

[美]A.L. 泰勒著

陈品三 郝近大译

农业出版社

植物线虫学研究入门



植物线虫学研究入门

〔美〕 A. L. 泰 勒 著

陈品三 郝近大 译

封面设计 吴丽珠

INTRODUCTION TO RESEARCH
ON PLANT NEMATOLOGY
by
Albery L. Taylor

植物线虫学研究入门
〔美〕 A. L. 泰勒 著
陈品三 郝近大 译

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 4.75 印张 103 千字
1981 年 5 月第 1 版 1981 年 5 月北京第 1 次印刷
印数 1—4,000 册

统一书号 16144·2286 定价 0.50 元

译 者 的 话

近年来，在发达国家的近代植物病理学、植物保护学和动物学中，对植物和土壤线虫的研究有了较迅速的发展。植物病原线虫还能与病毒、真菌、细菌等植物病原一起加重对农作物的为害，因此在农业生产上引起广泛重视，逐渐有与植病、昆虫并列之势。

本书是联合国粮农组织关于研究和防治植物寄生性线虫的专册，根据 1971 年修订本译出。书中对当前比较严重而复杂的根部和其它地下部分的最重要的寄生线虫，特别是在发展中国家的重要性，从气候、地理（土质）、经济等因素方面作了深刻阐述。指出了发展中国家研究植物线虫问题的迫切性；并从基础理论、技术、人员、设备等方面提出了加速开展研究、防治线虫为害的见解。内容深入浅出，概括具体，既有识别防治植物寄生线虫方面的基本技术知识，又有较系统的基础理论，是初从事或将从从事植物和土壤线虫研究的人员以及其它有关人员的一本有益的入门读物。

本书翻译过程中曾得到姜亦行等同志帮助，在此一并致谢。

译 者

1979 年 6 月 10 日

目 录

绪言	1
I. 线虫的形态学和分类	6
形状学	6
一般体躯特征 (6) 生殖系统 (8) 神经系统 (9)	
分类	10
II. 生物学	12
生活史	12
运动	15
取食及对植物的损害	16
寄生性和专化性	18
寄主植物的抗病性和感病性	19
生物小种	21
农业土壤中线虫种群	21
与真菌、细菌和病毒的关系	23
真菌 (23) 细菌 (25) 病毒 (26)	
III. 植物寄生线虫的防治	29
栽培方法	29
轮作 (29) 休闲 (30) 旱季耕翻 (30) 覆盖 (30)	
利用抗病和耐病品种 (31)	
生物学方法	32
物理方法	33
化学方法	34

杀线虫剂及其用途 (34)	杀线虫剂的种类 (36)	杀线虫剂 对植物生长的作用 (38)	施用杀线虫剂后线虫的增殖 (38)
液体杀线虫剂的施用方法 (38)	植物毒性及其相关问题 (40)	土壤整备 (41)	施药器械和应用方法 (41)
	溴甲烷的施用 方法 (47)		
IV. 线虫学技术			51
带线虫的土壤和植物样本采集			51
样本的分离检查			52
Cobb 过筛法和比重法 (52)	贝曼漏斗法 (54)		
从植物组织中检查线虫			55
孵化法 (56)	掺和器、分解器或搅拌器方法 (56)		
植物组织内线虫的染色			57
在载玻片上封藏线虫标本			57
临时封藏 (58)	永久封藏 (60)		
田间防治试验的线虫种群检查			61
V. 线虫学设备			65
实验室设备			65
家具和装配 (65)	显微镜及其辅助设备 (66)	处理样本所 需的设备 (67)	
	实验室工具 (68)	实验室器皿 (68)	
化学药剂 (69)			
田间设备			70
图书室			70
书籍 (70)	期刊 (73)		
插图			76
附录			123
植物寄生线虫一些常见属的鉴定			123

绪 言

线虫问题 线虫对作物的损害过去经常被忽视或被误认为是其它原因，如土壤缺肥、土壤缺水或“土壤耗竭”所致。这部分地是因为线虫太小，没有显微镜不能被发现；此外还因为没有关于它们的发生及其致病力的明确报告。

