

四种最常见根结线虫 分类指南

(附图检索)

云南人民出版社

四种最常见根结线虫 分类指南

(附图检索)

J. D. 艾森拜克

H. 赫什曼 合著

J. N. 萨塞

A. C. 川梯费罗

杨 宝 君 译

云南人民出版社

315553

S4324

5.12

责任编辑：侯德勋

四种最常见根结线虫分类指南

J. D. 艾森拜克 等著

杨宝君 译

*

云南人民出版社出版发行

(昆明市书林街100号)

云南新华印刷厂印装

*

开本：787×1092 1/16 印张，3.75
1986年2月一版 1986年2月第一次印刷
印数：1—3,450

统一书号：16116·330 定价：1.60 元

序 言

应用轮作或抗病品种来防治根结线虫，只有对所防治的根结线虫的种类及其寄主范围了解之后才会有效。由于一些种或小种只为害某些作物，而不为害另一些，同时，一种作物也未必对所有的根结线虫都具抗性，因此准确的鉴定是非常必要的。因为鉴定对设计一个有效的防治方案非常重要，所以需要有一个对根结线虫的快速而有效的鉴定方法。

到目前为止，描述过的根结线虫已有45种，同时每年都有一些新种被报导。尽管大多数的种都有了充分的描述，但据现有资料把各个种区分开来已日趋困难。难处在于很多过去用来区分种的特征，在一个种的个体之间变化很大。例如会阴花纹很容易变化，其它各种测量数据在种间经常有重叠。

国际根结线虫协作组（IMP）的主要目的是重新评价各种类型的分类特征（形态学、寄主反应、细胞遗传学和生物化学），并且寻找一些新的更可靠的对种的鉴定有用的特征。我们已经应用扫描电镜和光学显微镜仔细观察了很多种群。另外，应用特定的鉴别寄主观察各种根结线虫的寄主反应，对形态学资料也增加了一些补充材料。从细胞遗传学的角度对数百个种群进行了研究，确定了每一种的生殖方式及染色体数目。从生物化学的研究中所得到的诊断资料对种的鉴定也增添了一些有用的内容。尽管通过观察少数标本有限的几个特征来鉴定一个种群也是可能的，但通常情况下并不如此，特别是对一些根结线虫分类学方面经验有限的调查者。此外，如果过分强调一或二个特征，尽管这一或二个特征也可能是有效的，也会增加鉴定错误的机会。

本《指南》的主要目的是帮助国际根结线虫协作组的合作者，以及其它的线虫学家、植物病理学家及调查者们鉴定四种最普遍的根结线虫——南方根结线虫、爪哇根结线虫、花生根结线虫及北方根结线虫。这四个种在经济上是最重要的，在整个根结线虫所引起的农作物损失当中，它们所造成的损失约占90%以上。当对其它种有足够有用的资料时，本书可能还要加以补充。

本《指南》强调根据形态学及寄主反应资料的统一进行鉴定，因为在调查人员经验有限及实验室设备不够充分的情况下，这两种资料均易获得。此外，用电镜扫描观察细微结构，细胞遗传学及生物化学的方法也可获得有用的补充资料。不幸的是这些均要求训练有素的人员及复杂的设备和工具，而这些条件在很多实验室是不具备的。

作者在此向为本书手稿打字的米莉·奥德赫姆小姐致谢，向审阅本书并提出许多有益建议的K. R. 巴克博士、J. L. 斯达博士、A. L. 泰勒先生及珍·克里夫小姐致谢。我们特别感谢美国国际开发署（USAID），他们对国际根结线虫项目提供资助，并为发展中国家的合作者们印刷了本《指南》。

