

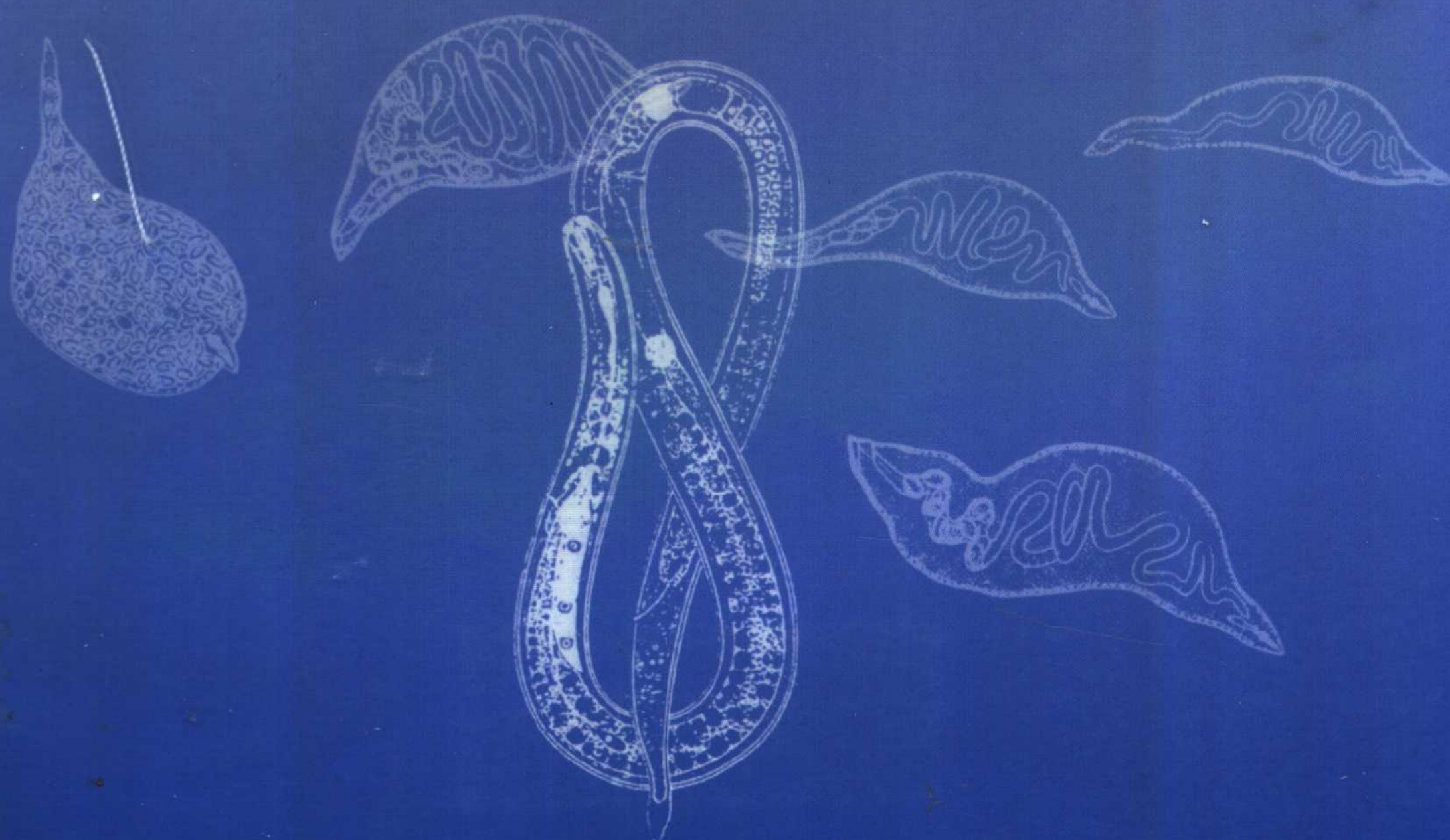


全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

植物线虫学

冯志新 主编

植保专业用



中国农业出版社

全国高等农业院校教材

植 物 线 虫 学

冯志新 主编

植保专业用

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物线虫学/冯志新主编. —北京: 中国农业出版社,
2001.5

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-06676-2

I. 植... II. 冯... III. 线虫感染-植物病害-高等学校-教材 IV. S432.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 88532 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 钟海梅

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.5

字数: 304 千字 印数: 1~3 000 册

定价: 18.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

植物线虫学在我国还是一门新兴和比较年轻的学科。从 20 世纪 80 年代初开始,我国高等农业院校相继开设了植物线虫学的课程,但迄今尚无一本全国性的统编教材。承蒙农业部科教司和中华教科基金会的资助,编写了这本《植物线虫学》教材。

本书由华南农业大学植物线虫研究室组织编写,编写人员集思广益,发挥专长,分工编写,统一审定。具体编写分工如下:

冯志新(华南农业大学),编写第一章绪论、第二章植物线虫的一般形态。

谢辉(华南农业大学),编写第三章植物线虫分类概论、第四章植物线虫的生物学、第五章植物线虫的生物化学和生理学。

廖金铃(华南农业大学),编写第六章植物线虫的生态学、第七章植物线虫病害防治的基本原理、第八章植物线虫重要病害。

林茂松(南京农业大学),编写第九章植物线虫的基本研究方法。

在编写过程中,承蒙福建农业大学谢联辉院士的关怀和指导。华南农业大学王新荣博士、赵立荣硕士、云南农业大学胡先奇副教授及南京农业大学张志宇等同志,协助编排、打印、制图等工作,谨此致谢。