大约在二十年前，当那些廉价的土壤杀线虫剂成为商品可用时，才有可能第一次在田间大面积防治线虫，并由此证明了线虫对作物的有害作用。从这方面的田间试验所获得的增产量是显著的。1961年本书的作者仅对美国的853个田间试验结果作了分析，处理小区的平均产量比对照区增产87%。

虽然要获得植物寄生线虫对作物造成损失幅度的精确报告甚至在发达国家里也是困难的，但可从最近的文献中发现它们危害程度的一些概念。1965年美国农业部出版的《农业损失》一书中，估计仅在16种作物上年损失总计372,335,000美元。1971年线虫学家协会作物损失委员会估计美国的平均年损失约为1,600,000,000美元《线虫学会会报No.1》。

在发展中国家，有关线虫及其为害的报告比较少或时常完全缺如。但从对一些发展中国家的检查结果来看，在那里不但出现了许多已描述过的植物寄生线虫种，而且还发现了一些以前未知的新种。在这些国家进行的有限的杀线虫剂试

验和其他防治措施的结果，也出现了作物产量与质量同样大幅度提高。

线虫在许多发展中国家中，比在发达国家是一个更为严重和复杂的问题。原因是多方面的。大多数发展中国家位于热带或亚热带，那里的气候整年都适宜于线虫的活动和繁殖。在位于干旱地带的许多发展中国家所能见到的沙性和暖色土壤，特别是在那些几乎连续生长作物的灌溉区，是非常有利于线虫侵染的。多年生作物和在同一地块中连年种植的作物，时常受到线虫非常严重的为害，以至于它们几乎无法存活。而发展中国家因为它们的食物需要量大，必须依靠多年生作物和作物连作。

线虫问题在发展中国家中更增加了其严重程度，是由于地区辽阔、交通落后和缺少有训练的人员去研究这个问题和指导种植者；另一方面缺少检疫法规和严格实施检疫的方法，以阻止感染线虫的种植材料的引入和在国内的扩散。

但是这些发展中国家必须尽可能快地增加他们的农业生产效益，才能扭转按人口平均农产品数量出现的下降。防止或减少由植物寄生线虫所造成的作物损失是增加作物产量的一个途径。奔向这一目的的第一步是调查线虫在每个国家的地理位置，确定存在的种及其分布和它们对各种作物的危害性。理想的是这些调查应由富有经验的线虫学家来做。但这些人缺少，即使有了胜任的人，大量训练这方面人员所需的设备也是不足的。因而就得使用学习其它一些农业科学分支学科的胜任人员。这些学科的科学知识和技术能为线虫学更进一步的研究准备一个坚实的基础。同时他们能够试

验和改进那些为人所熟知的线虫的防治措施，将在当地农业区行之有效。农艺学家、园艺学家、植物育种家、昆虫学家和植物病理学家都能容易地学习到在发展中国家进行线虫研究工作很有价值的知识。的确，线虫学研究经常应用与上述学科相同的实验方法，并且线虫防治的实际措施在与农艺学家、园艺学家、植物病理学家和昆虫学家共同协作时能更好地开展；另一方面，植物育种家有一个很重要的作用，因为培育抗病品种往往是最和最经济的防治线虫的方法。

重要的是现在就开始去做，“千里之行始于足下”，而这第一步是最重要的一着。

本书的目的 本书的目的是为联合国粮食和农业组织成员国在建立线虫学一些科目的起步中予以帮助，并对有关线虫的一些问题更好地理解，提供了本学科领域内的一些初步的和基础性的知识。农艺学家、昆虫学家、植物病理学家和植物育种家可通过附录中关于线虫及线虫学技术的学习而有所受益。本书也有作为训练广大有关工作者、农村工作人员、农村和公社领导干部的简明教程或“作坊”价值。实际上，这里已提出了为判定和论证农田中线虫问题进行一些简单实验的足够设备名单。

应当强调指出：这本书的范围是有限的，它仅能供作训练初级调查研究人员之用。要准备在线虫学方面作进一步研究的话，则建议在有这方面课程的大学和相关的训练中进行正式学习。不过，当这种必要性已经显示出来时，才能更容易获得训练效果。也就是说，具有了线虫方面的一些田间经验的工作者，将比一个没有这方面经验的人从高级训练中获

