

刘世志 主编

植物
病原

线虫学

中国农业出版社



植物病原线虫学

刘维志 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物病原线虫学/刘维志主编. -北京: 中国农业出版社, 2000.6

ISBN 7-109-06192-2

I. 植… II. 刘… III. 线虫感染-植物病害
IV. S432.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 53983 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 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 胡志江

北京科技印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 28.25

字数: 646 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 62.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 刘维志

副 主 编 段玉玺

编写人员 (按姓氏笔画排列)

马秋娟 邢丽娟 刘 晔 刘清利

刘维志 张绍升 陈立杰 武 侠

周国良 赵洪海 洪权春 段玉玺

喻盛甫

内 容 简 介

本书是一部系统反映植物病原线虫学各分支学科的学术专著。书中全面地介绍了植物病原线虫的形态学、分类学、生物学、生理学、生物化学、植物病原线虫的生态学及线虫和寄主植物的相互关系，详细地介绍了中国目前农业生产上常见植物病原线虫所引起的植物病害，简要地介绍了植物病原线虫的生物技术和基因工程方面的研究进展，并系统地介绍了植物病原线虫的防治方法和各种研究技术。书末附有国内外出版的线虫学专著名录、线虫学期刊和线虫学会名录，以及常见杀线虫药剂一览表。

本书可供大专院校的植保系、生物系及植物病理学专业、动植物检疫专业和动物学专业师生，以及与线虫学科有关的各级植保站、农业站等农业部门、动植物检疫部门的有关科技人员参考。

前 言

线虫 (Nematodes) 已成为植物的一类重要病原物, 据 Hyman (1950) 的估计, 全世界的线虫种类在 10 万种以上, 迄今人们描述的植物寄生线虫的种类已超过 5 000 种, 每年都有大批新种发表。有许多线虫严重危害农林植物, 1990 年有人估计全世界每年被线虫危害的粮食和纤维植物造成的损失大约为 12%, 给果树和蔬菜造成的损失超过 20%。线虫病害已成为阻碍农林业生产发展的重要因素之一。

线虫学无论在中国还是在世界上都是比较年轻的学科, 线虫的英文名字 Nematode 是美国线虫学者 Cobb 杜撰的, 英、美国国家的普通人并不知道 Nematode 一词, 更不知系指何物。现在, 线虫一词已被线虫学工作者用来专指植物寄生线虫和土壤里及水中自由生活的线虫, 而不包括人和动物的寄生虫。

早在 1915 年中国老一辈的科学家就已发表北京地区发生小麦粒线虫的报告, 在当时条件极端艰苦的情况下, 他们坚持开展调查和研究工作, 朱凤美等一批前辈在小麦粒线虫方面做出大量的富有成效的研究工作。从 50 年代初开始, 中国在线虫病害的防治和研究方面进入一个新的历史时期, 线虫学得到了发展。1965 年沈阳农学院毕志树和李进二位先生已编写了《植物线虫学》一书 (农业出版社出版), 对中国线虫学的发展起到很好的推动作用。但自 1966 年至 1976 年的 10 余年间中国线虫学科的发展缓慢。从 1978 年起至 1998 年的最近 20 年间中国线虫学得到空前的发展。在世界上, 第二次世界大战之后, 各国的线虫学发展很迅速, 在线虫学的各个分支学科都取得了明显的成就。在即将进入 21 世纪之际, 中国农业出版社组织出版《植物病原线虫学》等一批新书是非常必要的。

我们在编写这本《植物病原线虫学》时, 主观上力求能反映线虫学科的体系和国内、外线虫学研究的最新成果, 以便对中国的线虫学科的发展起一些作用。但线虫学发展极为迅速, 我们掌握的资料有限, 在本书中难以充分反映出国内、外线虫学的最新研究进展。同时, 在线虫学目前的发展阶段也存在一些争论问题, 这些都是非常可喜的现象, 在编写时我们尽可能写出争论的观点和事件, 但也难以做到具体全面。中国近 20 年来在线虫调查、分类、