由于编者水平有限,不当和错误之处在所难免,恳请指正。

冯志新

2000 年 7 月

于广州

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 什么是植物线虫?	1
第二节 植物线虫对农林业生产的影响	2
第三节 国外植物线虫学发展简史	3
第四节 我国植物线虫学发展概况	4
第五节 我国植物线虫学存在的问题和对策	5
第二章 植物线虫的一般形态	7
第一节 形状和大小	7
第二节 体壁和体腔	7
第三节 虫体分部	10
第四节 内部结构	12
第三章 植物线虫分类概论	23
第一节 植物线虫分类的基本概念和内容	23
第二节 植物线虫的形态分类特征	23
第三节 植物线虫的分类地位和分类系统 概述	27
第四节 植物线虫与其他常见土壤线虫的 鉴别	29
第五节 常见植物线虫属的鉴定特征和 一般生物学特性	30
第六节 植物线虫分总科、分科检索表	64
第七节 主要植物线虫属的鉴定检索表	65
第四章 植物线虫的生物学	71

第一节	植物线虫的生殖	71
第二节	植物线虫的生长和发育	74
第三节	植物线虫的生活史	81
第五章	植物线虫的生物化学和生理学	84
第一节	线虫的化学组成	84
第二节	线虫的代谢	87
第三节	运动	90
第四节	取食	91
第五节	行为	91
第六节	渗透和离子的调节	91
第七节	含氮物的排泄	92
第八节	呼吸	93
第九节	休眠	93
第六章	植物线虫的生态学	95
第一节	植物线虫与寄主植物之间的 相互关系	95
第二节	环境条件对线虫的影响	99
第三节	植物寄生线虫与其他病原物的 相互关系	102
第四节	植物线虫的种群动力学	104
第五节	植物线虫的寄生类型和取食习性	105
第七章	植物线虫病害防治的基本原理	108
第一节	植物线虫病害防治的概念	108
第二节	植物检疫	109
第三节	抗线虫病品种の利用	110
第四节	农业防治	113
第五节	化学防治	115
第六节	物理防治	121
第七节	生物防治	123
第八章	植物线虫重要病害	126
第一节	水稻线虫病害	126
第二节	麦类作物线虫病害	130
第三节	经济作物线虫病害	135
第四节	果树与林木线虫病害	156

第九章 植物线虫的基本研究方法	168
第一节 植物线虫的采集.....	168
第二节 植物线虫的分离.....	169
第三节 植物线虫标本的保存和玻片标本 的制作	172
第四节 线虫的计数和形态测计.....	180
第五节 植物线虫的电子显微镜技术	181
第六节 植物线虫的细胞学和同工酶技术	184
第七节 植物线虫分子生物学技术	189
第八节 植物线虫的培养.....	195
第九节 植物线虫致病性测定	199
第十节 植物线虫病害的田间诊断和调查	203
 主要参考文献	 206

第一章

绪论

第一节 什么是植物线虫？

线虫是一类两侧对称、具有三胚层的原体腔的无脊椎动物。线虫在动物界中的分类地位主要有两种观点：一是将其作为线形动物门（Nemathelminthes）或原体腔动物门（Aschelminthes）中的一个纲；另一种观点则认为是一个独立的门，即线虫动物门（Nemato-da）。20 世纪 80 年代以前，前一种观点占统治地位，但近年来，后一种观点逐渐被广泛接受，英国伦敦动物学会的权威刊物《Zoological Records》，也于 1992 年第 128 卷开始采用线虫动物门的观点。

在自然界里，线虫种类繁多，据估计约有 50 万～100 万种，因此在种类和数量上仅次于昆虫。线虫在自然界里分布广泛，其中大部分类群自由生活在淡水、海水、泥沼、沙漠和各种土壤中，也有许多类群寄生在动物上，如常见的蛔虫、钩虫等，对人畜等健康带来很大影响，还有不少类群寄生在植物上，如最早发现的小麦粒线虫等，为害植物，给植物带来严重的损失，这些为害植物的线虫，通称植物线虫。

植物线虫的种类，估计约占线虫种类的 10%，但目前世界上已记载的植物线虫，仅有 200 多属 5 000 余种，它们分布极广，凡是有土壤和水的地方都可能存在，并为害各种植物，从低等的苔藓、蕨类、藻类、菌类到高等的裸子和被子植物都有寄生，所有的栽培植物几乎都受线虫寄生和为害。

植物线虫是植物侵染性病原之一，它们寄生在各种植物的根、茎、叶、花、芽和果实上。线虫比其他重要病原——真菌、细菌、病毒等，具有主动侵袭寄生和自行转移为害的特点，它们对植物的危害，除吸取寄主的营养和对植物的组织造成机械的损伤外，主要在于线虫的分泌物和唾液等，能引起植物产生一系列的生理病变，从而破坏植物的正常代谢和机能，影响生长和发育，致使植物的产量减少，品质下降，甚至死亡和绝产。此外，线虫还能与有些真菌、细菌、病毒相互作用，共同致病造成复合病害，或以刺激、诱导、传带等不同方式，促进这三种病原的加重，可以说，线虫具有双重性病原的意义。

植物线虫细长透明，虫体微小，一般肉眼看不见，常借助于放大镜和显微镜才能看到，线虫多在地下或植物体内隐蔽为害，同时被害植物通常无明显的特殊症状，一般表现为植物矮小、畸形、叶变色萎蔫、早枯、产量下降等，容易与缺肥、缺水、缺素以及与其他病害混淆，从而影响人们对线虫危害性的估计和认识。

第二节 植物线虫对农林业生产的影响

早在 200 多年前，已经有线虫为害小麦的记载，但长期以来未引起人们对植物线虫为害的认识，直到 20 世纪 40 年代，国外首批使用土壤杀线虫剂，施药的田块农作物普遍增产 20%~100%，才使人们对线虫的为害有了初步的了解。1961 年美国著名线虫学家 A.L.Taylor，对美国的 853 个田间试验结果作了分析，施用杀线虫剂消毒土壤，使 39 种农作物的平均产量比对照增产 87%，从而进一步引起人们对线虫的普遍重视；1987 年根据 J.N.Sasser 等估计：全世界主要农作物的线虫病害，造成年产量的平均损失达 12%~23%，估计超过千亿美元。

