

[美] A. L. 泰勒 J. N. 萨塞 著



植物 根结线虫

(生物学、分类鉴定和防治)

科学出版社

植物根结线虫

(生物学、分类鉴定和防治)

〔美〕A. L. 泰勒 J. N. 萨塞 著

杨宝君 曾大鹏 译

陈品三 校

科学出版社

1983

内 容 简 介

本书是由美国著名植物线虫学家 A. L. 泰勒教授和国际根结线虫协作组负责人、美国北卡罗来纳州立大学植物线虫学教授 J. N. 萨塞合著的。作者们在广泛收集资料和自己的研究工作基础上，概述了有关植物根结线虫的基本理论和分类鉴定；对于世界各地影响农作物生长的一些主要植物根结线虫居群，本书都作了比较详细的描述，并附有大量插图，附录中介绍了植物根结线虫的采集、鉴定和试验技术，是一本有用的工具书。本书结合植物根结线虫生态学和居群分布还提出了一些切实可行的防治办法。可供植物保护工作者参考应用，对生物学科的科研工作者和有关大专院校师生也有一定参考价值。

A. L. Taylor and J. N. Sasser

BIOLOGY, IDENTIFICATION AND CONTROL OF ROOT-KNOT NEMATODES (*Meloidogyne* species)

A Cooperative Publication of the Department of Plant
Pathology, North Carolina State University and the
United States Agency for International Development

1978

植 物 根 结 线 虫

(生物学、分类鉴定和防治)

[美] A. L. 泰勒 J. N. 萨塞 著

杨宝君 曾大鹏 译

陈品三 校

责任编辑 谢仲屏

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1983 年 7 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1983 年 7 月第一次印刷 印张：5 3/4

印数：0001—5,100 字数：124,000

统一书号：13031·2321

本社书号：3174·13—10

定 价：0.92 元

序

本书的宗旨是协助完成“国际根结线虫规划”的主要目标。其中包括：(1) 增加发展中国家粮食作物的产量；(2) 提高发展中国家的作物保护能力；(3) 增进对世界上最重要的植物线虫的认识。

上述目标的完成主要依靠在世界 7 个主要地理区域工作的 70 多位合作者们。我们相信这本小册子将有助于统一这类主要植物害虫的研究结果。

很明显，本书并不是这一学科的深入总结，我们仅仅试图在以往的著作和我们自己的科研工作的基础上提出一些基本的东西，并对在世界农业中已经描述的种的相对重要性和它们的分布提出我们的看法。本书主要侧重于鉴定、变异性及切实可行的防治措施。我们推荐给希望深入学习的本书读者们一些引用的参考书，并建议他们利用各种关于根结线虫的杰出论述。

为了便于鉴定，我们试图将已知的有关的形态学加以综述。复制了来自原著的大量图解，并在本文中强调了在种的鉴定中被认为是有用的特征。此外，我们强调了要利用所有能够得到的资料进行鉴定的重要性。这包括采集的地点，包括产生典型虫瘿在内的寄主反应、形态学和细胞遗传学。

我们相信本书有助于“规划”的完成并能帮助协作者们培训新的学生。同时，我们也希望本书能对另一些科学家有所助益，他们正在共同致力于提高同发展中国家最易得到的资源相一致的防治策略。

