

昆虫线虫学

鲍学纯 编著

武汉大学出版社



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

昆虫线虫学

鲍学纯 编著

武汉大学出版社

前 言

图书在版编目 (CIP) 数据

昆虫线虫学/鲍学纯编著. —武汉: 武汉大学出版社, 1996. 9
ISBN 7-307-02284-2

I. 昆…
I. 鲍…
II. 昆虫线虫学
IV. Q959. 17

武汉大学出版社出版发行

(430072 武昌 珞珈山)

武汉汽车工业大学印刷厂印刷

1996年9月第1版 1996年9月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 11.75

字数: 305千字 印数: 1—1000

ISBN 7-307-02284-2/Q·56 定价: 15.00元

昆虫线虫学是研究寄生于昆虫的线虫的形态、分类及发生规律的科学。它是昆虫病理学的一个分支。不少寄生于昆虫的线虫,可引起重要的农业、林业和医学昆虫不育或死亡,在自然界对害虫有良好的控制作用,因此具有巨大的生防潜力。我国地域辽阔,地形复杂,气候多样,昆虫线虫资源极为丰富。但解放前在昆虫线虫领域的研究还是个空白,解放后有些零星报道。直到70年代以后,国内才有少数单位在此领域做了些有益的工作,有了可喜的进展。总体说来,昆虫线虫领域基础薄弱,资料匮乏,影响了此领域的教学、科研水平及植保人员、卫生防疫人员的工作。随着环境保护和生物防治工作的发展,昆虫线虫也日益为人们所重视。为了普及昆虫线虫学的基础知识,引起人们对昆虫线虫的重视和研究的兴趣,满足大专院校教学、科研工作及广大基层科技人员的需要,编者结合自己多年来的教学、科研经验,编写了此书。

本书兼顾基础与应用两个方面。对索科、斯氏线虫科、异小杆线虫科等昆虫线虫的形态、分类、生物学特性、宿主范围、培养及应用等作了比较全面的介绍,力求反映国内外学者在此领域的研究成果。若本书能在我国昆虫线虫的教学、科研及为国民经济服务方面,起到抛砖引玉的作用,编者将倍感欣慰。

本书可供大专院校生物系师生使用,也可供农业、林业、医学科技工作者参考。

在编写过程中,得到华中师范大学生命科学学院领导的关怀与支持;汪义慰教授、陈国生、骆启桂、木治平等副教授,以及胡世锡、王国秀、罗大民、李国强等同志和闫云君、代颢硕士给予大力帮助;华中师范大学昆虫研究所陈曲侯教授、华南农业大学王国汉教

授及中国科学院水生生物研究所伍惠生副研究员提供部分资料;
李国强和罗大民同志绘制插图,在此向他们表示衷心感谢。

限于编者水平,书中难免有缺点与不妥之处,敬请专家、读者
批评指正。

编著者

1995年9月

于华中师范大学

目 录

第一篇 昆虫线虫的类群.....	(1)
第一章 绪论.....	(1)
第一节 昆虫线虫与人类的关系.....	(3)
第二节 昆虫和线虫的关系.....	(7)
第三节 昆虫线虫的类群.....	(9)
第二章 索科线虫(Mermithidae)	(15)
第一节 索科线虫的特征	(15)
第二节 索科线虫的结构	(23)
第三节 索科线虫寄生前期幼虫的分类	(54)
第四节 索科线虫性状的变异和系统发生	(64)
第五节 索科线虫的生物学特性	(69)
第六节 索科线虫的体外培养	(82)
第三章 其他昆虫线虫.....	(100)
第一节 四分体线虫科(Tetradonematidae)	(100)
第二节 双胃科(Diplogasteridae, 异名 Micoletzky)	(106)
第三节 小杆科(Rhabditidae)	(115)
第四节 斯氏线虫科(Steinernematidae)	(118)
第五节 异小杆线虫科(Heterorhabditidae)	(169)
第六节 新垫刃科(Neotylenchidae)	(178)
第七节 腊肠线虫科(Allantonematidae)	(183)
第八节 翻宫科(Sphaerulariidae)	(189)

第二篇 寄生于重要的农业、林业、医学昆虫的线虫..... (193)

第四章 寄生于蚊虫的索线虫..... (193)

第一节 寄生于蚊虫的索线虫的研究简史..... (193)

第二节 寄生于蚊虫的索线虫的分类..... (197)

第三节 寄生于蚊虫的索线虫的生物学特性..... (218)

第四节 寄生于蚊虫的索线虫的培养..... (237)

第五节 寄生于蚊虫的索线虫的应用..... (241)

第五章 寄生于鳞翅目的索线虫..... (251)

第一节 寄生于鳞翅目的索线虫的分类..... (252)

第二节 寄生于鳞翅目的索线虫的生活史及生物学特性
..... (259)

第三节 六索线虫的发生规律..... (264)

第四节 六索线虫的人工感染、采集和室内培养 (269)

第五节 寄生于鳞翅目的索线虫的保护、利用及防治
..... (273)

第六章 寄生于同翅目的索线虫..... (276)

第一节 寄生于同翅目的索线虫的分类..... (277)

第二节 寄生于同翅目的索线虫的生物学特性..... (281)

第三节 寄生于同翅目的索线虫的保护、利用 (286)

第七章 寄生于直翅目的索线虫..... (288)

第一节 寄生于直翅目的索线虫的分类..... (288)