寄主和线虫的相互作用的研究和防治方面成就比较突出，但在线虫的生理、生化、生态和分子生物学方面开展工作不多或存在空白，在编写本书时在这些方面引用一些外国的资料，可能对我们今后的工作有好处。由于时间仓促，水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，敬请读者及时指正，编写者将不胜感激。本书可供有关专业的研究生、本科生、教师、研究人员和技术人员参考和使用。

刘维志
1998年10月

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、植物寄生线虫和植物线虫病害	1
二、植物线虫的危害及其经济重要性	1
三、植物线虫学发展历史	2
四、植物线虫学的任务	5
第二章 线虫的形态解剖学	6
第一节 线虫的形态和体壁	6
一、线虫的形状、大小	6
二、线虫的体壁	7
三、头部	8
第二节 线虫的消化系统	8
一、口	8
二、食道	9
三、肠	11
第三节 线虫的生殖系统	11
第四节 线虫的神经系统	13
第三章 植物寄生线虫的分类学	14
第一节 植物寄生线虫的高阶元分类体系简介	14
一、Chitwood (1950) 的分类体系	14
二、Maggenti (1991) 的分类系统	15
三、植物寄生线虫的目、总科和科的分类系统	16
第二节 植物寄生线虫属的鉴定	23
一、虫体的形态结构观察	23
二、雌虫	24
三、雄虫	24
四、植物寄生线虫主要属的形态鉴定检索表	24

第三节 植物寄生线虫种的鉴定	36
第四节 农林业生产上重要的线虫属	38
一、垫刃目 (Tylenchida)	38
二、矛线目 (Dorylaimida)	74
第四章 植物寄生线虫的生物学	80
第一节 植物寄生线虫的繁殖	80
一、性细胞	80
二、线虫的繁殖	80
三、线虫的胚胎发育和生长	81
第二节 植物寄生线虫的生活史	86
第五章 植物病原线虫的生理学和生物化学	89
第一节 水分、pH、离子对线虫生命活动的影响	89
一、水分对线虫生命活动的影响	89
二、酸碱度 (pH)	92
三、渗透压对线虫的影响	92
第二节 氧气和二氧化碳对植物病原线虫的影响及线虫的呼吸	93
一、氧气	93
二、二氧化碳	94
三、线虫的呼吸	95
第三节 温度对植物病原线虫生命活动的影响	99
一、变温的作用	100
二、致死低温	101
三、致死高温	101
第四节 线虫的运动和趋性	102
一、线虫的运动	103
二、线虫行为随龄期的变化	104
三、随着对环境的适应虫体行为的变化	105
四、线虫的趋性	105
第五节 植物病原线虫的取食、代谢途径和有关酶类	109
一、植物寄生线虫的取食	109
二、线虫的化学组成	112
三、植物线虫的酶类和代谢途径	117
第六章 植物线虫的生态学	121
第一节 线虫的地理分布和传播	121
一、线虫的起源与地理分布	121

二、线虫的传播	125
第二节 生境	131
一、生境类型	132
二、线虫与植物	137
第三节 生物群落与线虫群体变化	142
一、生物群落	142
二、线虫的群体变化	150
第四节 土壤环境及对线虫的影响	159
一、土壤剖面	159
二、矿质成分	160
三、土壤湿度	161
四、土壤温度	162
五、通气	164
六、阳离子交换	165
七、氧化还原电势	166
八、肥料	166
九、渗透压	167
第五节 植物地上部寄生线虫的生态	169
一、滑刃类线虫 (<i>Aphelenchoididae</i>)	170
二、茎线虫属 (<i>Ditylenchus</i> spp.)	174
三、粒线虫属 (<i>Anguina</i>)	176
第七章 线虫与寄主植物的相互关系	179
第一节 植物寄生线虫的寄生性与生理分化	179
一、植物寄生线虫的寄生性	179
二、植物寄生线虫的寄生专化性	182
三、生理小种	184
第二节 植物寄生线虫对植物的侵染过程	188
一、侵入前	188
二、侵入	189
三、侵入后	191
第三节 线虫对植物的致病性	191
一、致病机制	192
二、代谢库	195
三、植物寄生线虫致病性的遗传与变异	200
第四节 植物对线虫的抗性	206
一、抗病性的概念和表现	206
二、植物对线虫的抗性和耐性机制	210