益更多。

内容简介 本书先是论述线虫的形态学,接着是生活史、线虫和寄主植物之间的关系,线虫的习性及其生物学的其它方面。鉴于读者(除非实际上是研究线虫的)通过本书仅能有有限的进展。书中提供了收集和制作线虫标本的方法;概略介绍了进行简单田间实验的方法;提出了一个线虫学实验室的设备名单。附录中有一个鉴定方法,它可使读者区别一些最普通的植物寄生线虫属。

为了减少高级技术材料的陈述,本书仅包括根部和植物其他地下部分的最重要的寄生线虫。许多重要的和有趣的取食于地上部的寄生线虫在此都没有论述。本书又省略了提供大量报告资料的许多负有重责的作者的名字。这是在作了如下的充分考虑才决定的:没有任何人比本书的作者更加意识到这本书真正是许多线虫学家的劳动。

本书也试图尽量采用简单的语言,以照顾那些还未熟练掌握英语的读者。书中广泛利用已有图版,虽然有些是模拟于生存实体的图片,但全部都是原版。

在实验室研究与田间试验的论述中,因考虑到在发展中国家这些实验室设备往往难以得到,因此尽力做到简化方法,并介绍了一些临时制作的设备,用这些简单的设备也能对线虫学作出很有用的工作。

附录中的鉴定方法是一个实验方案,没有用那些对于没有指导的初学者帮助不大的常规检索法,希望读者将标本和图版互相对照就可进行鉴定。对于每个线虫属习性的简短论述,目的是用以作图版的补充和对鉴定结果的验证。

希望这本书能打开世界各地农业工作者的新视野，并有助于利用这些潜在的智囊，以进行有效防治措施的研究和应用，从而制止植物寄生线虫的危害。果能如此，那将胜过任何对作者的酬劳。

致谢 首先，应当提到的是全体线虫学家，由于他们辛勤和严密的研究，使本书才有可能写出。

作者也要感谢联合国粮食和农业组织作物保护分部 Luigi Chiarappa 博士，感谢他鼓励我从事和准备写作此书，并校审此书。

并且感谢德国 Bundesanstalt 的生物学家 B. Weischer 博士，他也校审了原稿，并提出了很有价值的建议。

I. 线虫的形态学和分类

形 态 学

一般体躯特征 除特别者以外，成熟的植物寄生线虫*都是长蠕虫形，长度范围大约 0.3 毫米至 5.0 毫米以上。典型的植物寄生线虫前端渐尖，至唇部为圆形或平截形；体躯通常多少近似圆柱形，后端逐渐变细，到尾尖呈半圆形(图1、2)。细长型线虫体躯的比例变化很大，有些种长比宽大 50 倍，一般的长大约仅是宽的 10 倍(图3)。另外，有些种的雌虫有非常膨大的体躯，有时近似球形，但都有一个明显的颈(图4)。雄成虫通常细长形(图2)。植物寄生线虫无附属物。

线虫的口器位于前端，尾部位于后端。排泄孔、阴门和肛门位于“腹面”，与之相对的一面叫作“背面”(图1)。右面和左面叫“侧面”。

表皮联结着几层其他组织，这些组织被腱分为侧面、背面和腹面。其中包括有神经、排泄器官等，并且分成 4 条肌肉带，它能使体躯移动(图9)。

消化道：消化道始于口器(图5)，终于肛门(图1、2)。

* 美国出版物对植物寄生线虫有时候称为“Nemas”，欧洲出版物则时常称为“eelworms”。

它包括食道、肠和直肠。

口针：在垫刃目 (Tylenchida) 植物寄生线虫中，口器内有一个口针或称口刺，它是一个坚硬的中空的角质化的结构，类似于皮下注射针头 (图 5)。在口针后部末端的 3 个基部球瓣上连结着 3 条肌肉带，并向前伸延固定于头基部骨架上 (图 6)。它们的作用是向前牵引口针，使口针从口器开口中伸出，并能刺吸植物细胞 (图 30)。线虫的所有食物都是通过口针吸取的。

