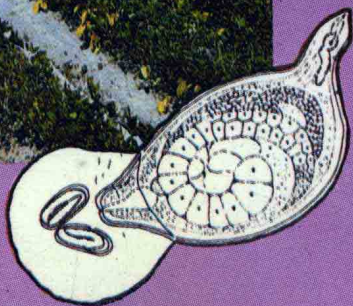




J·N·萨塞 著
陈森玉 译
武修英 校



物寄生线虫 ——农业的隐蔽敌害

科学普及出版社

植物寄生线虫

——农业的隐蔽敌害

J.N.萨塞 著

陈森玉 译

武修英 校

科学普及出版社

内 容 提 要

本书介绍了国外有关线虫学的研究历史, 植物寄生线虫在经济上的重要影响, 线虫类型、特征, 植物与线虫的关系, 分布与传播途径, 对线虫的各种防治措施及针对发展中国家制定植物线虫学研究项目的几点建议等。并附有若干作物重要线虫类型看, 线虫研究参考文献及国外有关线虫的研究机构等。内容简明扼要, 是一本普及线虫学知识的优秀读物。

本书可供农村广大技术推广人员、线虫研究人员及大专院校有关专业师生参考。

(京)登新字026号

J. N. Sasser

Plant Parasitic Nematodes,

The Farmer's Hidden Enemy

* * *

植物寄生线虫

——农业的隐蔽敌害

J. N. 萨塞 著

陈森玉 译

武修英 校

责任编辑: 吕秀齐

封面设计: 邓领祥

技术设计: 赵丽英

*

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京昌平百善印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 3.875 字数: 87千字

1992年4月第1版 1992年4月第1次印刷

印数: 1—1 200册 定价: 2.00元

ISBN 7-110-02310-9/S·209

译 者 的 话

植物寄生线虫是人们,尤其是我国广大群众,知道得较少的一类有害生物。其实,植物线虫分布很广,造成的损失很大。根据美国国际线虫研究项目对70多个国家的调查,1984年线虫在世界被调查的40种作物上所造成的损失达12.3%,其中21种作物上的损失计770亿美元,在所有作物上造成的损失估计超过1000亿美元。我国地跨温、热二带,作物复种指数高,沙暖性土壤比例大,很适于线虫危害的发生,损失率自然不会低于世界平均水平。因此,植物线虫病害在我国农业生产中占有重要的地位。但是,我国植物线虫学起步较晚,目前植物线虫学专业人员的为数不多,从事这方面的研究也少,可用的资料尚不多,远不能满足农林业生产的需要。

该书是美国著名植物线虫学家J. N. 萨塞博士集近几年来世界植物线虫学研究,及由他本人领导主持的为时15年的美国两个国际性植物线虫学项目研究之精萃撰写而成。该书分13章,约6万字,内容深入浅出。可供尚没有或较少有线虫学知识的有关农、林业工作者和大专学生阅读,特别适用于我国农村农业技术推广站广大农业技术人员,这是一本很好的农业科学普及读物;该书也是指导我国初始从事植物线虫学研究工作,在制定研究项目时的良好参考书。

目前,正值世界和我国减灾10年伊始之际。植物线虫灾害在农业生物灾害中所占的比例有与昆虫、植物病害(真菌、

细菌、病毒)并驾之势。但是,对植物线虫灾害的了解和重视程度远不如对昆虫,植物病害灾害的重视。该书的中译本出版,能在我国对植物线虫造成的自然灾害方面起到一定的宣传作用,增加人们对这类隐蔽敌害的了解,引起人们对它更多的关注,促进我国植物线虫学的发展,为世界和我国减灾做出贡献。

译 者

1990年4月

序 言

本书描述了农作物主要线虫病害的特性和它的危害性。书中强调了为获得作物生产的效益，需要防治这类病害。在世界各地都可找到线虫，但是不论在什么地方，对它们的防治原理和方法基本上是相同的。书中的焦点首先集中于线虫对经济作物的危害类型及这些危害如何影响产量和品质；其次是强调对当今可行的防治措施的评价，解释它们与特定种类线虫生物学的关系，讨论了每一种措施的优点和局限性。环境条件对危害程度的影响也给予了阐述。

很少国家有足够的线虫学家来描述和解决他们的重要植物线虫问题。况且，许多发展中国家迫切需要线虫学家，但要培训足够的线虫学家，得需要若干年。该书旨在指导那些没有或很少有机会学习线虫学的人们，能较容易地认识当地由线虫引起的作物病害，并制定防治措施。