第二节 寄生于直翅目的索线虫的生物学特性..... (296)

第三节 寄生于直翅目的线虫的生防潜力..... (305)

第八章 寄生于蚋的索线虫..... (308)

第一节 寄生于蚋的索线虫的分类..... (309)

第二节 寄生于蚋的索线虫的生物学特性..... (324)

第三节 寄生于蚋的索线虫的培养与生防潜力..... (331)

第九章 寄生于小蠹虫的线虫..... (336)

第一节 有关小蠹虫的线虫的研究简史..... (336)

第二节 寄生于小蠹虫的线虫的分类..... (337)

第三节 寄生于小蠹虫的线虫的生物学特性..... (340)

第四节 线虫对小蠹虫的病理影响..... (347)

第五节 寄生于小蠹虫的线虫的生防潜力..... (348)

参考文献..... (350)

第一篇 昆虫线虫的类群

第一章 绪 论

线虫动物门(Nematoda)是动物界中种类和数量众多的类群,它们生活在多种多样的环境中,与人类关系十分密切。除自由生活的种类外,寄生种类又可分为植物寄生线虫、人体寄生线虫、脊椎动物寄生线虫和无脊椎动物寄生线虫等,后者能寄生于昆虫、蜘蛛、环节动物、甲壳类和蜗牛体内。本书仅讨论寄生于昆虫的线虫。

昆虫线虫(又称虫生线虫)是一个基础薄弱的研究领域。虽然其历史可追溯至 17~18 世纪,但当时昆虫线虫仅有个别报道。Aldrovandi(1623)发现长蠕虫从将死的蝗虫体内脱出,除化石种类外,这很可能是有关昆虫线虫的最早记载。Lister(1671)在菜园的植株上也发现了类似的蠕虫。Reaumur(1742)描述了一种昆虫线虫,即后来由 Dufour(1837)定名的寄生于熊蜂的邦甫翻宫线虫(*Sphaerularia bombi*)。Gould(1747)描述了寄生于黄土蚁(*Lasius flavus*)的线虫。19 世纪至 20 世纪中叶,此领域的研究有了一定的发展。瑞典学者 Rudolphi(1819)在其专著中记录了 11 属 350 种线虫,被人们誉为“蠕虫学之父”。Dujardin 为法国的昆虫线虫研究的前驱,1842 年他根据寄生于蝗虫的索线虫建立了索线虫的第一个属索属(Mermis),描述了该属模式种黑色索线虫(*M. nigrescens*)。Hagmeier(1912)关于中欧索线虫分类的经典著作问世,为索科线虫的分类学奠定了基础,直至今日该书的某些方面仍不可超越,甚至其绘图和描述也没有失去价值。前苏联学者 Filipjev 根据自己

多年研究的心得,综合前人零散的资料,1934年用俄语出版了《农业中的有益和有害线虫》专著,该书后来被译成法、英等语种。Filipjev的工作为昆虫病原线虫的研究和发展奠定了基础,有“昆虫线虫之父”的美称。美国学者Christie(1936)关于寄生于蝗虫的脱尾多索线虫(*Agamermis decaudata*)生活史的研究,被视为经典之作。美国学者Glaser是第一个发现斯氏线虫生防潜力的人。1932年他研究了格氏线虫的成批培养技术,并首次创造性地研究了格氏线虫的离体培养及现场应用效果。近40年来,随着人们对生物防治工作的重视,昆虫线虫的研究在其广度和深度上发展较迅速。在分类领域贡献较突出的有:Wachek(1955)在描述33个垫刃属线虫(*Tylenchus*)新种和7个滑刃属线虫(*Aphelenchoides*)新种的基础上建立了一个自然的分类体系。Welch(1959)研究了寄生于果蝇属(*Drosophila*)的寄生垫刃线虫(*Parasitylenchus diplogenus*)复杂的分类学和生活史。Rühm(1956)对寄生于棘胫小蠹的线虫分类作了出色的工作。他描述了1个新科、2个新亚科、5个新属、7个新亚属、78个新种和4个新亚种,并研究了部分线虫的生活史。Nickle(1967)研究了翻宫线虫科(*Sphaerulariidae*)22个属中的15个属的典型标本,并提出了该科的一个新分类系统。他还描述了3个索线虫新属。前苏联学者Rubzov在索科(*Mermithidae*)线虫分类方面描述了20个新属和几十个新种。他的3本著作《苏联水生索线虫区系》1卷(1972)、2卷(1974)与《索线虫——起源、生物学和分布》(1977)以及《索科线虫——分类·作用·应用》(1978)已被译成了英语。其中第3本1991年由潘沧桑翻译出版了中译本。Poinar在昆虫线虫领域有较深入的研究,除发表了大量论文之外,于1975年和1979年分别出版了两本著作。Gaugler1990年出版了《生防中的昆虫病原线虫》一书。以上成果促进了昆虫线虫领域的研究。在众多的昆虫线虫中,近二三十年来最活跃的研究领域是寄生于蚊虫的食蚊罗索线虫(*Romanomermis culicivorax*)和寄生于多种害虫的斯氏线虫科

(*Steinernematidae*)的线虫。学者对它们进行了较系统而全面的基础和应用研究,包括形态、分类、生物学特性、生态、生理、生化、体内及体外培养、商品化生产和现场应用等,并取得了显著成果。随着生产和环境保护的需要,以及交叉学科和新技术的应用,昆虫线虫的研究已逐渐成为生物科学中一门新型的边缘学科——昆虫线虫学。