三、抗性的遗传和变异·····	217
四、基因对基因关系·····	221
五、抗性基因的归类和推导·····	225
第五节 线虫与其他病原物的相互作用·····	228
一、线虫与真菌的相互作用·····	229
二、线虫对细菌病害的影响·····	232
三、线虫和植物病毒的关系·····	233
第八章 农业生产上重要植物线虫病害 ·····	243
第一节 根结线虫病害·····	243
一、烟草根结线虫病·····	244
二、柑橘根结线虫病·····	259
三、黄瓜根结线虫病·····	270
四、花生根结线虫病·····	272
第二节 胞囊线虫病害·····	281
一、大豆胞囊线虫病·····	281
二、燕麦胞囊线虫病(禾谷胞囊线虫病、禾谷根线虫病)·····	294
第三节 滑刃线虫病害·····	304
一、水稻干尖线虫病(贝西滑刃线虫病)·····	304
二、谷子不稔线虫病(紫穗病)·····	311
三、草莓滑刃线虫病(草莓腋芽线虫病)·····	316
四、菊花叶线虫病·····	322
五、松材线虫萎蔫病·····	326
第四节 茎线虫病害·····	335
一、马铃薯茎线虫(马铃薯块茎腐烂线虫)·····	335
二、起绒草茎线虫(鳞球茎线虫)·····	339
第五节 潜根线虫病害·····	345
一、水稻潜根线虫病·····	345
二、芋球茎腐烂病·····	349
第六节 粒线虫病害·····	350
第九章 植物线虫病害的防治 ·····	360
一、植物线虫病害的防治策略·····	360
二、植物检疫·····	360
三、农业技术措施防治·····	362
四、抗病育种·····	362
五、物理防治法·····	363
六、化学防治法·····	363

七、生物防治·····	365
第十章 植物病原线虫的分子生物学技术和基因工程 ·····	367
第一节 植物病原线虫的抗病基因 ·····	367
第二节 植物病原线虫抗病基因的克隆 ·····	367
第三节 分子生物学技术用于植物病原线虫的分类鉴定 ·····	368
第十一章 植物和土壤线虫的分离方法 ·····	372
第一节 分离线虫的常用方法及原理 ·····	372
第二节 土壤线虫的各种分离方法 ·····	373
第三节 植物材料中线虫的各种分离方法 ·····	376
第四节 线虫卵的各种分离方法 ·····	377
第五节 线虫胞囊的各种分离方法 ·····	378
第六节 线虫的杀死方法 ·····	379
第七节 线虫的固定方法 ·····	380
第八节 常用固定液及配制方法 ·····	381
第十二章 植物线虫的制片方法 ·····	384
第一节 临时玻片的制片方法·····	384
第二节 永久玻片的制片方法·····	386
第三节 植物线虫的染色 ·····	389
第四节 植物线虫病害组织病理学的石蜡制片方法 ·····	393
第五节 根结线虫雌虫会阴花纹的制片方法·····	398
第六节 胞囊线虫雌虫阴门锥的制片方法 ·····	399
第十三章 植物线虫的电子显微镜制样技术 ·····	401
第一节 扫描电子显微镜的线虫制样技术 ·····	401
第二节 透射电子显微镜的线虫制样技术 ·····	405
第十四章 线虫接种和抗性鉴定技术 ·····	414
第一节 线虫的接种方法 ·····	414
第二节 抗病性鉴定技术 ·····	419
第三节 抗病性评价指标 ·····	425
第十五章 问题与展望 ·····	429
附录 ·····	433
一、国内外出版的线虫学刊物·····	433