食道：食道连接于口针后部末端的一个细长管子。它通到中食道球的食道管 (图 5)，然后再由另一细长管子与肠连接 (图 6)。食道在中食道球后有 3 个腺体细胞，一个在背部，两个在腹部，并各有一个核 (图 6)。这 3 个腺体细胞可以形成一个后部球与肠平接 (图 2)，也可以形成一个肝叶状物卧于肠的一侧 (图 13、14)。两种情形都是从背食道腺向前引伸出一条导管，穿过中食道球，并同食道管连接，此连接处叫背食道腺口 (图 6)。

背食道腺口：植物寄生线虫的大多数种，背食道腺口位于口针后部，很少超过口针长度处，通常距离口针非常近 (图 5、6)。在这里开口进入食道管，并时常是一个急转弯。滑刃线虫属 (*Aphelenchoides*) 的各个种，背食道腺开口于中食道球内。

中食道球：中食道球内有一个“瓣门”，由肌肉纤维牵制 (图 6)。在横切面上，这个结构呈三分叉辐射状 (图 9)。当它借助肌肉活动时，它的作用就象一个泵，通过口针吸入食物，并压入肠内。

肠：肠是一条具有一层细胞厚的简单管子。它的功能是作为一个贮藏器官，并且通常充满显而易见的脂肪质小囊球。后部变窄直至直肠，直肠末端止于肛门（图1）。

排泄系统：线虫有一个排泄系统，但在植物寄生线虫中，通常看到的部分是排泄管和排泄孔的一段（图2、6）。这个孔几乎不变地位于食道的相对面。一个重要的例外是半穿刺线虫属（*Tylenchulus*）的种，它们的排泄孔在食道的后面。在蠕形线虫中，排泄孔通常位于中食道球的对面或后面，很少向后远至肠的前端。从腹面观察，它的孔明显地为一圆形开口。根结线虫属（*Meloidogyne*）的雌虫和相近似属，排泄孔可能向前至口针基部球处，或向后至中食道球处。

生殖系统 植物寄生线虫的生殖因种而异，常见的有三种类型。两性异体生殖的种，雌虫是由雄虫受精的；两性同体生殖的种，卵和精子都由母体产生；孤雌生殖的种，卵的发育不需要授精。

性的比例随这三种生殖类型而不同。两性异体生殖类型的种，雌雄比例大约相等，而其他两种类型则只有很少几个或完全无雄虫。有些两性异体生殖的种，也可进行孤雌生殖。

雌虫的生殖器官是由卵巢及其相连结的形成卵的构造组成。它可能有一个或两个卵巢。假如仅有一个卵巢，阴门便位于体躯的后端或前端四分之一处，并且卵巢不是向前就是向后延伸。如果有两个卵巢，阴门通常位于接近体躯的中部，并且一个卵巢向前伸，另一个向后伸（图1）。

卵巢是一个壁很薄的管子，末端是一个活跃的能连续分裂产生卵母细胞的细胞。这些卵母细胞顺着卵巢向下移动，

并随着进程而增大。按照线虫种的不同，卵可在受精囊里由贮存的精子授精（图 1）；或由卵巢末端附近一个特殊结构所产生的精子授精；或也可完全不受精。不论哪种情况，它都要在子宫中成熟，并在经过阴门产出之前要形成一个薄的柔软的壳。通常是，但不绝对是在单细胞阶段产出的，一个重要的例外是形成孢囊的孢囊线虫属（*Heterodera*）的卵，这将在“生活史”一节中论述。根结线虫属和一些其他属的线虫，卵产在一种胶体物质中并形成卵团（图 25、27）。其他植物寄生线虫的卵产在土壤中或植物组织中（图 24）。卵通过细胞重复分化而发育并形成幼虫。