第一节 昆虫线虫与人类的关系

昆虫线虫在环境中较好的生存和扩散能力,侵袭昆虫后不少种类可使宿主不育和死亡。当条件适宜时,可在害虫中引起流行病,人们可利用线虫控制害虫的发生。而且具有对人畜安全,不污染环境,分布广泛等优点。Rubzov(1960)发现在前列宁格勒的一条河中,吸血银蚋(*Simulium argyreatum*)的幼虫被厌蚋胃索线虫(*Gastromermis boophthorae*)或梅卢西纳中索线虫(*Mesomermis melusinae*)感染,寄生率几乎达100%,以至于随后的两年内银蚋种群在该孳生地消失。小卷蛾线虫美国品系(DD-136)具广谱性,宿主达数百种。该线虫侵入宿主后,体内释放的共生菌在宿主体腔内繁殖,使宿主患败血症,于24~48小时内死亡。特别是近20年来人工廉价培养基的研制成功,更显示了斯氏线虫广阔的应用前景。美国、加拿大、澳大利亚等国已有DD-136的商品生产。该线虫已广泛用于农、林害虫的防治,创造了可观的经济效益和生态效益。这在滥用化学杀虫剂的弊端日显突出的今天显得尤为可贵。

但昆虫线虫也有有害的一面。当线虫寄生于益虫时,则可带来巨大的经济损失,如我国因六索线虫属(*Hexamermis*)和两索线虫属(*Amphimermis*)寄生而引起的柞蚕线虫流行病。据魏成贵等1979年调查,该病在辽宁省有16个县流行,受害蚕场面积14万公顷,线虫寄生率一般为50%~60%,严重的达90%以上,造成粒

茧不收,每年柞蚕茧减产10万担。此病在吉林、山东、河南、贵州等部分柞蚕放养区均有发生,现已研究出控制柞蚕线虫流行病的有效方法。可见昆虫线虫不仅在基础理论的研究上有重要意义,而且与经济建设关系极为密切。我们既要利用昆虫线虫有利的一面,又要克服其有害的一面,这些都离不开对该类群进行全方位的研究。昆虫线虫种类繁多,据 Poinar(1975,1983)和 Nickle(1984)统计,已知昆虫线虫与昆虫的联系种类数在3 000种以上,可寄生于约20个目的数千种昆虫(表1—1、图1—1和图1—2)。国内外学者在此领域虽已作了不少开拓性工作,但昆虫线虫仍然是基础薄弱的研究领域,且发展很不平衡,尚有巨大的研究和开发潜力,已受到有识之士的日益重视。

表1—1 已知昆虫宿主与线虫联系数目

宿主所属目	线虫联系数目
鞘翅目 Coleoptera	1 472
弹尾目 Collembola	8
革翅目 Dermaptera	9
双尾目 Diplura	3
双翅目 Diptera	702
纺足目 Embioptera	2
蜉蝣目 Ephemeroptera	13
半翅目 Hemiptera	38
膜翅目 Hymenoptera	184
等翅目 Isoptera	19
鳞翅目 Lepidoptera	232
脉翅目 Neuroptera	1
蜻蜓目 Odonata	6
直翅目 Orthoptera	393
虱目 Phthiraptera = Anoplura	7
蚤目 Siphonaptera	45
枯翅目 Strepsiptera	1
缨翅目 Thysanoptera	6
毛翅目 Trichoptera	1
	3 142

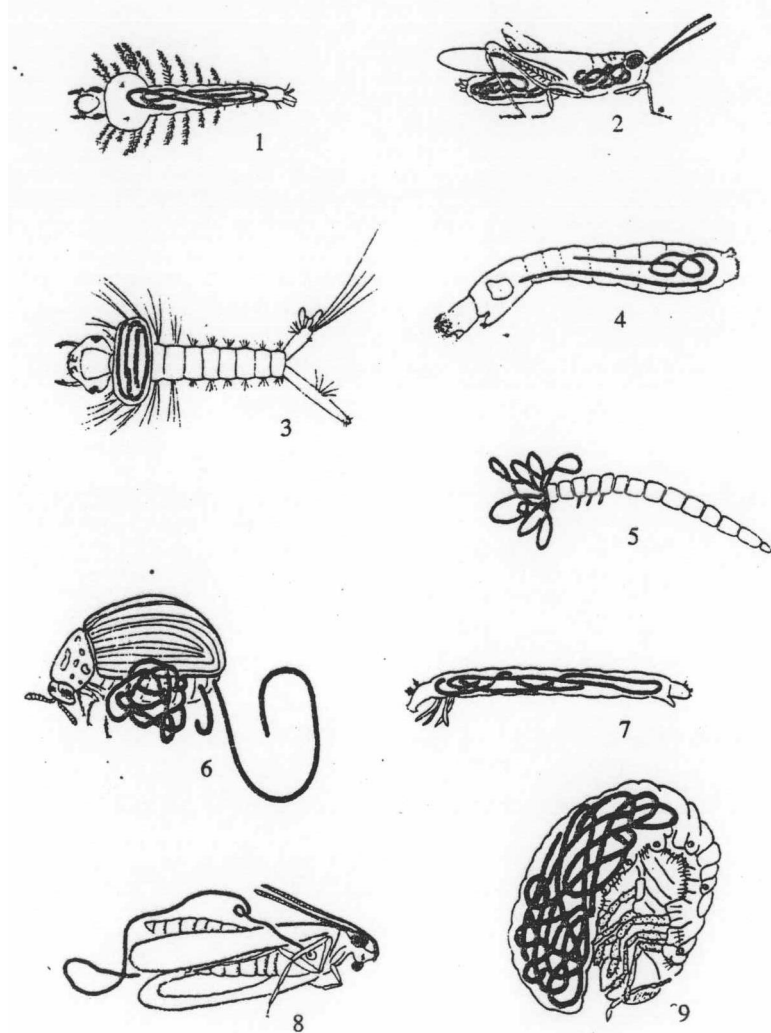


图1—1 被索科线虫寄生的部分昆虫(依 Nickle)