我国地处温带，植物种类繁多，各类线虫发生和为害严重。目前已知的粮食作物、油料作物、经济作物、果树蔬菜、热带作物、饲料、花卉、药材、牧草和林木等 100 多种作物上发生线虫病害，并受到不同程度的为害。当前我国比较重要的线虫病，如大豆孢囊线虫病，除在东北地区外，内蒙古、北京、河北、山西、陕西、山东、安徽、江苏、湖北等地都有发生，受害面积在 130 万公顷以上，一般病田减产 10%，中等发病田减产 30%左右，严重的减产 50%~80%，个别田块甚至绝产。花生根结线虫病在山东、河北、辽宁、河南、陕西、广东、海南和四川等省大面积发生，受害花生一般减产 20%~30%，严重的可达 70%~80%，甚至绝产。甘薯茎线虫病，近年来在华北各省以及山东、江苏等省流行，对甘薯生产造成很大的损失，一般病田减产 20%~30%，严重的减产 50%~60%，同时在甘薯贮藏期间同样为害，损失可达 30%~50%。又如松材线虫病，1982 年首次在南京发现，现在此病已蔓延到安徽、山东、浙江和广东等省，造成大面积松林枯死，严重为害成灾，对我国松林造成极大的威胁。此外，河南、云南等省的烟草根结线虫病，广东、广西、湖南、福建、四川等地的柑橘线虫病，广东、浙江、江苏的茶、桑根结线虫病，湖南、广东、浙江、江苏等省的麻类线虫病，海南、广东、广西的热带作物线虫病，云南、四川、广东、河北、河南等省的药材线虫病，以及遍及全国各地的粮、油、蔬菜、果树、花卉等线虫病都是当前生产上影响较大和急需解决的问题。同时，线虫对农业生产的影响，与其中未被察觉出来的损失可能是同等的重要。在生产上不明显而逐渐衰退的现象，常是初期线虫病害的特征，它可以发展很多年而不被人们察觉。如寄生在水稻上的潜根线虫，它广泛分布在我国云南、贵州、四川、广东、广西、湖南、湖北、福建、江西、浙江、安徽、江苏、山东、河南、河北、陕西等水稻产区。据近年来国外报道和我们的试验，此线虫对水稻产量的影响在 7%~15%左右，但迄今，在国内尚未引起有关部门和农民的关注。又如作物的烂根，也是农业生产上的一个比较突出和复杂的问题，但人们很少考虑线虫的因素，据国外报道，作物的烂根，其中 30%左右与线虫有关。所以植物线虫与农林业生产关系很大，必须引起足够的重视和注意。

第三节 国外植物线虫学发展简史

植物线虫的研究历史比较短,迄今只有 200 多年,1743 年,一位热心科学的牧师 Needhan,在一些畸形皱缩的麦粒中发现了小麦粒线虫 (*Anguina tritici*),这是最早被发现的植物线虫。1855 年 Berkeley 在黄瓜上发现根结线虫。1959 年 Schacht 发表了甜菜线虫的第一篇报道,1871 年 Schacht 对甜菜线虫作了论述,并命名为甜菜孢囊线虫 (*Heterodera schachtii*)。但是对植物寄生线虫及其病害的研究是在 1880 年以来才开始的,当时由于甜菜线虫为害,使欧洲的甜菜工业遭到严重的损失,因此 Kühn、Liebscher、Molz 等人,先后对甜菜孢囊线虫进行了广泛的研究,发表了许多有价值的论文。1871 年, Kühn 首次使用二硫化碳熏蒸土壤,防治线虫病,1887 年 Strubell 还报道了甜菜线虫的生活史、化学防治等方面的论文。此外,1886 年 Oerley 描述了 27 属 202 种线虫,并进行了分类研究,其中部分分类法至今还在使用。在这一时期,植物线虫学科有了一定的发展,并逐步形成一门专门的学科。

从 20 世纪开始,植物线虫学科有了较快的发展,1907 年著名线虫学家 Cobb 阐明植物线虫的重要性,在美国农业部设立了植物线虫研究机构,1914 年 Cobb 在《线虫学科志》的著作中,首先采用了线虫学 (Nematology) 这一名词,同时创建了许多至今仍在使用的线虫研究技术,如线虫定量法,分离线虫的温筛沉淀法,保存、封藏线虫法和测量线虫各部比例的 Cobb 公式等,因此 Cobb 获得了美国“线虫之父”的美誉。同时在欧洲也涌现出几位杰出的植物线虫学家,如 Goodey 的线虫专著,至今仍具有重要的参考价值。1943 年 Carter 发现了石油工业的副产品 D-D 混剂 (二氯丙烯-二氯丙烷),可以作为土壤熏蒸剂防治土壤中的昆虫和线虫,并在短短的几年里,杀线虫剂被成功地应用,使农作物产量明显增加,引起了世界农业界的重视。同时,世界各国的线虫学家,对各类植物线虫开展了广泛的研究,证实不少病害是由线虫侵害引起;不少学者还研究并阐明了线虫与寄主植物的关系,以及线虫与其他病原的关系等。由此可见,植物线虫对农业生产造成的巨大损失,将植物线虫学科的发展,逐步推向一个新的阶段。