在过去的30年里，已经出版了75种以上线虫学教科书及手册。其中大多数在专业线虫学家个人图书室或在大学和研究所图书馆里，供研究和教学用。遗憾的是，许多农业专家如农学家、县推广站人员、作物顾问、高尔夫球场管理员、苗木培育工、绿化员、种子和农药商、职业农业教师，农业部或州农业部门人员等，得不到这些丰富的资料或对他们不适用。这些专业人员需要知道如何认识线虫问题，以及从何处能获得资料为其顾客制订可行的防治计划，因为顾客往往

请求他们确诊是否存在线虫问题，如存在的话，则需提出可行的防治措施。

本书适用于应用农学家，尤其是将在发展中国家工作的线虫学家设立和有步骤地发展一个植物线虫学项目。为使人们获得更多所需的普通线虫学和专题资料，在表5中列出书籍及手册目录。有些用英语出版的书已被翻译成西班牙语和汉语。一些年轻农业科学家在看到这些资料后，可能会对线虫学产生兴趣，并以其为职业。如果能这样的话，我将实现了本书的一个重要目标。

在过去的15年（1975~1990）里，我与国际线虫学家进行了合作。北卡罗来纳州立大学植物病理系是该项目的总部。有9年（1975~1984）的努力集中于描述世界上最重要的植物线虫属——根结线虫（*Meloidogyne* spp.）的特征。5年（1984~1989）的时间用于：（1）筛选抗*Meloidogyne*的作物种质；（2）进行耕作制度研究；（3）技术转让。15年来，与70多个发展中国家的线虫学家保持着密切的合作。实际上，如果没有他们的合作，收获将会很少。在这15年内，从世界范围内采集了*Meloidogyne*种和群体，集中在北卡罗来纳州立大学，进行生物学研究，在杂志发表了许多有关线虫的文章，出版了一些有关的书、手册、指南及海外研究团体、论文汇编。这些书籍可在世界许多图书馆找到。但大多数论文集、指南和手册已经售完。在该书某些章节的写作中，主要从两个国际项目所发表的文章中选择内容，旨在使这些资料可为将来所用。

我感谢我的同事们提供照片、资料 and 道义上的支持。我特别想感谢John H. Wilson教授，Robert · Ayccock 博士，Jack R. Bailey 博士，K. R. Barkey 博士，G. B.

Lucas博士和L. T. Lucas博士，他们审阅了全书，并为版本形式和正确性做出了有价值的贡献；并不胜感谢 Hedwig Hirschmann Triantaphyllou在第3章中绘图和辅 以线虫特征内容描述。

还要感谢Melanie VanGuilder帮助校对和审阅手稿。

J. N. 萨塞

1989年12月

北卡罗来纳、罗利

目 录

第一章 导言	(1)
作物线虫病害的早期历史 (1743~1940)	(2)
显示了线虫对作物生产重要影响的近期进展 (1941~1990)	(4)
第二章 植物寄生线虫在经济上的重要影响	(9)
作物损失	(9)
十个最重要的植物寄生线虫属	(10)
第三章 线虫特征	(14)
一般形状和大小	(14)
消化系统	(14)
生殖系统	(15)
神经系统	(15)
排泄系统	(16)
循环和呼吸系统	(16)
第四章 典型的生活周期及植物寄生线虫类型	(24)
生活周期	(24)
植物寄生线虫类型	(24)
根寄生类	(24)
内寄生类	(24)
半内寄生类	(25)
外寄生类	(25)
茎、叶和种子寄生类	(25)

第五章 植物与线虫的关系	(26)
线虫侵染的一般症状	(27)
地上部危害症状	(27)
地下部危害症状	(27)
病理影响	(28)
如何确定线虫问题的存在	(30)
第六章 分布与传播途径	(31)
第七章 线虫与植物病原真菌、细菌和病毒之间的 关系	(33)
第八章 广泛应用的有效防治措施	(36)
耕作制度	(36)
抗性品种	(37)
化学防治	(39)
安全和环境防范措施	(44)
杀线剂的经济核算	(45)
苗床处理	(46)
化学防治的优点	(46)
选择和使用杀线剂时考虑的因素	(46)
作物对线虫种类的感病性	(46)
作物种植价值	(47)
杀线剂与种植的作物和防治对象线虫之间的 关系	(47)
土壤类型, 土壤的准备, 湿度和温度, 及杀线 剂性状	(47)
施用方法和剂量	(48)
“行施”与“普施”	(48)
“一年生”与“多年生”作物	(49)