引用的文献仅仅是发表过的关于根结线虫资料的一部分。并从那些进行专门研究的资料中选出我们所需要的图和我们认为应强调的部分。

我们希望本书将能引导开展广泛的调查，这项调查将对大量尚未解决的问题提供给读者以较为完善的答案。同时也为将来更加完善和精辟的书奠定基础。

向那些直接或间接提供了所引用资料的线虫学家和其他科学家们致谢。也要向制定“国际根结线虫规划”的和使本书能够出版的国际能源发展委员会的官员们致谢。

向为初稿打字的 Josephine Taylor 夫人和编制文献汇编并做了大量最后手稿打字的 Joyce Denmark 夫人致谢。

我们特别感谢北卡罗来纳州立大学的 J. L. Starr 博士，他审阅了全书并对其编排和内容提出了许多有益的参考意见。此外，论据或阐述上如有错误全由作者负责。

目 录

序

第一章 根结线虫属	1
一、绪言.....	1
(一) 历史	1
(二) 由植物寄生线虫和有关生物引起的作物损失	3
二、根结线虫属的动物学分类地位.....	3
三、根结线虫属所包括的种.....	4
(一) 已描述过的种的名录	4
(二) 根结线虫属种的分类学	6
四、根结线虫的世界分布.....	7
五、根结线虫的形态和发育.....	8
(一) 生活史——寄生前	8
(二) 生活史——寄生	11
(三) 形态学——成虫	14
(四) 繁殖	15
(五) 解剖学	16
六、生活周期.....	19
(一) 温度的影响	19
(二) 生命力	20
(三) 湿度的影响	21
第二章 根结线虫和植物的关系	23
一、寄主植物的感病性和抗病性.....	23
二、根结线虫的寄主专化性.....	26
第三章 组织学和致病性	28

一、巨型细胞和虫瘿的形成	28
(一) 巨型细胞的细胞核	29
(二) 巨型细胞的细胞质	30
二、巨型细胞和虫瘿形成上的差别	30
(一) 感病植物	30
(二) 抗病和免疫植物的反应	30
三、摘要	32
第四章 根结线虫的侵染对植物生长的影响	34
一、物理方面的影响	34
(一) 根系的萎缩和变形	34
(二) 根功能的衰退	35
二、生理方面的影响	36
三、易感病性: 根结线虫使植物易受真菌和细菌	
的为害	37
(一) 镰刀菌	37
(二) 镰刀菌和交链孢霉	38
(三) 疫霉	38
(四) 轮枝菌	38
(五) 丝核菌	39
(六) 长蠕孢菌	39
(七) 腐霉、弯孢霉、葡萄孢、曲霉、青霉和木霉	40
(八) 细菌	41
(九) 微生物区系	41
(十) 摘要	41
第五章 根结线虫的生理变化	43
一、生物宗的定义和术语	43
二、根结线虫居群间的变化	43
三、来自各个地理区域的居群的其他特征描述	46
(一) 南方根结线虫	46

(二) 爪哇根结线虫	47
(三) 北方根结线虫	47
(四) 花生根结线虫	47
(五) 讨论	48
四、根结线虫居群的生理变化	48
(一) 南方根结线虫	49
(二) 北方根结线虫	49
(三) 纳西根结线虫	49
(四) 特异居群的持久性	50
(五) 讨论	51
五、摘要	51
第六章 根结线虫的生态学	53
一、卵和幼虫在土壤中的存活	53
(一) 土壤温度	53
(二) 土壤湿度	56
(三) 土壤结构	56
(四) 其他土壤环境	58
第七章 培育抗根结线虫的植物品种	60
一、绪言	60
(一) 抗病性的本质	60
(二) 抗根结线虫特性的遗传	61
二、培育抗病品种导致的增产	66
第八章 分类鉴定: 绪论及寒冷地区的根结线虫	67
一、绪言	67
(一) 种的组合	67
二、寒冷地区的各种根结线虫	69
(一) 北方根结线虫	69
(二) 感染木本植物的种	70
(三) 寄生在禾本科植物上的种	74

第九章 温暖地区根结线虫种的分类鉴定	86
一、绪言	86
二、种的描述	88
(一) 寄主范围广泛的种	88
(二) 侵染咖啡的种	94
(三) 侵染其他木本植物的种	104
(四) 侵染禾本科植物的种	105
(五) 寄生在大豆上的种	114
(六) 寄生在其他植物上的种	115
三、摘要	120
(一) 鉴定依据	120
(二) 鉴定技术	121
第十章 根结线虫的综合防治	122
一、绪言	122
二、根结线虫防治的一般原则	122
(一) 土壤	122
(二) 防治根结线虫的特殊方法	125
(三) 种植材料	126
三、根结线虫的综合防治历	129
(一) 一年生作物	129
(二) 多年生作物	131
四、生物防治	132
(一) 总论	132
(二) 捕食性和内寄生真菌	132
(三) 捕食性线虫	133
(四) 捕食性节肢动物	134
(五) 捕食性蠕虫	134
(六) 寄生性原生动物	135
五、其他防治方法	135