目 录

序言

第一部分 几种根结线虫分类方法的一般描述.....	(1)
I. 形态学.....	(1)
II. 鉴别寄主试验.....	(3)
III. 症状.....	(4)
IV. 细胞遗传学.....	(4)
V. 生物化学.....	(5)
VI. 生态学.....	(5)
第二部分 四种最常见根结线虫的附图检索表.....	(8)
I. 简介.....	(8)
II. 附图检索表.....	(8)
第三部分 四种最常见根结线虫的较完整的特征描述.....	(17)
I. 南方根结线虫 <i>Meloidogyne incognita</i>	(17)
A. 形态学.....	(17)
1. 雌虫.....	(17)
a. 会阴花纹.....	(17)
b. 口针.....	(17)
c. 头部形态.....	(17)
2. 雄虫.....	(17)
a. 头部形态.....	(17)
b. 口针.....	(17)
3. 二龄幼虫.....	(17)
4. 有用的测量数据.....	(17)
B. 鉴别寄主试验.....	(21)
C. 症状.....	(21)
D. 细胞遗传学.....	(22)
E. 生物化学.....	(22)
F. 生态学.....	(22)
II. 爪哇根结线虫 <i>Meloidogyne javanica</i>	(23)
A. 形态学.....	(23)
1. 雌虫.....	(23)
a. 会阴花纹.....	(23)
b. 口针.....	(23)
c. 头部形态.....	(23)
2. 雄虫.....	(23)
a. 头部形态.....	(23)
b. 口针.....	(23)
3. 二龄幼虫.....	(23)
4. 附加的形态学特征.....	(23)
5. 有用的测量数据.....	(24)
B. 鉴别寄主试验.....	(24)
C. 症状.....	(24)
D. 细胞遗传学.....	(24)
E. 生物化学.....	(24)
F. 生态学.....	(24)

III. 花生根结线虫 <i>Meloidogyne arenaria</i>	(28)
A. 形态学.....	(28)
1. 雌虫.....	(28)
a. 会阴花纹.....	(28)
b. 口针.....	(31)
c. 头部形态.....	(31)
2. 雄虫.....	(31)
a. 头部形态.....	(31)
b. 口针.....	(31)
3. 二龄幼虫.....	(31)
4. 有用的测量数据.....	(31)
B. 鉴别寄主试验.....	(31)
C. 症状.....	(32)
D. 细胞遗传学.....	(32)
E. 生物化学.....	(32)
F. 生态学.....	(32)
IV. 北方根结线虫 <i>Meloidogyne hapla</i>	(35)
A. 形态学.....	(35)
1. 雌虫.....	(35)
a. 会阴花纹.....	(35)
b. 口针.....	(35)
c. 头部形态.....	(35)
2. 雄虫.....	(35)
a. 头部形态.....	(35)
b. 口针.....	(35)
3. 二龄幼虫.....	(37)
4. 有用的测量数据.....	(37)
B. 鉴别寄主试验.....	(38)
C. 症状.....	(39)
D. 细胞遗传学.....	(39)
E. 生物化学.....	(39)
F. 生态学.....	(39)
附录	(47)
四种最常见的根结线虫的比较	(47)
I 雌虫口针	(47)
A. 用光学显微镜和电镜扫描来比较	(47)
B. 以雌虫口针形态为基础的检索表.....	(47)
II. 以细胞遗传学为基础的检索表.....	(47)
主要参考文献.....	(50)

第一部分 几种根结线虫分类方法的一般描述

I. 形态学

根结线虫的基本形态是十分相似的。但是，某些有区别的特征可用于种的鉴定。这些特征包括会阴花纹的形态，雌虫、雄虫及二龄幼虫的头部形态，以及雌虫和雄虫的口针形态（图1.1——1.8）。会阴花纹和雌虫头部形态似乎是最有用的特征。口针形态也是有效的。但标本必须处理得当，并且是真正的侧面观。其它的特征，如侧区中侧线的数目，对某些种的分类也可能有用，在适当的时候也要加以陈述。同时对在鉴定中可以排除某些种的有用的形态测量资料也将加以陈述。但是要鉴定一个种群决不能单单依靠测量，因为这些量度是可变的，而且种间有重叠现象。

helpf 在本书第三部分中，每一个种的电镜扫描照片，光学显微照片及墨线图都显示了最有用的特征的详细构造。目前还不能用电镜扫描作为鉴定种的常规方法，因为很多实验室还不能很快得到这种设备。但是电镜扫描在很大程度上可以澄清一些在光学显微镜下看到的解剖结构的详细情况，因此本书中的电镜扫描照片有助于阐明光学显微镜下的一些特征。