1. 按蚊幼虫 2. 蝗虫 3. 库蚊幼虫 4. 蚋幼虫 5. 金针虫
6. 马铃薯甲虫 7. 蝶幼虫 8. 苹食果巢蛾 9. 六月鳃角金龟蛴螬

第二节 昆虫和线虫的关系

线虫与昆虫的关系多种多样,一般可归纳为三种类型。

一、携带关系 (phoretic relationship)

携带是昆虫与线虫之间最常见的关系,昆虫仅仅作传播线虫的工具,两者常栖息在同样的小生境中,通常由昆虫将休眠期的线虫从一栖息地带到另一栖息地。线虫可附在昆虫体表,如甲虫的鞘翅、腹部或蝇足上。线虫亦可发生在昆虫体内,如两性的生殖腔、气管、腺体或马氏管里。小杆科、双胃科、头叶科、真滑刃科、滑刃科、矛线科、新垫刃科、垫刃科等中的某些种类与昆虫皆为携带关系(表1—2)。昆虫在这些线虫的传播中起重要作用。一般来说,携带关系中线虫不伤害昆虫,往往容易被人们忽视,但有时却可给人类带来巨大的经济损失。最突出的例子是通过沟胫天牛属(*Monochamus*)的天牛携带钝尾伞滑刃线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)引起的松材线虫病,在一个严重毁坏的森林中,每个被感染的天牛气管中钝尾伞滑刃线虫的休眠幼虫平均为1.5万条,最多的达23万条。严重发生时,75%以上的交替沟胫天牛(*M. alternatus*)都携带线虫,虽然线虫对天牛本身不造成伤害,但线虫随着天牛取食的树皮伤口侵入树体,然后沿着树脂导管分散到树干、枝、根等处,以5天一代的速度大量繁殖,堵塞树木的输导组织,阻碍树脂渗出,使针叶变黄,全树枯死。该病于1971年后几乎席卷日本各地;美国1979年后松材线虫病已遍布33个州,为害21种松树;在法国、意大利、德国、朝鲜以及我国的14个省市都有分布。

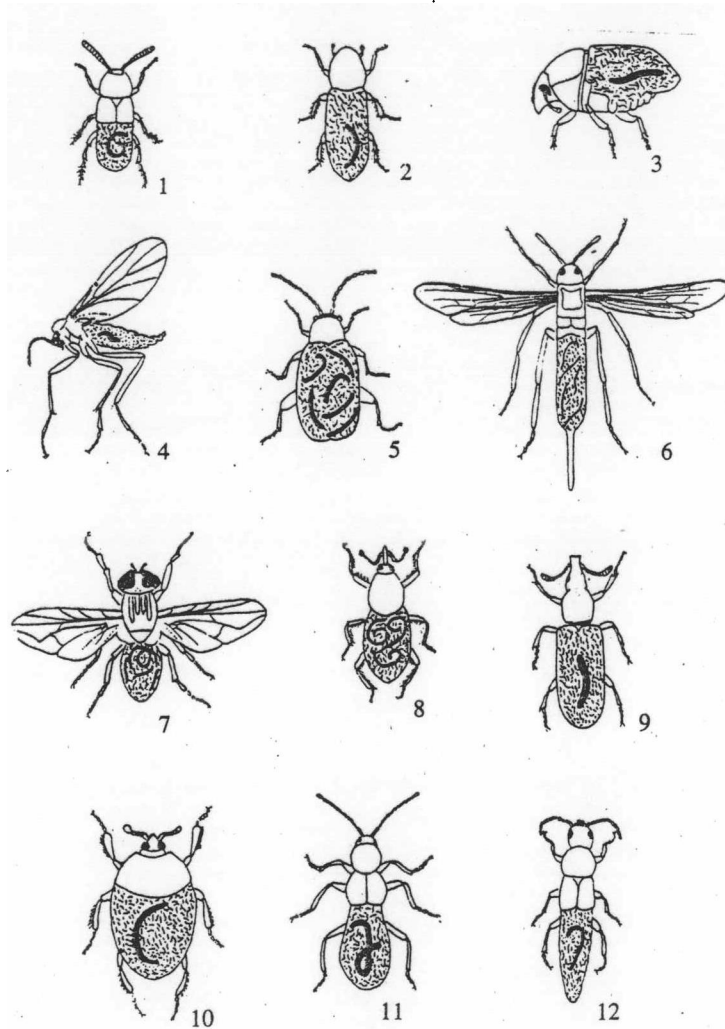


图1—2 被翻宫属线虫 *Sphaerularia* 和内真滑刃属线虫

Entaphelenchus 寄生的部分昆虫 (依 Nickle)