二、国内外出版的线虫学专著.....	433
三、各国线虫学学会.....	436
四、常见杀线虫药剂.....	436

第一章 绪 论

一、植物寄生线虫和植物线虫病害

线虫 (Nematodes) 是一类低等的无脊椎动物, 种类很多, 有的自由生活在海水、淡水 (河、湖)、沼泽地里, 有的生活在土壤中, 有的寄生在人和动物体内, 有的寄生在植物体内。寄生在植物体内的, 称为植物寄生线虫, 或简称植物线虫。植物寄生线虫一般都比较小, 而且虫体是透明的, 通常只有在显微镜或解剖镜下才能看见。有许多线虫不仅寄生在植物体内, 而且危害植物, 造成产量损失或植物产品的质量变劣, 引起植物病害, 这些线虫称为植物病原线虫。几乎每种植物都可被一种或几种线虫寄生或危害。据 Esser 的统计, 到 1990 年为止全世界已报道发现植物寄生线虫 207 个属, 共 4 832 种。线虫可以寄生在植物的根系、幼芽、茎、叶、花、种子和果实内, 寄生在根部的线虫, 可造成根系的衰弱、畸形或腐烂, 致使植物地上部分的茎和叶发育不良甚至枯死。线虫危害茎部可造成茎、叶发育不良, 畸形, 矮化或整个地上部死亡; 危害叶部可造成叶部变色, 畸形或干枯; 危害花可造成花变色, 变形或枯死; 危害种子的可使种子变成虫瘿; 危害花生果实的可在荚果上形成褐色枯斑和局部坏死。

二、植物线虫的危害及其经济重要性

全世界严重危害植物的线虫有根结线虫、胞囊线虫、滑刃线虫、茎线虫、粒线虫及短体 (根腐) 线虫等。根结线虫危害植物的根部, 形成根结, 造成根系发育受阻和腐烂, 植株地上部衰弱和枯死。根结线虫包括 90 余种, 有多种根结线虫的寄主范围较广, 受害严重的植物有茄科 (番茄、烟草等)、葫芦科 (瓜类)、花生等多种植物。根结线虫主要发生在温暖地区, 在中国主要在南方各省和华北地区危害严重。另一类危害比较严重的是胞囊线虫, 如大豆胞囊线虫 (*Heterodera glycines*)、甜菜胞囊线虫 (*H. schachtii*)、马铃薯金线虫 (*Globodera rostochiensis*)、马铃薯白胞囊线虫 (*G. pallida*)、燕麦胞囊线虫 (*Heterodera avenae*) 等。这类线虫主要危害根系, 造成根系衰弱, 发育不良, 甚至腐烂, 致使地上部分生长衰弱、矮化, 叶片变色, 开花少, 甚至全株枯死。胞囊线虫多数分布在温暖和冷凉地区。茎线虫对植物的危害也很严重, 包括起绒草茎线虫 (*Ditylenchus dipsaci*) 主要危害马铃薯、甘薯等, 马铃薯茎线虫 (*D. destructor*) 危害马铃薯、甘薯等, 水稻茎线虫 (*D. angustus*) 等。在中国茎线虫主要危害甘薯和洋葱等, 一般危害植物的地下部分如块茎、块根、鳞茎, 造成畸形或腐烂, 也危害植物地上部分往往造成局部畸形。马铃薯茎线虫 (*D. destructor*) 和水稻茎线虫 (*D. angustus*) 在国外某些地区是毁灭性的病原

线虫，过去一直列为中国对外检疫名单。滑刃线虫对植物的危害也很严重，包括水稻干尖线虫（*Aphelenchoides besseyi*）、粟线虫[*A. besseyi* (*A. oryzae*)]、菊花叶线虫（*A. ritzenabosi*）、草莓叶芽线虫（*A. fragaria*）、松材线虫（*Bursaphelenchus xylophilus*）和椰子红环腐线虫（*Rhadinaphelenchus cocophilus*）等。这些线虫通常危害植物的地上部分，可危害幼芽、叶片、茎、树干和种子等部位，可造成幼芽扭曲、畸形、变色，侵染叶片造成枯斑和叶尖干枯，危害树干造成整株迅速枯死。