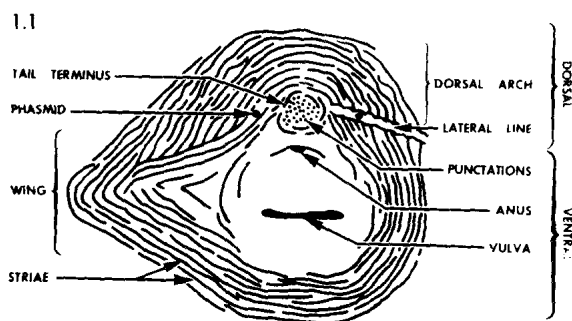


图1.1 会阴花纹的一般形态

Phasmid 尾觉器	Wing 翼
Striae 线纹	Tail terminus 尾端
Dorsal arch 背弓	Lateral line 侧线
Punctations 刻点	Anus 肛门
Vulva 阴门	Ventral 腹面
	Dorsal 背面

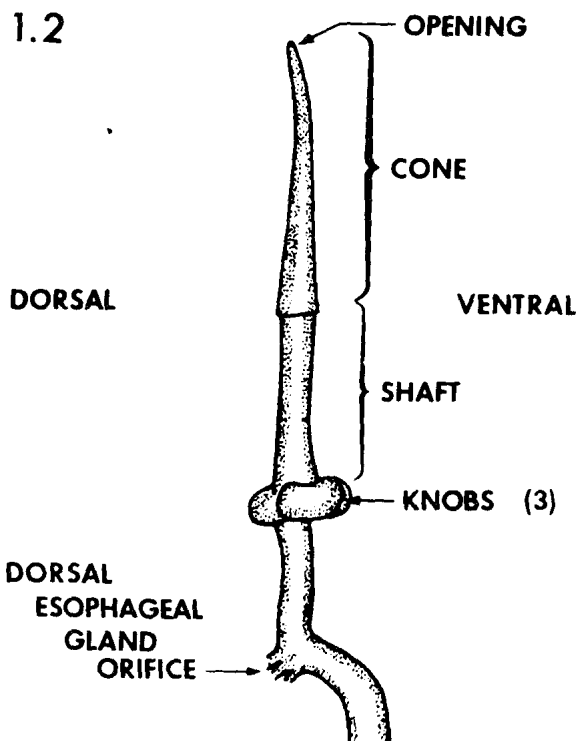
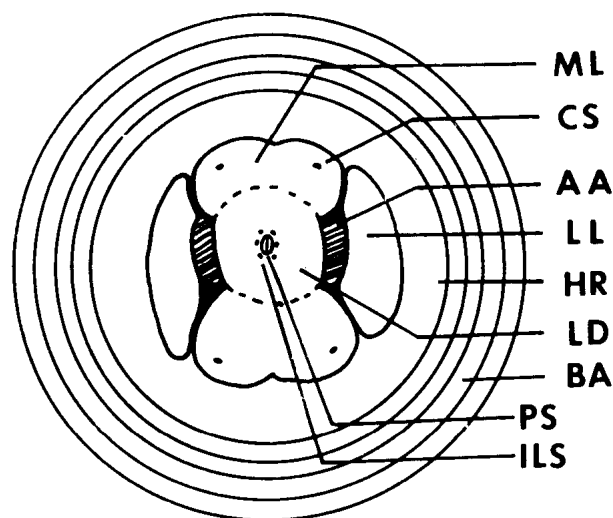


图1.2 根结线虫雌虫口针的基本形态

Dorsal esophageal gland orifice 背食道腺开口	Opening 开口	Cone 锥部
Shaft 杆部	Knobs 基球	Ventral 腹面
Dorsal 背面		