1. 隐翅虫 2. 松根小蠹 3. 皱纹棘胫小蠹 4. 草蚊
5. 黄瓜黑头叶甲 6. 树蜂 7. 秋家蝇 8. 椰棕象甲 9. 阔鼻小蠹
10. 阎虫 11. 隐翅虫 12. 隐翅虫

表 1—2 昆虫线虫与昆虫联系的类型

线 虫 科	昆虫联系的类型
腊肠线科 Allantonematidae	专性
真滑刃科 Aphelenchidae	携带
滑刃科 Aphelenchoididae	携带, 兼性
步甲线科 Carabonematidae	专性
头叶科 Cephalobidae	携带
Chambersiellidae	携带
筒体科 Cylinurocorporidae	携带
双胃科 Diplogasteridae	携带, 兼性, 专性
矛线科 Dorylaimidae	携带
内真滑刃科 Entaphelenchidae	专性
丝虫科 Filariidae	专性
异小杆线虫科 Heterorhabditidae	专性
索 科 Mermithidae	专性
单齿科 Mononchidae	携带
新垫刃科(拟茎科) Neotylenchidae	携带, 兼性
尖尾科 Oxyuridae	专性
全凹线科 Panagrolaimidae	携带, 兼性
绕线科 Plectidae	携带
小杆科 Rhabditidae	携带, 兼性, 专性
旋尾科 Spiruridae	专性
翻宫科 Sphaerulariidae	专性
斯氏线虫科 Steinernematidae	专性
锥尾科 Subuluridae	专性
比翼科 Syngamidae	携带, 兼性
食蚜蝇线虫科 Syrphonematidae	专性
四分体线虫科 Tetradonematidae	专性
Thelastomatidae	专性
垫刃科 Tylenchidae	携带

二、兼性寄生 (facultative parasitism)

兼性寄生线虫除寄生于昆虫外,还保留了在昆虫体外的环境中完成生活史的能力。它们能在昆虫的体腔、肠、马氏管、咽腺、气管和粘液腺内找到,并从中吸取宿主的营养。但当找不到宿主时,它们又可以真菌、细菌等为生。兼性寄生的有小杆科、全凹线科、双胃科、滑刃科、新垫刃科和比翼科中的种类(表 1—2)。不同种类的兼性寄生线虫对宿主的损害差异很大,其中如小杆属、双胃属中的部分线虫可以杀死宿主。

三、专性寄生 (obligate parasitism)

昆虫专性寄生线虫吸取宿主的营养,必须依赖宿主才能完成生活史。这些线虫通常发生在宿主的体腔内,如索科、斯氏线虫科、异小杆线虫科、四分体线虫科、腊肠线科、翻宫科和内真滑刃科等;有些寄生在肠内,如双胃科、尖尾科。以上线虫的特点是它们的发育仅需一个宿主即可完成生活史,称为单主寄生(monoxenous)。在专性寄生中另一类为异主寄生(heteroxenous),它们利用昆虫作为中间宿主,包括锥尾科、旋尾科和丝虫科的种类,前两者常在中间宿主的肌肉和脂肪组织中发育至感染期,也可在肠和生殖系内找到,一般不引起宿主行为和形态上的改变,常被人们忽略。丝虫在中间宿主的脂肪体、肌肉或马氏管中开始它们的发育,当发育至感染期幼虫时,常在宿主的头部或体腔内发现,在一定情况下,特别是当微丝蚴多时,对宿主的内脏组织可造成某些危害。

第三节 昆虫线虫的类群

寄生于昆虫的线虫涉及到 10 总科。10 总科线虫分别为小杆总科(Rhabditoidea)、垫刃总科(Tylenchoidea)、真滑刃总科

(Aphelenchoidea)、圆线总科(Strongyloidea)、尖尾总科(Oxyuroidea)、旋尾总科(Spiruroidea)、丝虫总科(Filarioidea)、翻胃总科(Sphaerularioidea)、双胃总科(Diplogasteroidea)和索总科(Mermithoidea)。前9总科属于尾感器纲(Phasmodia)或有侧尾腺纲(Secernentea),第10总科属于无尾感器纲(Aphasmodia)或无侧尾腺纲(Adenophorea)。上述线虫大约与20个目的数千种昆虫联系(表1-1)。不同的线虫类群对宿主的致病作用有差异,如寄生于昆虫体腔的索线虫,吸取宿主的营养,并引起宿主一系列病理变化,以及脱出时造成宿主体壁穿孔,使宿主体液大量流失,加速宿主死亡。斯氏线虫和异小杆线虫进入宿主体腔后,释放共生细菌,导致宿主在24~48小时内患败血症而死亡。但有的线虫则对宿主仅造成轻微危害。可见它们的经济重要性有明显的区别。

与人体寄生线虫及动物寄生线虫相比,昆虫线虫领域的研究,近40年来才有了较显著的发展,但基础薄弱,发展潜力巨大。我国昆虫线虫领域的研究在解放前几乎是空白。自70年代以来,国内学者在对寄生于农、林、医学昆虫的索线虫、斯氏线虫和异小杆线虫的研究方面,取得了可喜的进步。但我国在这方面投入的人力和物力很少,研究工作还刚起步。分类学是昆虫线虫领域研究工作的基础,以索科线虫为例,我国已报道的仅8属,只占世界索线虫已知属数的1/8。我国地域辽阔,地形复杂,气候多样,丰富的昆虫线虫资源亟待人们去研究。在已有基础上应加强对昆虫线虫的分类、生物学特性、线虫与昆虫宿主的关系以及培养及应用等方面的研究,掌握其发生规律,才能更有效地利用或控制它们。另外也需应用新技术,不断向新的研究领域拓展,如昆虫线虫的亚显微结构、生态、生理生化和分子生物学等。随着昆虫线虫学研究的深入,它在推动农业科学和医学的发展及保护环境等方面,将显示出强大的生命力,并受到人们高度重视。