据 1990 年的估计，全世界每年因线虫危害给粮食和纤维作物造成的损失大约为 12%，对蔬菜、花生、烟草和某些果树造成的损失要超过 20%。线虫已成为植物的一类重要病原物，线虫病害已成为农林生产上的重要问题。

三、植物线虫学发展历史

（一）早期的观察和研究

早在 1743 年 J. T. Needham 发现在小麦的瘪病粒里有小的蠕虫，这就是小麦粒线虫。1855 年英国的 Berkeley 报告温室里的黄瓜根部有根结，并发现根结里有小的线虫，这就是根结线虫。1857 年德国的 Kuhn 报道在起绒草（*Dipsacus fullonum*）上发现茎线虫，当时定名为 *Anguillula dipsaci*，即现在的 *Ditylenchus dipsaci*。在 19 世纪中叶，当欧洲的甜菜根部受到严重危害并在甜菜根部发现线虫，这种线虫几乎毁灭了当时欧洲的甜菜生产和制糖工业，引起人们的高度重视，1859 年德国的 Schacht 报道甜菜根线虫，并进行了比较详细的研究。1871 年 Schmidt 用 Schacht 的名字将这种线虫定名甜菜根线虫（*Heterodera schachtii*）（甜菜胞囊线虫）。由于很多线虫学家对甜菜胞囊线虫的系统研究，有力地推动线虫学科的发展。1865 年 Bastian 出版了 *Anguillulidae* 方面的专著，描述了 100 个新种，这部专著可以算是线虫科学的开端。1880 年 J. G. de Man 出版了关于土壤、植物、淡水线虫的专著，他的模式标本至今保存在阿姆斯特丹的博物馆内，他提出的线虫形态分类用的 de Man 公式（即现在的 a, b, c 值）至今还被人们广泛应用。

（二）传统的线虫学

1. 美国线虫学的发展 进入 20 世纪，线虫学发展较快，著名学者 N. A. Cobb 被称为美国线虫学之父，他在线虫学方面做了大量细致的研究工作，于 1893 年出版了主要是澳大利亚和斐济的线虫专著，1913、1920 年又出版植物线虫方面的专著，在他的倡导下于 1918 年美国农业部在犹他州盐湖城建立起第一个线虫学实验室，G. Thorne 在那里进行甜菜胞囊线虫的防治研究，同时也进行分类鉴定研究。1922 年 G. Steiner 和 J. R. Christie 都来到 Cobb 的实验室，在 Cobb 之后成为实验室的领导者，主要是从事分类工作。美国另一位著名学者 B. G. Chitwood 先是在长岛研究茎线虫，后来研究马铃薯金线虫，他的最重要贡献是于 1950 年出版植物线虫学的经典著作“Introduction to Plant Nematology”（《植物线虫学导论》），在这部书里 Chitwood 夫妇提出了线虫的分类系统，这是一部关于线虫形态学和分类学的最重要的参考书。M. W. Allen 于 1948 年在加利福尼亚大学柏克利分校首先开设线虫学的正式课程，Allen 是在 Thorne 的指导下学习线虫学，美国早期的线虫学工作者大都是 Cobb、Thorne 和 Chitwood 培养的，到了 50 年代才陆续培养正式的研究生。1961 年美国线虫学会（Society of Nematologists, SON）建立起来，1969 年正式出版《线