1.3



1.4

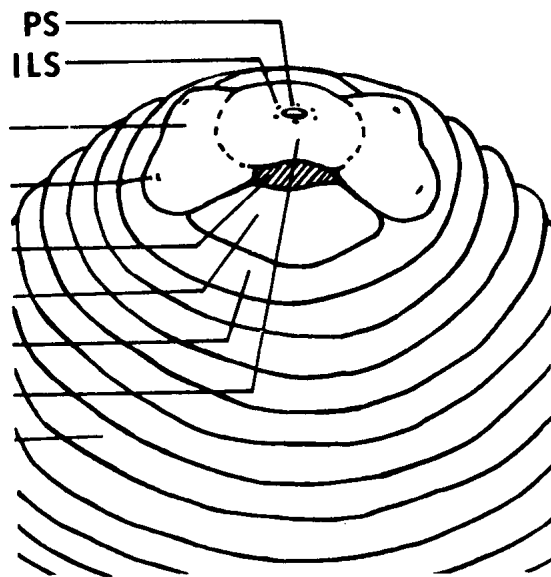
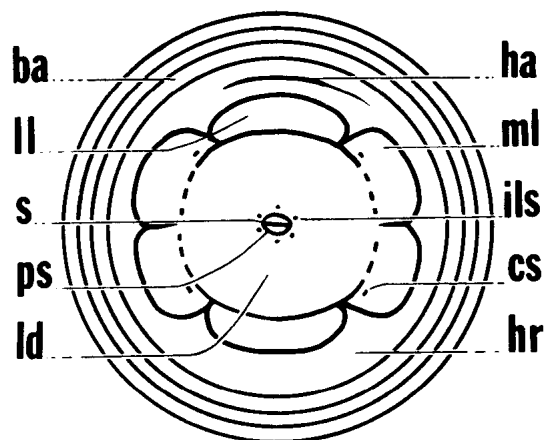


图1.3—1.4 根据电镜扫描所显示的雌虫头部形态的示意图

1.3 顶面观 1.4 侧面观 AA 化感器开口 BA 体环 CS 头部感觉器 HR 头区 ILS 内唇感觉器 LD 唇盘 LL 侧唇 ML 中唇 PS 前口

1.5



1.6

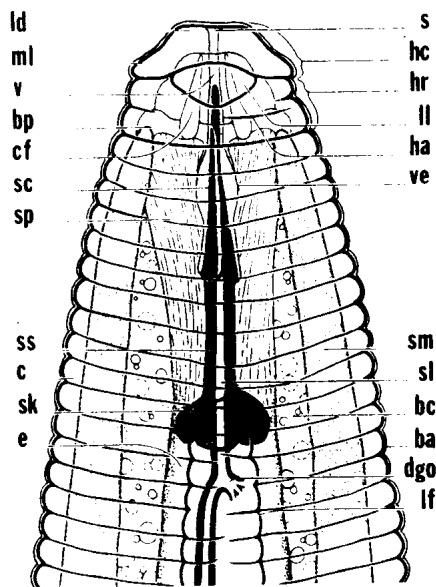


图1.5—1.6 根据光学显微镜和电镜扫描所观察的雄虫头部和口针的基本形态图解

1.5 顶面观 (电镜扫描) 1.6 侧面观 (光学显微镜和电镜) ba 体环 bc 体腔 bp 基板 cf 头骨架 cs 头部感觉器 c 表皮 dgo 背食道腺开口 e 食道 ha 头部环纹 hc 头冠 hr 头区 ils 内唇感觉器 ld 唇盘 lf 侧区 ll 侧唇 ml 中唇 ps 前口 sm 体肌 S 口 sc 口针锥部 V 前庭 ve 前庭延伸物 sk 口针基球 sl 口针腔 sp 口针牵引肌 ss 口针杆部