附录 寄生于昆虫的线虫(目和科)检索表(Poinar, 1979)

1. 异主寄生,利用昆虫作为中间宿主。仅幼虫期存在于宿主里(很少线虫,如杆斗属线虫 *Rhabdochona* 可在昆虫宿主里发育到成虫期);线虫常被宿主组织围绕或在宿主细胞内,很少游离在肠道内。很少有口针。食道通常缺瓣 2
1. 单主寄生,利用昆虫作为唯一的或终末的宿主。只有幼虫期或幼虫及成虫期存在于宿主里;线虫常常游离在肠或体腔内,不被宿主组织围绕。口针存在,特别是感染期;若缺乏口针,则在食道的中部或基球处通常有一瓣(可以退化);若口针和食道瓣都缺乏,则食道由薄的角质管或肌肉组织(无腺的部分)组成。幼虫或幼虫及成虫分别在宿主内产生 3
2. 食道由肌肉和腺的部分组成。直肠细胞常突出。充分发育的幼虫的食道基部缺瓣 旋尾目 *Spirurida*
2. 食道仅由肌肉组织组成。直肠细胞缺乏或减少,若突出的直肠细胞存在,则第三期幼虫食道基部有瓣 蛔目 *Ascaridida* 6
3. 口针通常存在,至少在感染阶段。幼虫或幼虫及成虫线虫产生于活宿主的体腔内(很少在肠内)。若口针缺乏,则成虫期也发生于宿主内 4
3. 口针缺乏。仅幼虫产生于活宿主体腔内。幼虫和成虫可产生于活宿主的肠里或死昆虫的体腔内 5
4. 食道由一个带有列体(*Stichosome*)(在寄生阶段早期看得最清楚)或细胞四分体(*tetrad of cells*)的狭长管子组成。离开宿主阶段通常延长并呈线状。精巢一对。感染期幼虫有口针 咀刺目 *Enoplida*, 索总科 *Mermithoidea* 7
4. 食道不由一个带有列体或细胞四分体的狭长管子组成。离开宿主阶段虫体不延长,也不呈线状。精巢单个。感染期雌虫有口针 垫刃目 *Tylenchida* 8

5. 成虫及幼线虫产生于活昆虫肠内。线虫食道有一个基球瓣
..... 尖尾目 Oxyurida
5. 成虫和幼线虫产生在活或死昆虫的体腔内;通常只有幼虫产生在肠内。若幼虫和成虫都产生在消化道里,则仅仅中食道球有瓣 小杆目 Rhabditida 12
6. 成熟的第三期幼虫食道有基球瓣
..... 锥尾总科 Subuluroidea, 锥尾科 Subuluridae
6. 幼虫期食道缺乏基球瓣
..... 修拉总科 Seuratoidea, 修拉科 Seuratidae
7. 线虫呈线状,体长一般超过 1cm。仅幼虫存在于宿主里
..... 索科 Mermithidae
7. 线虫不呈线状,体长一般在 1cm 以下。幼虫和成虫都产生在宿主内,可交配,产卵,但卵在活宿主内不能孵化
..... 四线科 Tetradonematidae
8. 中食道球含有背食道腺开口。有 3 个食道腺
..... 滑刃总科 Aphelenchoidea 9
8. 中食道球缺乏;若有,则不含有背食道腺开口。有 2 或 3 个食道腺 10
9. 成熟的寄生雌虫产卵于宿主体腔内
..... 内真滑刃科 Entaphelenchidae
9. 只有幼虫期同宿主联系;可发生在宿主的马氏管、气管、肠或体腔内 滑刃科 Aphelenchoididae
10. 自由生活期线虫仅仅在食道中段有两个食道腺开口。大的膨胀的寄生雌虫有一外翻的子宫;若不外翻,则幼虫能在母线虫体内成熟和繁殖
..... 翻宫总科 Sphaerularioidea, 翻宫科 Sphaerulariidae
10. 自由生活期线虫有 3 个食道腺,背腺在口针下方开口。大的膨胀的寄生雌虫无外翻的子宫(除了寄生在棘脰小蠹的 *Spherulariopsis*) 11