近 50 年来,植物线虫的研究,已成为现代动物学和植物病理学中进展较大的一个重要方面,现在,许多国家和地区普遍设立了有关植物线虫方面的专门管理和研究机构,成立了不少线虫研究所和线虫实验室,一些国家和地区还设有专门的线虫检查人员,对线虫进行普查和检测,并指导防除等工作。在生产上广泛采用防治措施,使农作物产量和质量得到增长和提高。此外,国外一些大学设立了线虫学系,大量培养线虫的专门人才。同时,植物线虫学也被划分为许多门较小的学科,如线虫形态学、线虫分类学、线虫生态学、线虫生理生化、线虫方法学等。各国的线虫学家组织相继建立,1953 年欧洲线虫学家协会成立,1962 年美国线虫学家协会成立,现在,日本、印度、意大利等国也先后成立了线虫协会。同时也相继创办了植物线虫的学术刊物,较有代表性的期刊有欧洲的《Nematology》、美国的《Journal of Nematology》、英国的《International Journal of Nematology》等。

第四节 我国植物线虫学发展概况

植物线虫学在我国起步较晚，发展较慢。新中国成立前，植物线虫学几乎是空白的，只是对几种线虫病害做过一些调查和记载；1916 章祖纯报道了北京郊区的小麦粒线虫和粟线虫。1931 年，方伯谦和刘介然对小麦粒线虫病进行了抗病性试验，1932 年报道中国南方的番茄受根结线虫为害，1935—1938 年，李来荣先后调查广东的柑橘半穿刺线虫和蔬菜的根线虫（实际上是根结线虫）。1937 年，张绍钫和侯同文指出小麦密穗病和小麦粒线虫的关系。1946 年，周家炽证明小麦粒线虫是密穗病的传播媒介，这对防治小麦密穗病具有重大的意义。此外，朱凤美等从 1933—1945 年，对小麦粒线虫病进行了较系统的研究，发表了不少这方面的论文。特别值得提出的是，朱凤美和蹇先达等发明了小麦线虫瘿粒汰除机，汰除线虫瘿粒的效果达 99%，此项发明受到国内外植物病理学家的重视。

新中国成立后，在中国共产党和政府的关怀下，植物线虫事业得到了发展，20 世纪 50—60 年代，针对当时发生的几种检疫性线虫病害，在小麦粒线虫病、水稻干尖线虫病、花生根结线虫病和甘薯茎线虫病的发生和防治等方面做了许多工作，特别是通过各种检疫措施，控制了这些病害的蔓延和扩散，取得了较好的效果。1960 年初，全国植保科研规划中规定要组织力量，筹建机构，迅速填补我国植物线虫学这一空白。但由于“文化大革命”对整个科技工作的干扰和破坏，使植物线虫学科又落后了很多年。1978 年，全国农业学术讨论会和全国植保学会提出：大力加强植物线虫方面的研究工作，尽快开展重要农作物的线虫调查、鉴定和生物学特性的研究，积极采取防除措施，为农业稳产、高产作贡献。1979 年，农业部植保局副局长兼植物检疫实验所所长季良研究员，在广州主持了“全国植物检疫性线虫学术座谈会”，并成立了“全国农作物寄生性线虫种类调查和鉴定”的协作组，由华南农业大学植物线虫研究室和农业部植物检疫实验所主持，全国有 22 个单位，包括农林院校、动植物检疫所、植保站等单位派人参加协作，从 1980—1985 年分批、分省进行了线虫的调查采集和鉴定等工作。通过这次调查，初步掌握了我国主要农作物的线虫种类和分布，发现了不少新的线虫病害，同时也培养了一批植物线虫工作者，此项工作得到国家科委和农业部的支持和重视，从而为我国植物线虫学的进一步发展奠定了重要的基础。在我国第五、第六、第七及第八个五年计划期间，农业部先后安排了全国农作物线虫的重点科研项目，针对我国的水稻、小麦、大豆、花生、柑橘、甘蔗、麻、蔬菜等线虫病在病原、致病性、发生流行规律等方面，进行较为系统的研究，同时，分别采用检疫、推广无病耐病种子和苗木，选用抗、耐病品种，改良土壤和轮作以及适当使用杀线虫剂等防治措施，在生产上取得显著的效益；林业部在第八和第九个五年计划期间，组织了全国松材线虫病治理等项目，对松材线虫病进行了较为深入的研究，在防治上也取得一定的成效。在线虫的植物检疫方面也取得了许多成果，全国各口岸多次截获各种检疫性线虫，如马铃薯金线虫（*Globodera rostochiensis*）、松材线虫（*Buraphelenchus xylophilus*）、香蕉穿孔线虫（*Radopholus similis*）等。特别值得一提的是，1987 年，由于引进菲律宾的香蕉苗，香蕉穿孔线虫传入福建省漳州地区，经过 5 年的艰苦奋战，成功地扑灭了这一危险性线虫病害。线虫病害的化学防治，一直是防病增产的一种重要手段，20