1.7

1.8

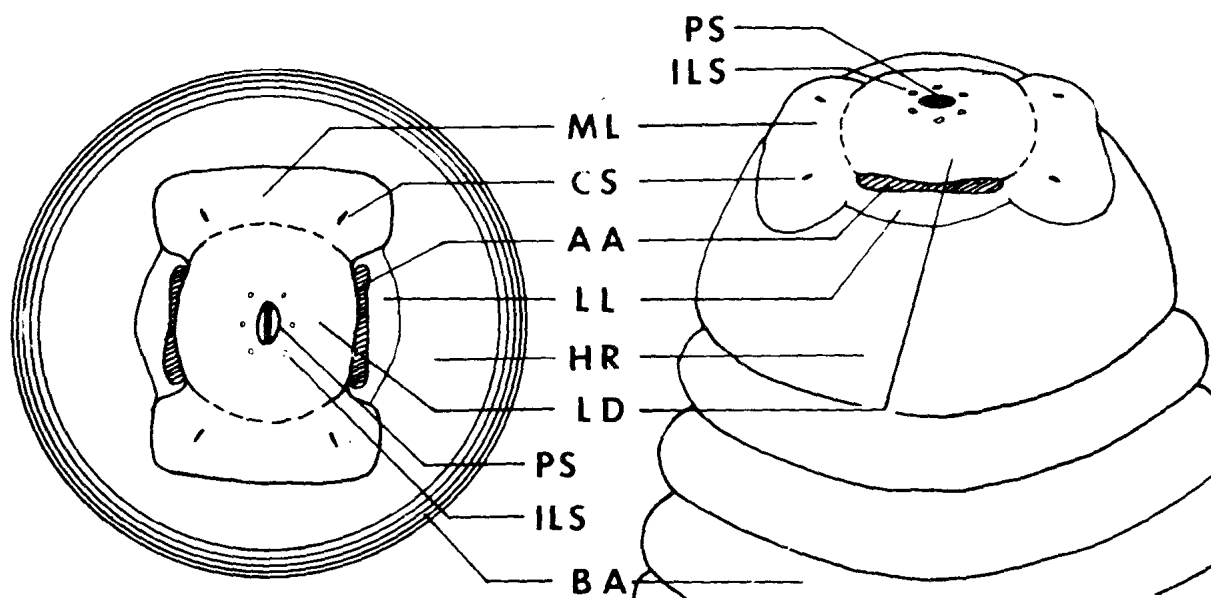


图 1.7 — 1.8 电镜扫描所示的二龄幼虫头部形态示意图

1.7 顶面观 1.8 侧面观 AA 化感器开口 BA 体环 CS 头部感觉器

HR 头区 ILS 内唇感觉器 LD 唇盘 LL 侧唇 ML 中唇 PS 前口

观察了来自世界各地不同地理区划的四种最常见根结线虫的100个以上种群的形态。在这些种的种群间和种群内观察到一些形态上的变化，但当综合考虑几个特征时大多数种群还是很容易鉴定的。我们试图从每一个种选择一个我们确认是标准的种群。书中大多数照片和绘图是根据选出来的单独种群。这些均来自北卡罗来纳州立大学所收集的活标本。

II. 鉴别寄主试验

鉴别寄主反应试验根据典型的寄主反应，可初步指明根结线虫的种（表1.1）。并且根据和一般反应有明显区别的寄主反应，也可发现寄生性变种。

不能仅仅依靠鉴别寄主试验来进行鉴定，因为一个种群可能包含一种以上的根结线虫，也可能包含一个这样的种，即我们对其寄主反应知道的有限或根本不知道。鉴别寄主试验对鉴定四种最常见的根结线虫来讲还是很可靠的。

在一个种的范围内，一个种群同一般的反应有明显的区别，则表明这个种群同典型的种群是有区别的。如已发现爪哇根结线虫有很少的种群能侵染辣椒和花生，并能在这两种寄主上繁殖；大多数爪哇根结线虫的种群都不能侵染这两种作物，或者在这两种作物上繁殖。这个鉴别寄主试验来自从世界各地得到的不同种的数百个种群的试验结果，因此，通过这个试验可以获得有关一个已知种，种群间寄生行为变化的有用资料。但决定性的鉴定还应根据形态学的、细胞遗传学的及生物化学的资料。

表1.1 四种最常见根结线虫对不同寄主的一般反应①

根结线虫种	烟草	棉花	辣椒	西瓜	花生	番茄
南方根结线虫	☐ ^② (+) ^③	☐(+)	+	+	-	+
爪哇根结线虫	+	-	☐(+)	+	-(+)	+
北方根结线虫	+	-	+	☐	☐	+
花生根结线虫	+	-	+	+	☐(-)	+

①植物品种为：烟草NC 95，棉花Deltapine16，辣椒California Wonder，西瓜Charleston Gray，花生Florrunner，番茄Rutgers。