虫学杂志》(Journal of Nematology), 美国和世界的线虫学开始进入现代线虫学阶段。

2. 俄罗斯和苏联线虫学的发展 在西方国家中, 俄罗斯的线虫学发展较晚, 直到 19 世纪最后 10 年才有人报道根结线虫和胞囊线虫的危害, 这些线虫病害的描述都是凭肉眼的直观观察。俄罗斯和苏联线虫学的发展是与两位伟大的线虫学家的贡献分不开的, 即 Ivan Nikolaevich Filipjev (1889—1940) 和 Aleksander Aleksandrovich Paramonov (1891—1970)。Filipjev, I. N. 在线虫学方面做了大量的研究工作, 他的第一篇论著发表于 1918 年, 第二篇是有关海水自由线虫的, 于 1921 年出版, 他描述 100 个新种, 在那个时代是极为宝贵的, 至今仍被认为是经典之作。在植物线虫学方面他做了大量的工作, 1934 年出版了《农业有害和有益的线虫》专著, 这部专著成为俄罗斯和其他国家的线虫学教科书。1941 年他的著作由别人整理扩充再版, 可惜, 他于 1940 年 10 月 22 日去世, 他一度是“人民的敌人”, 在赫鲁晓夫时期为他恢复了名誉。Filipjev 根据生物之间的关系和大量的科学资料, 建立了线虫的形态学的基础。在 Filipjev 之后, Paramonov, A. A. 对俄罗斯和苏联线虫学的发展做出重大贡献, 1937 年他成为季米里亚捷夫农学院的达尔文主义教授, 1941 年成为动物学教授, 尽管他在 1925 年时即对线虫学感兴趣, 直到 1948 年, 他主要研究一般动物学, 1952 年起他成为苏联科学院蠕虫学实验室植物蠕虫学领导人, 他和他的小组集中力量研究植物线虫学, 他的第一部生态学经典著作于 1952 年出版。

3. 欧洲线虫学的发展 进入 20 世纪, 欧洲的线虫学得到普遍发展, 主要是在英国、德国和荷兰发展较好, 英国人主要研究马铃薯胞囊线虫和燕麦胞囊线虫, 德国人在甜菜胞囊线虫研究方面做了大量研究, 荷兰人在分类研究方面作了大量的工作, 涌现出一批线虫学专家。比较突出的是英国的 Tom Goodey (1885—1953), 他曾担任 Rothamsted 试验站线虫系的主任, 从事线虫学研究 30 余年, 不仅发表许多有价值的论文, 而且出版了《植物寄生线虫及其所致病害》(Plant Parasitic Nematodes and the Diseases They Cause, 1933) 和《土壤和淡水线虫》(Soil and Freshwater Nematodes, 1951) 两部著作, 影响较广。英国当时还有几位有影响的线虫学家, 如: Franklin, M. T., Fenwick 等。

第二次世界大战期间, 各国线虫学的发展普遍受到影响, 战后有一段恢复时期, 1955 年建立欧洲线虫学会, 1956 年创办《线虫学》(Nematologica) 杂志, 在荷兰出版。此后, 各国线虫学迅速发展。

4. 中国线虫学的发展 中国线虫学发展较晚, 1916 年章祖纯发表报告, 报道北京地区发生小麦粒线虫病。方伯谦和刘介然自 1931 年开始进行小麦粒线虫的抗性试验, 鉴定出 3 个抗病品系。1932 年涂治报告中国南方番茄发生根结线虫 [*Heterodera radiculicola* (Greef) Muel, 即 *Meloidogyne* 属的几个种], 而且危害较重。沈宗翰等 1934 年报告对小麦粒线虫比较抗的 Kanred 品种颖尖很长, 高度感病品种颖尖很短。1935 年李来荣在广东首次研究了柑橘根线虫病 (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb) (半穿刺线虫)。1938 年李来荣和李德铨发表了“广东经济植物及杂草根上的线虫”的报告。

朱凤美自 1933 年起即研究小麦粒线虫, 1940 年与蹇先达等人合作, 研制出小麦粒线虫虫瘿汰选机, 汰除率达 99% 以上。朱凤美 1945 年发表有关小麦粒线虫病的分布及防治方面的论文, 总结 10 余年的研究成果, 用大量的调查研究资料系统地阐述了小麦粒线虫病的病名、症状、病原、并发病害及主要传染途径, 并提出可采用轮作、田间卫生、