世纪 80 年代前,我国主要应用 D-D 混剂、二溴化乙烯 (EDB) 和二溴氯丙烷 (DBCP) 等杀线虫剂。20 世纪 80 年代后,我国先后从国外引进二氯异丙醚 (Nemanort)、铁灭克 (Temik)、克线丹 (Rugby)、克线磷 (Nemacur)、必速灭 (Basimid)、益舒宝 (Mocap)、米乐尔 (Miral)、万强 (Vydate) 等杀线虫剂,并较系统地进行药效、田间小区、示范推广及残留等试验,其中丙线磷原药已在国内合成,益舒宝已初步实现国产化生产。近年来,为了降低杀线虫剂的用药量和成本,以及减少对环境的污染,对杀线虫混配剂、种衣剂以及植物性杀线虫剂等也进行了研究,此外,在线虫生物防治的方面,也取得可喜的进展,如淡紫拟青霉 (*Paecilomyces lilacinus*)、杀线菌素 (Avermectin)、穿刺巴斯杆菌 (*Pasteuria penetrans*) 和粗皮侧耳 (*Pleurotus ostreatus*) 等已在生产上试用,并展示良好的应用前景。同时,我国在植物线虫分类和分子生物学等基础和前沿学科的研究,也都有长足的进展,80 年代以前,我国正式报道的植物线虫只有 10 多种,但目前已鉴定的植物线虫已达 80 余属 500 多种,其中包括 2 个新属,60 多个新种。在分类鉴定中应用了数值分类、支序分类、电子显微镜、分子生物学等技术和方法。近年来,我国还开始重视线虫与其他植物病原的相互关系以及线虫病理生理、分子遗传等方面的研究,研究领域越来越广,研究成果年年有新的突破,发表的论文也不断增多。根据 1994—1996 年《Nematological Abstracts》3 年的统计,我国发表论文的总数为 173 篇,略超过了美国同期发表的论文数 (美国为 161 篇)。因此,近 20 年来,我国的植物线虫学得到了迅速的发展,植物线虫工作者的队伍也不断壮大。1979 年统计,我国从事植物线虫的人员不到 30 人 (包括兼职人员),目前全国从事植物线虫工作者已超过百人,其中有 10 多位分别到美、英、法、加、澳、荷兰、日、比利时等国进修植物线虫学,大部分已学成回国,同时近 20 年来,我国不少农林院校还开设了植物线虫学课程,甚至一些重点院校中,还开设了多门植物线虫方面的课程,如植物线虫分类学、植物线虫生态学、植物线虫生理生化、植物线虫方法学、经济线虫学等,并招收植物线虫硕士生和博士生,已培养了线虫硕士生 30 多名,博士生近 10 名。目前在校攻读的博士生 8 名,硕士生 10 余名,他们已成为我国植物线虫学科的骨干力量。

1985 年,中国植物病理学会设立了“病原微生物专业委员会”,随着学科发展的需要,1996 年,又将病原微生物专业委员会分为植物病原线虫、真菌、细菌和病毒等四个专业委员会,使我国植物线虫的学术交流活动空前活跃,每 2~3 年定期举行全国性学术会议,现已举办 5 届全国植物线虫学术研讨会,每次学术会议都有数十篇论文参加交流,参加人数众多,学术气氛浓厚,这都是前所未有的。总之,无论从中国植物线虫学科的历史来看,还是从国际线虫学科的发展来看,近 20 年来,我国植物线虫学科所取得的成绩是举世瞩目的,也是令人鼓舞的。

第五节 我国植物线虫学存在的问题和对策

20 世纪最后 20 年,是我国植物线虫学迅速发展和繁荣的 20 年。总结过去,展望未来,我们应清醒地看到,在我国植物线虫学发展中,还存在一些不容忽视的问题。首先我们与世界发达国家相比差距较大;与国内兄弟学科如真菌、细菌、病毒等学科相比差距也

不小。我国地处温带，地形复杂，植物种类繁多，各类线虫发生普遍，为害严重，目前世界上报道的植物线虫种类近 5 000 种，我国迄今报道过的植物线虫仅 500 种左右，尚有大量的线虫种类未被发现，因此植物线虫的普查工作有待继续，种类鉴定工作更需深入，植物线虫形态、分类等基础学科急待加强；目前我国专门从事线虫形态、分类研究的人员很少，研究经费更为紧缺，必须重视。同时尽快组建国家级的植物线虫重点实验室，建立植物线虫标本馆，创办我国的植物线虫刊物，设立植物线虫研究基金等，都是当前需要筹划和解决的问题。其次，近年来，全国在植物线虫方面的研究课题有所增加，但研究经费很少；在学术刊物上发表的论文不少，但质量急待提高，研究范围需要拓宽，分子生物学、分子遗传学等前沿学科需要加强，同时，目前在农林业生产上，尚存在许多线虫为害的问题，一些旧的线虫病害有所回升，新的线虫病害又不断发生，特别在我国复关以后，对线虫的危险性分析以及植物检疫等方面的工作必须加强，才能有效地控制线虫病的发生和流行，确保农业的稳产和高产。此外，植物线虫对我国农林业的持续发展，愈来愈显示其重要的意义，但目前尚未引起国内有关部门和农民的普遍重视，加强宣传、普及线虫知识也是线虫工作者的当务之急。我们深信，在党的正确路线的指引下，全国植物线虫工作者在团结务实、开拓创新精神的激励下，我国的植物线虫事业，必将开创新的世纪。