②方块表示该种的关键性特征。

③括号表示种群中的很少一部分可侵染那个寄主或不侵染那个寄主。

III. 症状

感染了根结线虫的植物地上部症状和其它根部病原物，以及影响水和养分吸收的环境条件所引起的症状相似。最常见的症状是生长缓慢，叶子失色易萎蔫和减产。根结线虫感染的特征性症状表现在根部。大多数根结线虫侵染根后，线虫周围的根肿胀并且形成典型的根瘤。瘤可能是单独的，也可能是几个合并形成一个很大的瘤。有些种可以刺激植物，从瘤处生出很多侧根形成一个变密的呈丛簇状的缠结在一起的根系。尽管有些种可以产生具特征性的瘤，但还是不能单独依靠根部症状来进行种的鉴定。

IV. 细胞遗传学

在种的鉴定中，细胞学和细胞遗传学的资料可以补充形态学资料的不足，并常常用来验证某些主要种的鉴定。根结线虫最重要的细胞遗传学特征是：生殖方式、卵母细胞成熟过程和染色体数目（图1.9）。有些种通过受精进行繁殖（两性融合），有些则进行孤雌生殖（专性有丝分裂孤雌生殖），还有些是兼具受精和孤雌生殖（兼性减数分裂孤雌生殖）。经过受精和兼性孤雌生殖的种在卵母细胞成熟期间，要经过减数分裂，并且同源染色体配对形成双价体（四分体）。在这些种的第一次成熟分裂的中期可以观察到双价体的单倍体数目（ n ）。专性孤雌生殖的种不经过减数分裂，并且在这些种的卵母细胞成熟过程中包括一个单纯的有丝分裂。在其成熟分裂的中期，可以观察到单价体（二分体）的二倍体数目。除了这些区别，不同种的染色体数目可能不同，种内也可能有变化。一般来讲，通过减数分裂的单倍染色体数目变化于 $n=14-19$ 。在非减数分裂的种中观察到二倍染色体的数目变化于 $2n=30-56$ 。

这些细胞遗传学特征是有用的分类学特征,对某些种的鉴定来说是有帮助的和有效的。

尽管得到这些细胞遗传学资料要求通晓细胞学程序和具备某些实验室设备,但具备这些能力对一个主要研究根结线虫的实验室来讲将是有益的。

V. 生物化学

通过聚丙烯酰胺凝胶电泳进行的蛋白质分析,对区分根结线虫的种可以提供补充的资料。几种酶的电泳类型对每一个种来讲是不同的,特别是酯酶,苹果酸脱氢酶和 α -磷酸甘油脱氢酶。

酯酶的类型对于四种常见的根结线虫的分类是最有用的,本书已加以论述(图1.10)。根据每一个实验室所应用的电泳条件,多数酯酶的相关电泳迁移率(Rf)会有所变化。由于这个原因,我们使北方根结线虫的主要谱带的Rf值标准化为.50,相应地调整其它种的谱带Rf值。对一个未知种群,始终应把它和已知种的种群放在同一个凝胶板上进行比较,Rf值也应该会有相应的变化。仅仅是主要的酯酶活动带表现有分类学价值。在多数种中也存在很多次要的带,但在同一种的种群中有广泛的变化,这些带不易确定,经常靠不住。

VI. 生态学

大多数生态学资料并不能直接应用于种的鉴定,但一般的区别对在鉴别中排除某些种来讲还是有帮助的。存活主要受温度、湿度和适宜的可达到的寄主的影响。一般来讲,对寄主适宜的气候条件对线虫也同样适宜。这四种常见的根结线虫侵染多种植物的能力,使得它们分布非常广泛。象前面所讨论的,对寄主适应能力的差异在分类学上是有用的。本《指南》没有包括的一些种,其寄主专化性较强,因此在农业上的重要性及其地理分布也就有一定限度。