(一) 检疫.....	135
(二) 电流.....	135
第十一章 杀线虫剂	137
一、绪言	137
(一) 杀线虫剂的经济核算.....	139
(二) 土壤熏蒸剂.....	139
(三) 非熏蒸剂和内吸杀虫剂.....	139
(四) 对植物的毒性和专化性.....	140
(五) 对线虫口密度的影响.....	140
(六) 残毒.....	142
二、杀线虫剂在田间的应用	142
(一) 全面处理.....	142
(二) 行施.....	142
(三) 点施.....	143
附录一 根结线虫种的鉴定	144
一、北卡罗来纳鉴别寄主试验	144
(一) 绪言.....	144
(二) 程序.....	144
(三) 鉴定.....	146
(四) 鉴别寄主试验的局限性.....	148
二、统一的寄主试验	148
三、用显微镜鉴定	149
(一) 雌虫.....	150
(二) 幼虫.....	150
(三) 会阴花纹.....	151
(四) 雄虫.....	154
附录二 大量卵和幼虫的获得	155
(一) 从带有少量外露卵块的根中分离.....	155
(二) 从带有很多外露卵块的根中分离.....	155

附录三 植物抗性试验	156
(一) 预备试验	156
(二) 田间试验	156
参考文献	157

第一章 根结线虫属 (*Meloidogyne*)*

一、绪 言

(一) 历史

一百年前,在1877年8月 Jobert(1878) 在巴西里约热内卢的乡下观察了感病的咖啡树,发现须根上有许多虫瘿,有些是顶生的,有些在根的中部,侧根上较少。这些顶生的虫瘿洋梨形、点状,并常常弯曲(见图9.12)。最大的虫瘿和小豌豆的大小相似,并有具透明壁的“胞囊”。还有被包围在透明薄膜中的椭圆形的卵和小的线形蠕虫。他认为这些小蠕虫是从卵中孵化,然后由根里出来并大量存在于土壤中。但是,很明显在他写报告之前没有时间做进一步的研究。

过了十年,Goldi¹⁾(1887) 调查到同样的问题,并出版了关于咖啡树的这个病害的105页的一篇论文。他把该病的病原 *Meloidogyne exigua* 叫做根结线虫,并把它看作是一个新属的模式种。

这是作为一种经济植物重要病原的根结线虫的第一篇研究论文。后来,这个种和属有了同物异名,先是 *Heterodera radiculicola*, 后是 *Heterodera marioni*, 最后又由 Chitwood(1949) 把它恢复了原来的名字,同时他描述了根结线虫属的四个最

* 发音和语源注解: *Meloidogyne* 来自希腊语 *melon* (苹果或瓢)+*oides*, *oid* (类似)+*gyne* (女人或雌虫)=瓢状的雌虫。重音在第二音节。参考 Webster 大辞典。

1) 按德意志-瑞士名字的正确拼法,在线虫学文献中通常拼为 Goldi。

常见的和分布广泛的种：南方根结线虫 (*M. incognita*)、爪哇根结线虫 (*M. javanica*)、花生根结线虫 (*M. arenaria*) 和北方根结线虫 (*M. hapla*)。

Chitwood(1949) 的论文是当杀线虫剂已经开始发展和试验的时候发表的。杀线虫剂试验提供了根结线虫和其他线虫是重要的经济植物寄生物的明确证据，当对其进行防治时作物产量常随之大幅度提高。导致植物线虫学家的人数大量增加，同时关于根结线虫的刊物也相应增加了。

这种研究的一个重要部分表明根结线虫除了能直接对作物造成损害外，并使真菌和细菌病害适于侵染，是发生植物病害的一个主要原因。而且在世界上温暖地区谷物产量的广泛性损失比凉爽地区要大 (Sasser, 1977)。

由于国际根结线虫规划的设立，根结线虫的研究已朝向世界范围的协作迈进。这个规划的一个重要成就表现在 Sasser 和 Triantaphyllou (1977) 在线虫学家协会第 16 次年会上所做的报告，这次年会是 1977 年 8 月 19 日举行的。作者报道了北卡罗来纳 180 个居群的鉴别寄主试验结果（参看附录一），这 180 个居群是由参加规划的合作者在北美、南美、非洲、亚洲和欧洲各地采集的。发现南方根结线虫、爪哇根结线虫、花生根结线虫和北方根结线虫除了本身的会阴花纹相似外，同一居群的寄主反应也是明显一致的。关于繁殖方式、染色体的数量以及卵母细胞成熟时染色体的作用等方面细胞遗传学的研究也指出了世界范围的种的一致性。这项工作的主要研究结果将在本书第五章加以介绍。