种子处理及抗病品种选育等防治措施进行防治,是中国线虫学方面的系统研究成果。

张绍钫和侯同文在 1937 年曾指出华北地区发生的小麦蜜穗病与小麦粒线虫有一定关系。周家炽(1946)通过接种试验证实小麦蜜穗病细菌是随小麦粒线虫侵入的,这一发现对防治小麦蜜穗病有重要指导意义。

新中国成立后,中国植物线虫的研究和防治工作得到很快发展,华北和东北的农科所或试验场自 1949 年起分别研究小麦粒线虫病问题,1951 年起,山东、河北、河南、黑龙江和甘肃等省试验一系列种子处理的方法,在控制小麦粒线虫病方面均取得较好效果。1951 年起华北地区广泛开展花生根结线虫病的研究,系统地观察了线虫的形态、生物学特性和生态,研究了线虫与寄主植物的相互关系,以及药剂防治和农业技术措施综合防治等。1956 年起,天津地区对水稻干尖线虫进行研究,提出变温浸种是有效和实用可行的防治措施,在生产上大面积推广。陈善铭等从 1954 年起在华北地区研究粟线虫病,肯定病原线虫为滑刃线虫(*Aphelenchoides besseyi*),研究其寄生方式、传播途径、发病环境条件等,并研究了以种子处理为主的综合防治措施,取得了良好的防治效果。1961 年张岳等在青岛研究甘薯根结线虫(*Meloidogyne incognita acrita*)的形态、生活史、危害习性以及综合防治。1965 年沈阳农学院毕志树、李进编写的《植物线虫学》(农业出版社出版),对中国线虫学的发展起到了很好的推动作用。1966 年以前中国的线虫学发展比较缓慢,缺少系统的基础研究。

在 1966 年至 1976 年的十年“文化大革命”期间,和其他学科一样,线虫学科的发展也受到了影响,除了少数重要的线虫病害的防治研究工作外,其他深入的研究工作无法开展。1979 年以后,有些省市开始重建线虫学科的工作,立项研究,有些大学开设线虫学课程,培养研究生。农业部植物检疫总所委托华南农业大学主办全国性的线虫普查工作,不仅鉴定线虫种类,同时也培训一批专业人员。80 年代初开始选派人员出国进修。1987 年 11 月在广西桂林召开了全国第一次线虫学学术研讨会,1992 年 11 月在广东江门市召开第二次研讨会,成立线虫学专业委员会筹备小组,1994 年 10 月在安徽黄山召开第三次研讨会,正式成立线虫学专业委员会,主任委员为华南农业大学的冯志新教授。自 1978 年以来中国线虫学发展比较迅速,在线虫分类、生理、生化、生态、寄主抗性筛选、抗病遗传和育种、抗性机制、杀线剂的药效测定等方面都做了许多系统的研究工作。近年来,在生物防治、分子生物学技术等方面也进行了一些有益的探讨。

5. 亚洲、非洲、大洋洲和南美洲国家线虫学的发展 这些地区线虫学发展相对较慢,本世纪初期仅有少数专业人员开展调查研究工作,有的国家请外国专家工作。

亚洲国家以日本的线虫学研究起步较早,在分类、生理、生态等领域研究成果较多,在大豆胞囊线虫、根结线虫、松材线虫等方面研究较深入,横尾多美男于 1959 年出版了《土壤线虫:生态与防除》一书,近年来不仅成立线虫学会,而且出版了《日本线虫学杂志》。印度和巴基斯坦近年来线虫学发展较快,主要在分类学方面做了大量系统工作,都成立了线虫学会,而且出版《印度线虫学杂志》和《巴基斯坦线虫学杂志》。非洲国家的线虫发展较慢,发展不平衡,南非和尼日利亚等国发展较好,许多国家是一片空白,有的有外国专家在那里工作。澳大利亚和新西兰的线虫学发展较好一些,早期美国的 Cobb 等曾在那个地区工作多年,现在从业人员较多,研究水平较高。南美洲地区各国线虫学发展