在线虫一生期间，一个根结线虫雌虫可产卵 2000 粒以上，平均接近于 500 粒。孢囊线虫的孢囊内可能含有 600 粒卵。植物寄生线虫的大多数种，卵产得非常少。

雄虫的生殖器官是由一个或两个睾丸和与之相连的两个交合刺、一个引带等结构所组成。此外，有些种还有交合伞（图 2、7）。睾丸同卵巢相似，它也很薄的壁，一个能连续分化产生精母细胞的细胞。精母细胞顺睾丸向下移动，体积增大，然后经两次分裂形成 4 个精子。精子的直径只有几微米，形状近似于球形。两个交合刺的后部末端在肛门处互相吻合，并在前部末端向外扩展分开。交配时，交合刺从肛门伸出，并用之开启阴门（图 7）。

引带紧贴交合刺的背后，当交合刺从肛门向外伸出时起引导作用。交合伞是个薄膜（图 2、7），用于在交配过程中把握雌虫。

神经系统 植物寄生线虫具有高度发达的神经系统，但

它很小，仅能看到神经环和半月体（图6）。神经环环绕在紧靠中食道球后面的食道上，但它在标本上偶尔才能看清楚。半月体有时可在排泄孔附近见到，它通常是在腹面体壁上的一个小突起。

线虫具有感触的感觉器官叫乳突，位于体躯的前端和其他部位。它们还有化学感觉器官叫侧腺，位于体躯前部末端。在植物寄生线虫上这些器官都是很难看到的（图10）。大多数植物寄生线虫种有侧尾腺（图8），其作用尚不清楚。线虫的排泄孔、阴门和肛门都时常位于腹面，侧腺和侧尾腺位于侧面（图7、8、10）。

分 类

植物寄生线虫根据口针的有无可与非寄生线虫相区别，如图11—16所示。口针的形状变化很大，许多自由生活的土壤线虫完全没有口针（图18—22）。另外，有象矛线虫属（*Dorylaimus*）线虫那样的口针（图17）。

为了方便起见，植物寄生线虫常常被分为“内寄生”或“外寄生”型和“定居性”或“迁移性”。在植物组织内移动的线虫种叫迁移性内寄生线虫。假如雌虫永久地固定在根上，即使象孢囊线虫属和半穿刺线虫属的雌虫只是体躯的一部分在根内，都叫定居性内寄生线虫。外寄生线虫只在植物表面取食，从不把超过体躯前端的部分进入根部，它们常常是迁移性的。

在分类学上，植物寄生线虫分为两大类。约计1100个已

描述的种中,大约有 1000 种属于垫刃目(图 11—14),其余的属于矛线总科(Dorylaimoidea)*的 4 个属(图 15、16)。

垫刃目和矛线总科的主要区别是口针和食道的结构。但在其他的方面也存在许多不同的地方,如垫刃目常常有环纹,矛线总科则没有环纹。

如图 1、2、6 和 11—14 所示,大多数垫刃目线虫都有带基部球的口针,有一个与口针接连的食道管,还有一个带瓣门的中食道球。虽然口针、食道管和中食道球的大小及形状有很大变异,但它们几乎时常出现并且容易看到。有些属的雄虫这些器官缺如或很难看到,如穿孔线虫属(*Radopholus*)、针线虫属(*Paratylenchus*)、鞘线虫属(*Hemicyclophora*)和轮线虫属(*Criconemoides*)。

矛线总科的植物寄生线虫的食道型与垫刃目的食道型完全不同。前者有一个狭长的前部和一个膨大的后部(图 15、16),并且没有瓣门。包括植物寄生线虫在内的矛线总科的 4 个属是剑线虫属(*Xiphinema*)、长针线虫属(*Longidorus*)、拟长针线虫属(*Paralongidorus*)和毛刺(短根)线虫属(*Trichodorus*)。

剑线虫属、长针线虫属和拟长针线虫属的口针很长。剑线虫属的口针变成一个平而有凸缘的基部球(图 16),而长针线虫属和拟长针线虫属无基部球。毛刺线虫属与其他属不同,它的口针弯曲,在中部分出一个弓形叉道(图 15)。这种口针实际上没有中间的细腔,其实质是一个伸长的齿。毛刺线虫属线虫的食物实际上都不从口针通过。

* 现已升为矛线目——译者注。