更重要的是证实了南方根结线虫广泛分布的 4 个宗，花生根结线虫 2 个宗，爪哇根结线虫一个宗和北方根结线虫一个宗的存在。这些种内一致性的现实大大简化了为防治根结线虫所做的轮作安排；简化了培育抗根结线虫农作物的育种

程序；并且增进了对根结线虫这一世界传播最广泛的植物病害的了解。

(二) 由植物寄生线虫和有关生物引起的作物损失

由于线虫和其他有关土壤中的有害生物所造成的作物损失的精确估计，由推广服务中心 (Extension Service) 在美国北卡罗来纳对烤烟 (*Nicotiana tabacum*) 所做的 20 年左右的试验和示范总结了出来。1976 年在病区中有 15 个全面处理的试验和示范。这些试验是用各种线虫处理的重复小区和无线虫的防治区相比较。在每个试验中，由处理的 4 个重复的平均产量和防治区的最高产量相比较。在所有 15 个试验中，平均产量为最高产量的 75.5%。换句话说，如果对线虫和其他有关的有害生物不进行防治，那么农民将损失掉他可达到产量的 24.5%。

毫无疑问，这些病田是有代表性的。而且，很有意思的是 1976 年在一个州里有 85% 的烟草田中应用了杀线虫剂，可能是发现那些田中烟草的产量仅相当于能达到产量的 75.5%。1976 年北卡罗来纳的烟农花费了 19,000,000 美元用于化学土壤处理 (化学药品 13,900,000 美元，施用费 5,100,000 美元)，取得了完全预期的效果 (Todd, 1976 a)。

上述的资料使得人们相信由根结线虫和其他线虫造成的作物损失约占世界收成的 5%，如果平均分布的话，这并不十分重要，但是不然，这些损失的很大一部分是由担负损失能力最小的人，也就是不发达国家的小农们承受。其损失可多达这些国家可耕地的 25—50% 的广大面积。

二、根结线虫属的动物学分类地位

根结线虫是线形动物门 (Nemata 或 Nematoda) 的一小部

分,这一门包括人和动物的寄生线虫、植物寄生线虫以及生活在土壤、淡水和海洋中的一些种类。根结线虫属于线虫纲 (Secernentea)、垫刃目 (Tylenchida)、垫刃超科 (Tylenchoidea)、根结线虫科 (Meloidogynidae) (Wouts, 1973)。

三、根结线虫属所包括的种

(一) 已描述过的种的名录

到 1976 年年底为止,根结线虫属至少有 36 个种已被命名,对其详尽的描述符合国际动物学命名法规的要求 (表 1.1)。这些可能仅是根结线虫最终被描述种的一小部分。仅在世界少数地区在农田中彻底调查了根结线虫;大多数森林和未开垦的土地尚未查明。当然,那些分布广泛经济上重要

表 1.1 根结线虫属包括的种¹⁾

1. 高弓根结线虫	<i>M. acrita</i> Chitwood, 1949
2. 高粱根结线虫	<i>M. acrona</i> Coetzee, 1956
3. 非洲根结线虫	<i>M. africana</i> Whitehead, 1962 ²⁾
4. 阿登根结线虫	<i>M. ardenensis</i> Santos, 1968 ³⁾
5. 花生根结线虫	<i>M. arenaria</i> (Neal, 1889) Chitwood, 1949
6. 甘蓝根结线虫	<i>M. artiellia</i> Franklin, 1961
7. 保鲁根结线虫	<i>M. bauruensis</i> Lordello, 1956
8. 短尾根结线虫	<i>M. brevicauda</i> Loos, 1953
9. 咖啡根结线虫	<i>M. coffeicola</i> Lordello and Zamith, 1960
10. 光纹根结线虫	<i>M. decalineata</i> Whitehead, 1968
11. 美丽根结线虫	<i>M. deconincki</i> Elmiligy, 1968
12. 埃塞俄比亚根结线虫	<i>M. eihopica</i> Whitehead, 1968
13. 短小根结线虫	<i>M. exigua</i> Goeldi, 1887
14. 拟禾本科根结线虫	<i>M. graminicola</i> Golden and Birchfield, 1965
15. 禾本科根结线虫	<i>M. graminis</i> (Sledge and Golden, 1964) Whitehead, 1968
16. 北方根结线虫	<i>M. hapla</i> Chitwood, 1949