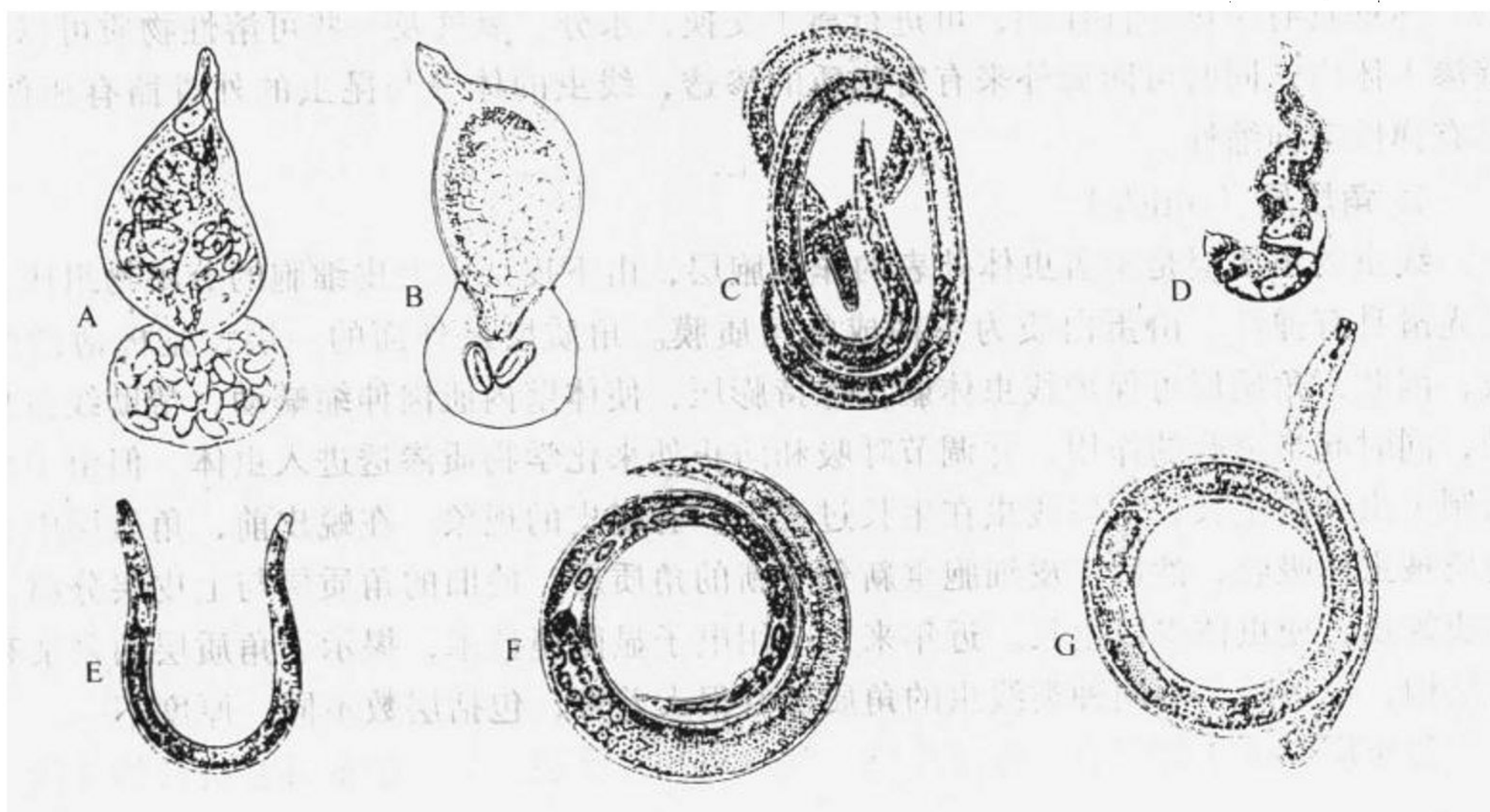
第二章

植物线虫的一般形态

线虫属动物界线虫动物门 (Nematoda)，是一类较低等的无脊椎动物。大多数种类身体细长，两端稍尖，略呈线状，所以称“线虫”，同时线虫和扁形动物、环节动物都具有两侧对称的体形、包裹全身的皮肤囊、没有附肢和常作蠕虫状运动等共同特征。因此，这三类动物通常称为蠕虫 (Helminth)。

第一节 形状和大小

线虫体形呈圆筒形，两端略尖细，横切面呈圆形，虫体不分节，大多数种类是雌雄同形，即雌虫和雄虫的外形很相似，均呈线状，如垫刃线虫 (*Tylenchus*)、滑刃线虫 (*Aphelenchoides*) 等，但少数种类是雌雄异形，即雄虫保持细长呈线状，雌虫显著膨大成囊状、梨形或球形等，如根结线虫 (*Meloidogyne*)、胞囊线虫 (*Heterodera*)、半穿刺线虫 (*Tylenchulus*) 等 (图 2-1)。虫体通常为无色透明，或因食物不同，使肠中的内含物具有颜色；大多数土壤线虫，虫体较小，寄生植物的线虫，虫体更是细小，一般长度不超过