第九章 局限性的或特殊的防治措施	(50)
物理防治.....	(50)
隔离物.....	(50)
风干或晒干.....	(50)
热力和暴晒.....	(50)
休闲.....	(51)
淹水.....	(55)
使用无线虫种苗.....	(56)
播种和收获时间.....	(56)
清洁卫生措施.....	(57)
寄主作物营养和一般管理.....	(57)
生物防治.....	(58)
诱捕作物和拮抗作物.....	(59)
检疫措施.....	(61)
第十章 农民在植物线虫防治中的作用	(62)
第十一章 家庭菜园里的线虫防治	(65)
第十二章 综合防治	(68)
防治步骤的选择.....	(68)
线虫防治对提高作物产量和品质的间接效益.....	(69)
第十三章 制定植物线虫学项目的指南	(71)
项目的发展方向.....	(72)
方向和组织.....	(72)
确定目标.....	(72)
物力的估计.....	(72)
与其它农业科学家的交流.....	(77)
线虫问题的评估.....	(82)
制定科研、教学和推广项目.....	(84)

科研.....	(84)
教学.....	(84)
推广.....	(85)
鉴定和咨询服务.....	(86)
计划将来的需要.....	(96)
参考文献	(97)
作者介绍	(112)

第一章 导 言

线虫一直在威胁着全世界尤其是热带和亚热带地区的农作物。人类主要的作物遭受这些由显微镜才能看见的动物的危害已有若干世纪了。这些生物取食根、芽、茎、冠、叶及正在发育中的种子。对某种作物的危害程度受作物种和品种、线虫种类、土壤感染程度及环境条件的影响。如果将感病品种种在严重感染的土壤里，则有可能造成严重的危害。影响植物生长的这些有害作物，造成产量和品质下降。受其影响的作物有香蕉、柑桔、椰子、咖啡、棉花、果树、花生、茄子、马铃薯、水稻、大豆、烟草和蔬菜。线虫还常使得价值高的花卉和草坪衰退或死亡。

在植物的根或叶上可观察到线虫造成的症状。例如，根痕、截根、根结和根生长停滞是线虫取食造成的常见症状。根被危害后，不能有效地吸收土壤中的水分和养分，甚至在根周围营养充足时，也能发生营养缺乏症，如叶部发黄。再者，受害和被削弱的根易受许多种类的细菌、真菌和其它生物的侵染，加快根的腐烂。这类危害一般难以马上引起注意，其地上部且往往表现健康正常。然而，产量却会受到影响；并且，由于发生广，由这类危害造成的损失占整个线虫危害的很大比例。

我们常见到一种培育出来的抗真菌和细菌病害的植物，种到有线虫的地块里，往往表现易感。另外，一些重要的土传植物病毒是由植物寄生线虫传播的。线虫和其它土壤习居

病原物之间相互关系的发现，是50和60年代一个重要的进展。

从40年代以来，人们已充分认识到线虫对作物危害的重要性，同时发展了有效的田间防治措施。在过去的几十年里，线虫学和植物病理学的先驱者们为线虫学打下了扎实的基础，把植物线虫在作物生产中的重要性提到了很高的位置。

线虫引起的经济损失，可从小于1%的轻微危害到100%的完全损失。关于世界上所有作物年平均损失，一般认为10%或更大。

防治措施分两种情形来讨论：（1）高效和广泛应用的防治措施；（2）受限制较大的防治措施，这些措施或有某种特殊效果或只能在某些特定条件下应用。防治措施的选择决定于诸多因素，因田间条件不同而异。

在过去的4个年代里，很少学科能像植物线虫学如此迅速发展。但线虫在作物生产中的重要性仍没有受到充分重视。例如，有关植物线虫防治方法的资料很多，而实际得到应用的却甚少。部分原因是由于线虫造成的危害不如由真菌或咀嚼昆虫在叶子上造成的危害容易觉察；因此，得不到人们的认识。同时，线虫很少立即杀死植物，而是使植物逐渐衰退。这种衰退不像许多害虫造成明显的危害，因此，不能引起人们的注意。可以期望，本文对植物寄生线虫的讨论能有利于人们对线虫病害的认识，并促进有效防治措施的广泛应用。

作物线虫病害的早期历史（1743~1940）

大约在250年以前，Needham（1743）发现了小麦粒线虫（*Anguina tritici*）。这是植物寄生线虫的首次记录。他

描述了这种线虫所引起的小麦和其它谷类作物的病害。直到今天，如果不采取特别的栽培和卫生措施，这种线虫仍能引起禾谷类作物严重减产。

Rew. M. J. Berkeley (1855) 发现了根结线虫 (*Meloidogyne* spp.)。这类线虫在世界各地的许多作物上都有发生。对了解这类重要植物寄生线虫做出了早期贡献的还有 Goeldi (1887), Neal (1889), Atkinson (1889) 和 Bessey (1911)。这个属内的每个种一般被认为是危害最重要的植物有害线虫。因其全球性的分布、广泛的寄主范围及与其它病原物在病害复合侵染中的作用，对世界粮食供应和人类的利益构成了严重的威胁。