-
17. 南方根结线虫 *M. incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949
 18. 印度根结线虫 *M. indica* Whitehead, 1968
 19. 无饰根结线虫 *M. inornata* Lordello, 1956
 20. 爪哇根结线虫 *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949
 21. 吉库尤根结线虫 *M. kikuyensis* de Grisse, 1960
 22. 基氏根结线虫 *M. kirjanovae* Terenteva, 1965
 23. 海岸根结线虫 *M. litoralis* Elmiligy, 1968
 24. 洛得洛根结线虫 *M. lordelloi* de Ponte, 1969
 25. 勒克瑙根结线虫 *M. lucknowica* Singh, 1969
 26. 苹果根结线虫 *M. mali* Itoh, Ohshima and Ichinohe, 1969
 27. 巨大根结线虫 *M. megadora* Whitehead, 1968
 28. 玛格瑞根结线虫 *M. megriensis* (Poghossian, 1971). Change in spelling according to Tarjan and Hopper, 1974
 29. 小突根结线虫 *M. microtyla* Mulvey, Townshend and Potter, 1975
 30. 纳西根结线虫 *M. naasi** Franklin, 1965
 31. 葛藤根结线虫 *M. ozeifae* Elmiligy, 1968
 32. 藕草根结线虫 *M. ottersoni* (Thorae, 1969) Franklin, 1971
 33. 卵形根结线虫 *M. ovalis* Riffle, 1963
 34. 波氏根结线虫 *M. poghossianae* Kirjanova, 1963⁴⁾
 35. 透明根结线虫 *M. spartinae* (Rau and Fassuliotis, 1965) Whitehead, 1968
 36. 塔吉克根结线虫 *M. tadshikistanica* Kirjanova and Ivanova, 1965
 37. 泰晤士根结线虫 *M. thamesi* Chitwood, 1952, in Chitwood, Specht and Havis
-

1) 到 1977 年 1 月 1 日为止。

2) 刊登在 1959 年 12 月的《线虫学》4(4): 272—278 页, 但直到 1960 年 1 月 15 日才出版。参看“线虫学刊物日期”, 《线虫学》6(1): 88 页, 1961。

3) 于 1968 年出版。参看原版《线虫学》13(1967): 593—598 页 (1968 年出版)。

4) *Species inquirenda*.

* 译者注: “naasi”为 National Agricultural Advisory Service 的缩写。

的种大多是有理由肯定了的。根据分布和对作物的危害性这些种依次为：南方根结线虫、爪哇根结线虫、北方根结线虫和花生根结线虫。

(二) 根结线虫属种的分类学

不幸，根结线虫属的分类学是混乱的，这主要因为鉴定种较困难。Triantaphyllou 和 Hussey (1973) 讨论过这个问题，“指出形态学和解剖学的研究还不足以解释属中各个种之间的亲缘关系。形态特征并没有提供在根结线虫属中如何构成种的明确标准。近期的试验和细胞学的研究证明许多根结线虫属的成员是进行孤雌生殖的(Triantaphyllou, 1970)。这意味着“生物种”的概念不适用于根结线虫属，至少不是有一定的了解。”仅有一个来自北卡罗来纳未描述的种是已知唯一必须进行两性繁殖的。还有少数的种是兼具两性繁殖和减数分裂孤雌生殖的。生物种的概念的确仅仅适用于那些有两性繁殖的种，并没有再多一点的理论含义。对已知的种必须确定其是否有两性繁殖。

南方根结线虫、爪哇根结线虫和花生根结线虫的孤雌生殖是有丝分裂类型，北方根结线虫有时也属这个类型，在卵子发生期没有减数分裂；当卵母细胞成熟时保持着营养细胞染色体 ($2n$) 的数目。孤雌生殖是专性的。由于对进行孤雌生殖的有机体没有一个明确的种的概念，所以种作为一个统一体是以形态学、在某种程度上以寄主反应为基础的。从实践的观点看，田间居群大多属于这些进行孤雌生殖的种，而这些居群存在着具有分类学意义的某些共同特征。这一属染色体数量的基数是 18，但也发现北方根结线虫的一些类群具有单倍染色体的数目即 $n = 15, 16$ 和 17 。爪哇根结线虫体细胞的染色体数量是 $2n = 43, 44, 46$ 和 48 。花生根结线虫的是