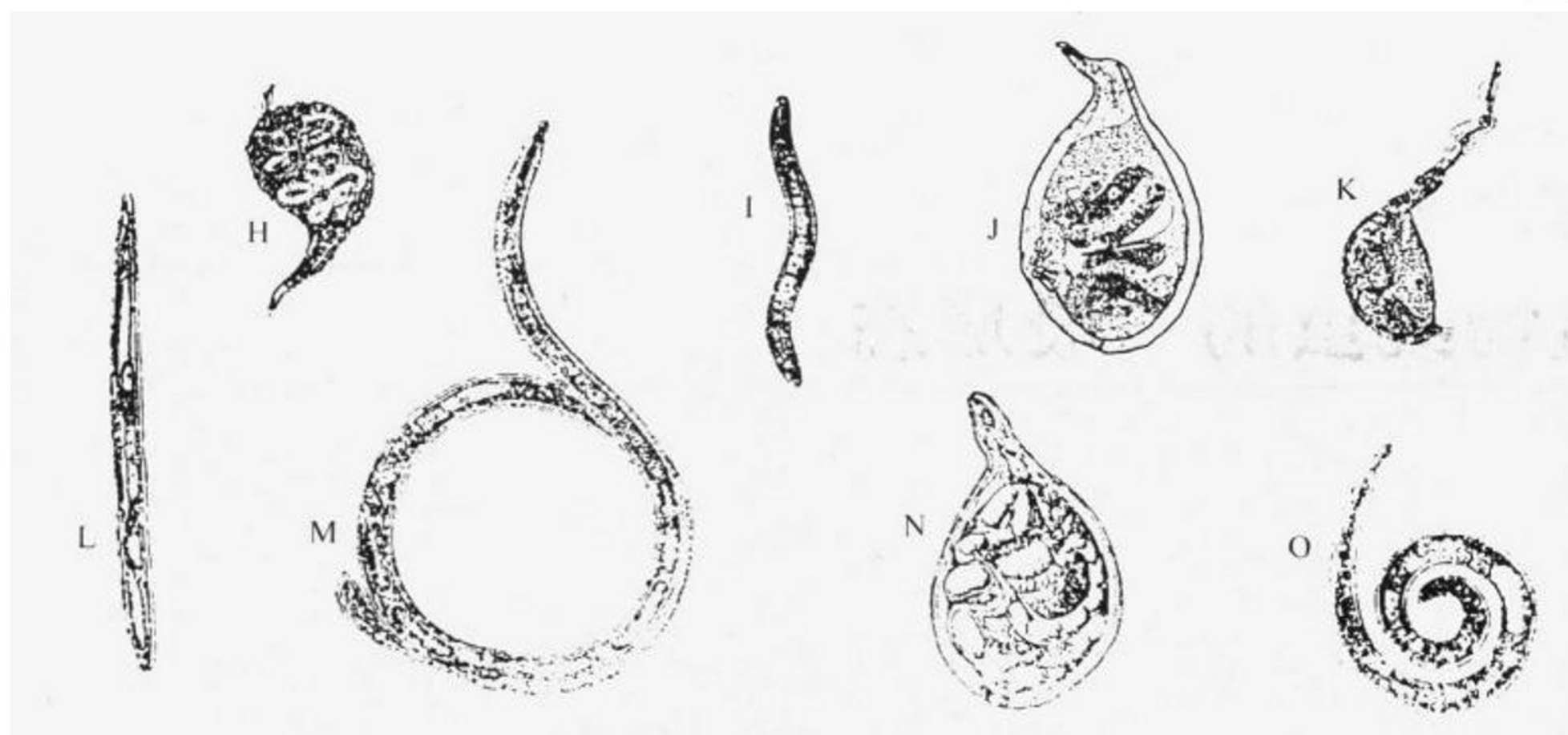


图 2-1 线虫各种形态图

- A. 根结线虫属 (*Meloidogyne*) B. 胞囊线虫属 (*Heterodera*) C. 刺线虫属 (*Belonolaimus*)
 D. 肾形线虫属 (*Rotylenchulus*) E. 短体线虫属 (*Pratylenchus*) F. 粒线虫属 (*Anguina*)
 G. 纽带线虫属 (*Hoplolaimus*) H. 珍珠线虫属 (*Nacobbus*) I. 小环线虫属 (*Criconemella*)
 J. 拟根结线虫属 (*Meloidodera*) K. 半穿刺线虫属 (*Tylenchulus*) L. 拟毛刺线虫属 (*Paratrichodorus*)
 M. 剑线虫属 (*Xiphinema*) N. 球胞囊线虫属 (*Globodera*) O. 螺旋线虫属 (*Helicotylenchus*)

(仿 J.N. 萨塞)

1~2mm, 体宽为 30~60 μ m, 因此, 一般用肉眼看不清楚, 只有小麦粒线虫是植物寄生线虫中最大的, 体长可达 3~5mm, 肉眼也可以看到。同一种线虫, 虫体大小的变化与寄主、抗性和地理分布有一定的关系。

第二节 体壁和体腔

一、体壁 (body wall)

线虫的体壁是由最外层的角质层、中间的下层皮和最内层的肌肉层等 3 层组成 (图 2-2)。体壁具有半渗透性作用, 可进行离子交换, 水分、氧气及一些可溶性物质可以通过体壁渗入体内, 同时可防御外来有害物质的渗透, 线虫的体壁与昆虫的外骨骼有相似之处, 具有弹性和伸缩性。

1. 角质层 (cuticle)

线虫的角质层是覆盖虫体外表的非细胞层, 由下层皮中上皮细胞的分泌物组成, 是一层光滑具有弹性、由蛋白质为主构成的角质膜。角质层最外面的一层, 是极薄的脂质构成, 因此, 角质层可保护线虫体躯, 保持膨压, 使体壁内肌肉伸缩蠕动, 帮助线虫自由移动, 同时起半透膜的作用, 并调节呼吸和防止外来化学物质渗透进入虫体。但由于角质层限制了虫体的生长, 所以线虫在生长过程中, 有蜕皮的现象。在蜕皮前, 角质层中有用的物质被虫体吸收, 然后上皮细胞重新分泌新的角质层, 使旧的角质层与上皮层分离, 最后完成蜕皮, 使虫体得以生长。近年来, 应用电子显微镜技术, 揭示了角质层的复杂和细微的结构, 也揭示了不同种类线虫的角质层有很大差别, 包括层数不同, 厚度不一。一般线虫的角质层常由 3 层组成, 包括皮层、基质层和纤维层, 每一层都具有特殊的功能。

线虫的体表常有纹理，大多数植物线虫的角质层是无色光滑的，从线虫的前端到尾端，有许多细纹横过虫体，这就是环纹（annulations），体表环纹的粗细、数目常作为分类的依据之一，有些种类在环纹上有刺状和鳞片状的附加物，如环线虫（*Criconema*）等，有些线虫角质层的纹理变化更大，如胞囊线虫的角质皮花纹，根结线虫的会阴花纹等。此外，线虫的角质层上，还有一些从虫体的前端到后端的纵纹，特别在虫体两侧，通常有多条纵向侧纹，称为侧线（lateral line），侧线的数目、侧线间有无横纹交叉成网状形都是分类依据之一。角质层在口、肛门和阴门处向内伸展，因此口腔、食道、直肠、泄殖腔和阴道均由角质层组成内壁。线虫的部分角质层还形成线虫头部的结构，如唇片（lip）、乳突（papilla）以及雄虫的抱片（bursa）即交合伞等。