- 新垫刃总科 Neatylenchoidea 11
11. 自由生活的雌虫有两种类型:一种能确定有一个食真菌的周期;另一种寄生于昆虫 新垫刃科 Neatylenchidae
11. 自由生活雌虫仅一种类型,雌虫只能感染昆虫;没有以真菌为食的世代 腊肠线科 Allantonematidae
12. 中食道球有一瓣;基球腺无瓣。发生在昆虫的肠或体腔中
..... 双胃科 Diplogasteridae
12. 食道基部有一瓣(有时退化) 13
13. 所有发育阶段都发生在活昆虫肠道内。基球瓣常减小
..... 14
13. 常在活或死昆虫的体腔内;至多只有幼虫存在于活昆虫的肠道里。基球瓣不减小 15
14. 食道无基球。发生在食蚜蝇成虫肠道内
..... 食蚜蝇线虫科 Syrphonematidae(只有一种 *Syrphonema intestinalis*)
14. 食道有一基球。发生在甲虫肠道内 ... 小杆科 Rhabditidae
15. 成虫和幼虫发现于活步甲内。雄虫有一个由顶端肿胀乳突支撑的交合伞
..... 步甲线虫科 Carabonematidae(只有一种 *Carabonema hasei*)
15. 未在活步甲内发现。若有交合伞,则不由顶端肿胀的乳突支撑 16
16. 基球瓣减小。在被随感染期线虫传入的特种细菌杀死的昆虫内繁殖 17
16. 基球瓣明显。在活或死昆虫内繁殖;有时仅仅幼虫产生在宿主里 18
17. 雄虫有交合伞。繁殖雌虫有一长而尖的尾
..... 异小杆科 Heterorhabditidae(仅含异小杆属 *Heterorhabditis*)
17. 雄虫无交合伞。繁殖雌虫的尾短而钝
..... 斯氏线虫科 Steinernematidae

18. 幼线虫偶然在昆虫体腔内发现。雌成虫有单个卵巢,卵巢延伸到阴门开口的后部分 全凹线科 Panagrolaimidae
18. 幼虫或幼虫及成虫产生于昆虫的不同部位(体腔、马氏管、头腺、粘腺、交配囊、子宫) 小杆科 Rhabditidae

第二章 索科线虫 (Mermithidae)

在寄生于昆虫的各类线虫中,索科线虫(Mermithidae)的种类可能最多;Rauther(1930)估计有 40 属;Poinar(1975)统计已报道的索科线虫有 50 属;Rubzov(1978)在《索科线虫——分类·作用·应用》一书中记录了 65 属(其中依据幼虫描述的有 9 属,依据雌虫描述的有 3 属,仅依据雄虫描述的有 7 属);Maggenti(1981)统计该科有 60 属。后来世界各地又报道了若干新属。1994 年作者统计该科已报道的共 80 余属,但其中有的描述依据不足(仅根据单性标本或幼虫期),故依据充分的仅 60 余属。

索科线虫分布很广。它们寄生后对昆虫有极显著的影响,使昆虫发育受阻,雌虫不育,最终导致宿主死亡。即使昆虫体内仅有一条索科线虫寄生,宿主亦会死去。寄生率即等于死亡率。但它们对人畜安全,不污染环境,故研究索科线虫在基础理论和应用上都有非常重要的意义。

第一节 索科线虫的特征

寄生于昆虫的线虫分别属于 28 科,索科线虫仅仅是其中的类群之一。索科线虫有别于其他虫生线虫的特征概括如下:仅幼体阶段直接寄生于昆虫体腔中,不寄生于宿主肠道、马氏管及生殖腺等器官里。寄生对象主要为昆虫,此外陆生腹足纲、蜘蛛体内亦有索科线虫寄生。其形态特征是:(1)体细长线形,大多数乳白色,一般体长 10~20 cm,可长达 40 cm 以上;(2)角皮光滑,交叉纤维明显或不明显;(3)皮下索多为 6 条或 8 条,4 条(四倍索线虫属

Quadrimermis)及2条(如十索线虫属 *Decamermis*)的少见;(4)成虫有头乳突6个,少数为4个(如异索线虫属 *Allomeremis*, 负索线虫属 *Pheromeremis*)或10个(如十索线虫属);(5)食道肌肉退化,仅由两层细胞构成一狭窄管道。寄生期、寄生后期及成虫期食道与肠的联系消失,肠道充满贮备物,称为滋养体。食道长度可达体长的1/3至9/10;(6)两性均具管状生殖器官,雌虫阴门在体中部附近。雄虫泄殖腔位于体后端。交合刺2根,少数种为1根;(7)寄生前期幼虫具口针,有索线虫幼虫固有的裂体细胞;(8)寄生后期幼虫有或无尾附器。

附录1 索科线虫分属检索表 (Poinar, 1979)

1. 寄生后期幼虫和成虫有2个唇乳突和4个头乳突。寄生后期幼虫缺尾附器 索属 *Mermis*
1. 寄生后期幼虫和成虫无上述头乳突排列。寄生后期幼虫常有一尾附器;少数有一疤痕(如多索线虫属 *Agamermis*)或无尾附器(如负索线虫属 *Pheromeremis* 和中索线虫属 *Mesomeremis* 中的某些种) 2
2. 寄生后期幼虫和成虫有2个唇乳突和6个头乳突 新索线虫属 *Neomeremis*
2. 寄生后期幼虫和成虫无唇乳突 3
3. 仅具2个头乳突* 直索线虫属 *Orthomeremis*
3. 有4或6个头乳突 4
4. 仅具4个头乳突 5
4. 具6个头乳突 7
5. 阴道直,桶形。成虫角皮缺交叉纤维(头端和尾端最明显)。发现于水生昆虫 假索线虫属 *Pseudomeremis*(四索线虫属 *Tetrameremis*)

