛旺防效(%) | 东安防效(%) | 东雷防效(%) | 三地平均防效(%) |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------|
| 菌毒清 250~500 倍        | 100     | 100     | 100     | 100       |
| 农抗 120 100~200 倍     | 86.4    | 87.0    | 90.0    | 87.8      |
| 双效灵 100~200 倍        | 75.6    | 78.9    | 76.2    | 76.9      |
| 苯来特 1000 倍           | 74.7    | 69.3    | 76.6    | 73.5      |
| 多菌灵 500 倍            | 68.2    | 63.00   | 72.3    | 67.3      |
| 甲基托布津 500 倍          | 62.2    | 85.4    | 61.3    | 62.9      |
| 百菌清 500 倍            | 60.2    | 68.7    | 62.3    | 63.7      |

A: 各地试验结果均为多次重复的平均值;

B: 均采用灌根处理, 每株 0.5kg 药液(下同)

表 5 3 种药剂防治西瓜枯萎病大区试验结果<sup>A</sup>(1989~1990 年)

| 药剂处理与浓度          | 防 效 (%) |      |      |      |      | 防 效 (%) |      |      |      |      |
|------------------|---------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|
|                  | 章丘      | 淄博   | 昌乐   | 德州   | 四地平均 | 章丘      | 淄博   | 昌乐   | 德州   | 四地平均 |
| 菌毒清 250~500 倍    | 94.5    | 92.2 | 95.6 | 88.7 | 92.8 | 65.4    | 82.8 | 44.3 | 69.5 | 65.8 |
| 农抗 120 100~200 倍 | 88.0    | 84.6 | 82.3 | 81.4 | 84.1 | 53.2    | 64.5 | 31.7 | 52.8 | 50.6 |
| 双效灵 100~200 倍    | 76.4    | 76.8 | 80.1 | 74.4 | 76.9 | 41.0    | 59.8 | 32.6 | 47.1 | 44.6 |

A: 试验结果为各地各个试验区的平均值。

表 6 综防技术示范结果(1989~1991 年)

| 示 范 地 点 | 平均防效(%) | 平均挽回损失率(%) | 备 注                                         |
|---------|---------|------------|---------------------------------------------|
| 章丘 东安   | 89.6    | 51.1       | 表中数据为 1989~1991 年 3 年各示范基点村五点随机抽样的调查结果的平均值。 |
| 郑家      | 92.5    | 44.8       |                                             |
| 尚家      | 84.3    | 47.2       |                                             |
| 昌乐 辛集   | 85.5    | 56.3       |                                             |
| 南堆      | 87.0    | 34.5       |                                             |
| 潍坊 旧岗   | 80.3    | 38.3       |                                             |
| 城鲁      | 86.2    | 43.1       |                                             |
| 淄博 王满   | 91.5    | 46.5       |                                             |
| 德州 郑寨   | 89.3    | 62.1       |                                             |
| 张庙      | 86.6    | 55.0       |                                             |

农抗 120 也是一种防效较好的, 具有重要推广和应用价值的新型生物农药。室内盆栽测定, 在每 100 克土含  $100 \times 10^{-6}$

a. i. 的剂量下, 无论是接种前还是接种后用农抗 120 浸灌处理植株, 均有效地阻止了枯萎病的发生。以  $100 \times 10^{-6}$  a. i. 的水溶