Schacht (1859) 首次发现了胞囊线虫，后来 Schmidt (1871) 将它描述为甜菜胞囊线虫 *Heterodera schachtii*。中欧甜菜上的这种严重线虫促使当时的科学家研究各种防治措施，包括土壤里施用化学农药，如二硫化碳 (CS_2)。 CS_2 的应用是线虫有效防治措施的首次报道。

Kuhn (1857) 描述了另一重要植物寄生线虫——产纤维植物起绒草上的茎线虫 *Ditylenchus dipsaci*。如今，该种的几个“小种”对苜蓿、大蒜、水仙花、燕麦、洋葱、红三叶草、黑麦等作物有严重的威胁。

近100年前，Ritzema—Bos (1891) 在草莓上发现了叶线虫 (foliar nematode) *Aphelenchoicles fragariae*。其它侵染叶部的线虫种包括 *A. ritzemabosi* 和 *A. besseyi*，前者侵染菊科植物叶部，后者是水稻的重要寄生线虫。

1900年之前，人们对线虫学已有很多贡献，包括描述了很多现在已知的重要植物寄生线虫种。直到20世纪初，才有线虫学研究实验室。最早的实验室在加拿大 (Baker)、英

国 (Goodey, T.)、荷兰 (Schuurmans stekhoven)、苏联 (Filipjev) 和美国 (Cobb)。Cobb 的研究使他得到“美国线虫学之父”的称誉。在美国, 其它先驱者包括 Thorne、Steiner、Christie、Chitwood、Linford、Godfray、Taylor 和 Allen。这些勤奋的早期线虫学家们发明了新的线虫学研究技术, 描述了新的线虫种类。由于对线虫所致病害的了解, 发展了一些有效的防治策略。40 年代前, 对植物线虫学研究的支持很少, 仅有不到 25 位科学家得到线虫学的培训。尽管有以上不利条件, 这些成绩卓著的科学家们, 通过各自实验室里的工作及共同努力, 揭示了线虫生物学方面的许多特征和它们的危害特性。这些知识为保证该学科的迅速发展奠定了基础。

显示了线虫对作物生产重要影响的 近期进展 (1941—1990)

40 年代早期, 线虫学开始了一个新的时代。这个时代的特点是许多重要的发现显示了线虫对作物生产的重要影响。

在美国首次重要发现是 Connors (1941) 在纽约长岛马铃薯主产区发现马铃薯根线虫 (Potato root eelworm) 即马铃薯金线虫 (golden nematode) *Heterodera rostochiensis* (*Globodera rostochiensis*)。当时美国检疫官员已经知道该线虫危害在欧洲的严重性。他们调查了欧洲马铃薯田, 观察了马铃薯胞囊线虫造成的危害性。因此, 人们非常担心该线虫在美国马铃薯主产区定居后的威胁或可能性。因此, 联邦和州政府拨款供研究和控制该线虫。

Carter (1943) 发现了一种较便宜的杀线虫剂 D-D 土壤熏蒸剂 (1, 3-D), 这是一项重要进展, 因为它可以经

济有效地应用于田间。在许多情况下，用熏蒸剂后，作物生长非常好，因此种植者在试验站人员前来推荐之前就已接受了这种防治措施。在50年代早期前，杀线虫剂的生产和销售已迅速地增加。

第三个重要发现是Christie和Albin (1944)发现了根结线虫中存在“小种”(race)或生理型(Physiological strains)。在一个时期，人们认为所有根结线虫是*H. eterodera*属的一个种，即*H. marioni*。Christie和他同事们的研究结果，使Chitwood把根结线虫归类于根结属(*Meloidogyne*)，并描述了几个种(1949)。根结线虫属历史的这一里程碑使以下几方面成为可能：(1)确定一个种的寄主范围；(2)根据形态特征列出鉴定检索表；(3)培育对特定种的抗性品种；和(4)从细胞学和生物化学上研究某一特定种。

对本科生和研究生讲授植物线虫学也是对该学科发展的巨大推动力。1948年，M. W. Allen博士在加州大学贝克莱分校首次正式讲授植物线虫学课。其它学校也相继开课。由于需要培养更多初级植物线虫学家，由南方地区技术委员会(S-19)资助，1954年在北卡罗来纳州立大学，1955年在奥本大学举办了短期培训。相似的由东北地区技术委员会(NE-34)资助，1956年在马里兰大学，1957年在康乃尔大学举办了为期一周的培训。1959年，由国家科学基金会资助，在北卡罗来纳州立大学举办了为期6周的暑期培训。这些特殊课程的目的是为在大学里没有学过线虫学课的研究生提供深入的培训；也对植物病理学教师和研究工作者提供了培训。培训中由从美国和其它国家来的教师讲解了线虫学各方面的高等知识。1962年在康乃尔大学举办了由国家科学基