* 实为两个大头乳突,尚有6个较小乳突。

5. 阴道V形或S形。成虫角皮具交叉纤维。发现于陆生昆虫 6
6. 阴道垂直于身体纵轴。8皮下索。卵被微小突起覆盖 异索线虫属 *Allomeremis*(鳃角金龟索线虫属 *Melolonthinimermis*)
6. 阴道与体纵轴平行。6皮下索。卵表无微小突起 负索线虫属 *Pheromeremis*
7. 成虫角皮具交叉纤维。通常寄生于陆栖昆虫 8
7. 成虫角皮缺交叉纤维。通常寄生于水生昆虫 17
8. 缺雄虫。阴道直,桶形。阴门具两个宽唇 膜索线虫属 *Tunicameremis*
8. 有雄虫。阴门不被两个宽唇围绕 9
9. 雄虫具单一的交合刺。寄生于水生昆虫 10
9. 雄虫具成对的交合刺。寄生于陆生和水生昆虫 11
10. 有6皮下索 副索线虫属 *Paramermis*
10. 有8皮下索 真索线虫属 *Eumermis*
11. 交合刺长度中等或长,超过尾径2倍 12
11. 交合刺短,小于尾径2倍 14
12. 交合刺扭绕。阴道S形 两索线虫属 *Amphimermis*(复索线虫属 *Complexomeremis*)
12. 交合刺平行。阴道直,桶形 13
13. 交合刺长度短或中等,常为尾径的2~4倍。寄生于水生昆虫 深索线虫属 *Bathymermis*
13. 交合刺长,超过尾径的4倍。寄生于陆生昆虫 斯克里亚平索线虫属 *Skrjabinomeremis*
14. 化感器杯形,中至大型。寄生于水生昆虫 15
14. 化感器线形,小。寄生于陆生昆虫 16
15. 阴道直,桶形。卵胎生 螺索线虫属 *Heleidomeremis*
15. 阴道S形。卵生 侧器索线虫属 *Amphidomeremis*

16. 寄生前期幼虫尾部自截进入宿主。寄生后期幼虫尾端有疤痕
..... 多索线虫属 *Agamermis*
16. 寄生前期幼虫尾部不自截进入宿主。寄生后期幼虫尾端有一
附器 六索
线虫属 *Hexamermis* (两栖索线虫属 *Amphibiomermis*)
17. 雄虫有单根交合刺或交合刺融合 18
17. 雄虫有成对的、平行的、分离的交合刺 23
18. 交合刺长度中等以上, 超过尾径两倍 19
18. 交合刺短, 小于尾径两倍 21
19. 2 皮下索。口端位 井索线虫属 *Phreatomermis*
19. 6 或 8 皮下索。口端位或转移到腹面 20
20. 口端位。交合刺 J 形。6 皮下索。有阴门瓣
..... 矛索线虫属 *Lanceimermis*
20. 口常转移到腹面。交合刺弯曲但不是 J 形。6 或 8 纵索。缺阴
门瓣 胃索线虫属 *Gastromermis*
21. 化感器小。阴门突出。交合刺短于泄殖腔处体径
..... *Perutilimermis*
21. 化感器中至大型。阴门不突出。交合刺长于泄殖腔处体径
..... 22
22. 8 皮下索。尖尾 水体索线虫属 *Hydromermis*
22. 6 皮下索。钝尾
..... 沼索线虫属 *Limnomermis* (科曼索线虫属 *Comanimermis*)
23. 阴道直, 桶形 24
23. 阴道 S 形或延长 26
24. 8 皮下索 25
24. 6 皮下索
中索线虫属 *Mesomermis* (沙索线虫属 *Psammomermis*, 异深索
线虫属 *Abathymermis*, *Pologenzevimermis*, 新中索线虫属
Neomesomermis)

• 18 •

25. 交合刺中等长, 为泄殖腔处体径 2~4 倍
... 罗索线虫属 *Romanomermis* (里斯索线虫属 *Reesimermis*)
25. 交合刺短, 小于泄殖腔处体径 2 倍
八腱索线虫属 *Octomyomermis* (有头索线虫属 *Capitomermis*)
26. 4 皮下索 四倍索线虫属 *Quadrimermis*
26. 6 或 8 皮下索 27
27. 8 皮下索 30
27. 6 皮下索 28
28. 交合刺很长 (长于泄殖腔处体径 10 倍) *Drilomermis*
28. 若有雄虫, 交合刺短至中等长 (为泄殖腔处体径 2~4 倍) ...
..... 29
29. 雄虫稀少或缺, 雌虫孤雌生殖。寄生于陆栖昆虫
..... 菲氏索线虫属 *Filipjevimermis*
29. 雄虫存在。寄生于水栖昆虫 施特克尔霍夫索线虫
属 *Strelkovimermis* (*Kurshymermis*, 细索线虫属 *Diximermis*)
30. 阴道延长, 几乎是直的。交合刺小, 短于泄殖腔处体径
..... 蚊索线虫属 *Culicimermis*
30. 阴道 S 形弯曲。交合刺长度范围从短于泄殖腔处体径到约 9
倍于该处体径 31
31. 交合刺等于或短于泄殖腔处体径。化感器小, 头冠很发育
..... *Empidomermis*
31. 交合刺长度为泄殖腔处体径 1~9 倍。化感器中等大, 头冠不
发育或缺乏 等索属 *Isomermis*

附录 2 水生索线虫分属检索表 (Rubzov, 1972)

1. 唇乳突存在, 头乳突 6, 唇乳突 2*。角皮有交叉纤维。阴道 S

* Linstow (1904) 误将化感器当作乳突, 认为新索线虫属共有 10 个乳突:
Steiner (1929) 更正为 8 个乳突。此处为更正后的乳突数。

• 19 •