2. 下皮层（hypodermis）

紧贴在角质层下面，是一层界限不清的合胞体或多核体组织组成，含有大而圆的细胞核和大量的细胞内含物，这些内含物是线虫贮存营养物质的地方，贮存有类脂、糖原，甚至蛋白质和核酸等，所以下皮层代谢的活性很高。在虫体背、腹中线和两侧的下皮层向内凸出形成4条纵行的索（chords），即背索、腹索和侧索，有时在体表也明显可见，在背、腹索内具神经，侧索内有排泄管（图2-2）。

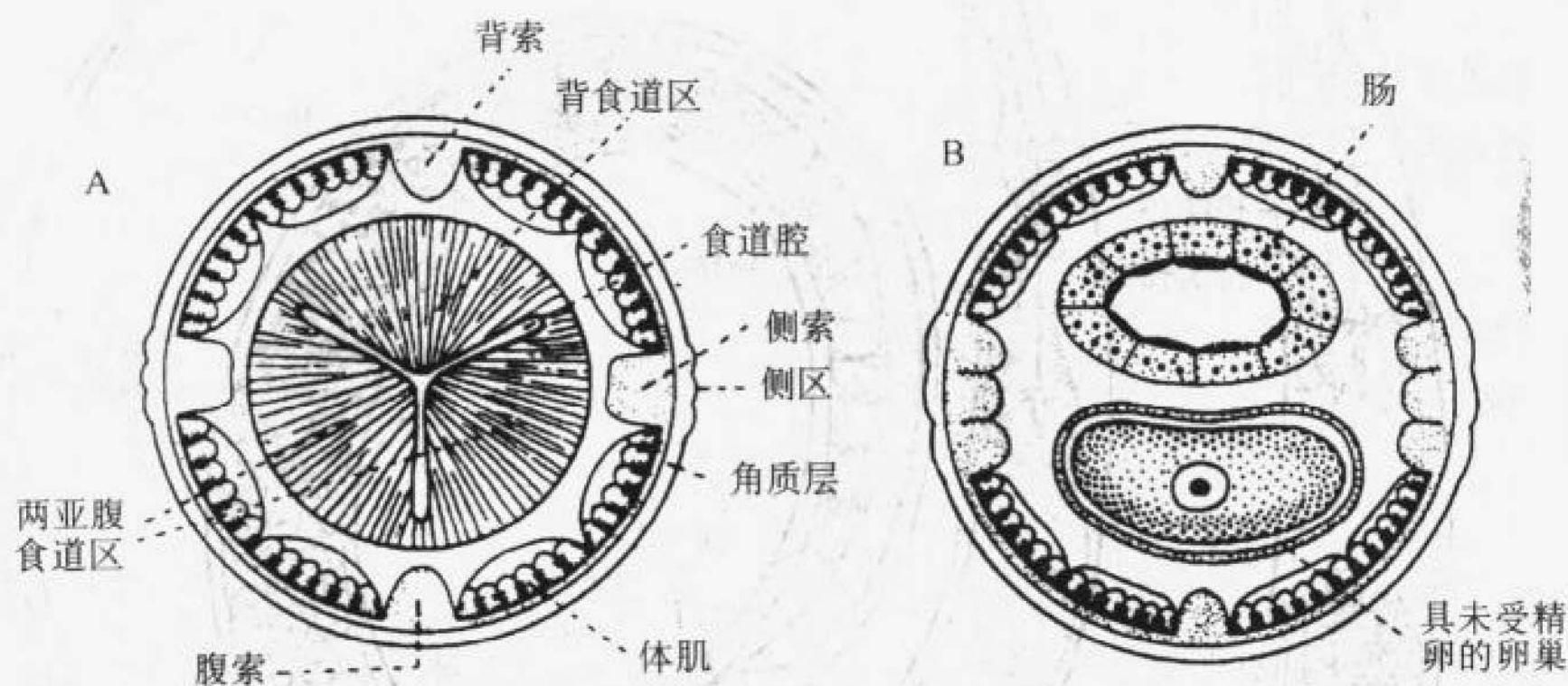


图 2-2 线虫体壁图

A. 食道区横切面 B. 雌虫生殖器官区横切面
(仿 J.N. 萨塞)

3. 肌肉层（musculature）

体壁的最内层是肌肉层，由一层纵行肌肉所构成。线虫的肌肉缺乏环肌，肌肉的类型属斜纹肌（obliquely striated muscle），肌肉细胞的构造很特殊，常呈纺锤形，外面有一层薄膜包围，肌细胞的基础是具有弹性可收缩的肌纤维（muscle fiber），端部为不能收缩的细胞体部膨大成泡状，里面是未分化的原生质，内含有细胞核，贮存着糖原。细胞体部的原生质延伸形成线状，分别与背索和腹索内的神经相连，接受神经的支配。线虫有厚的角质层，且只有纵肌而无环肌，所以虫体只能弯曲而不能变粗或变细，只能借助腹肌和背肌的同时收缩，向前呈波浪状的蠕动。此外，线虫的肌肉还有一些特殊的分化，如口针、食道、食道球、雄虫的交合刺、引带、雌虫的阴道和子宫上的肌肉，分别调节线虫的取食、

消化、生殖等各项活动。

二、体腔 (somatic cavity)

由角质层、下皮层和肌肉层所组成的体壁围成的一个空隙就是体腔。线虫的体腔属于假体腔 (pseudocoel) 类型。假体腔是一种初级的原始体腔, 但体腔的出现, 为线虫器官系统的发展提供了空间, 线虫的消化、生殖等器官埋藏在体腔内, 体腔内充满体腔液, 这可保持虫体的膨压, 维持虫体的一定形态, 同时还具有输运营养和代谢物质、行使呼吸、循环等生理功能。

第三节 虫体分部

线虫的身体通常可分为头部、体部 (躯干部) 和尾部, 但 3 个部分是紧密连接成一个