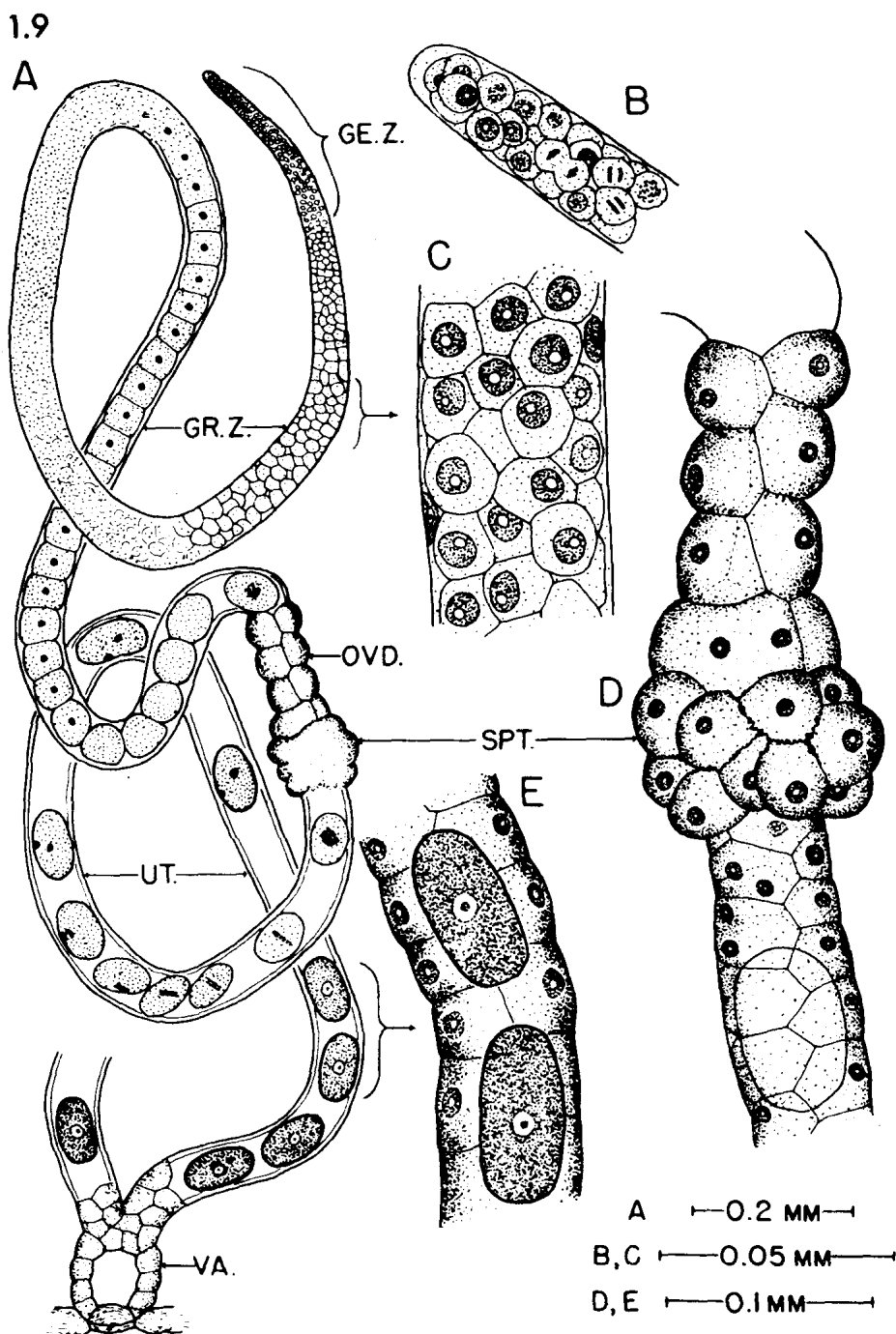


图1.9 A. 爪哇根结线虫雌虫的生殖系统 B. C. D. 和 E. 是生殖系统相应部分的放大图

生殖区 (GE. Z.), 生长区 (GR. Z.), 输卵管 (OVD.), 受精囊 (SPT.), 子宫 (UT.), 阴道 (VA.). 其它大多数根结线虫的生殖系统同爪哇根结线虫是相同的。

插图A中的卵子发生过程表示一个单独的有丝分裂, 并且这是典型的根结线虫的有丝分裂孤雌生殖类型。在南方根结线虫和北方根结线虫A小种中, 这个类型有所改变——参见正文 (取自Triantaphyllou: *Nematologica* 7: 105—113, 1962)

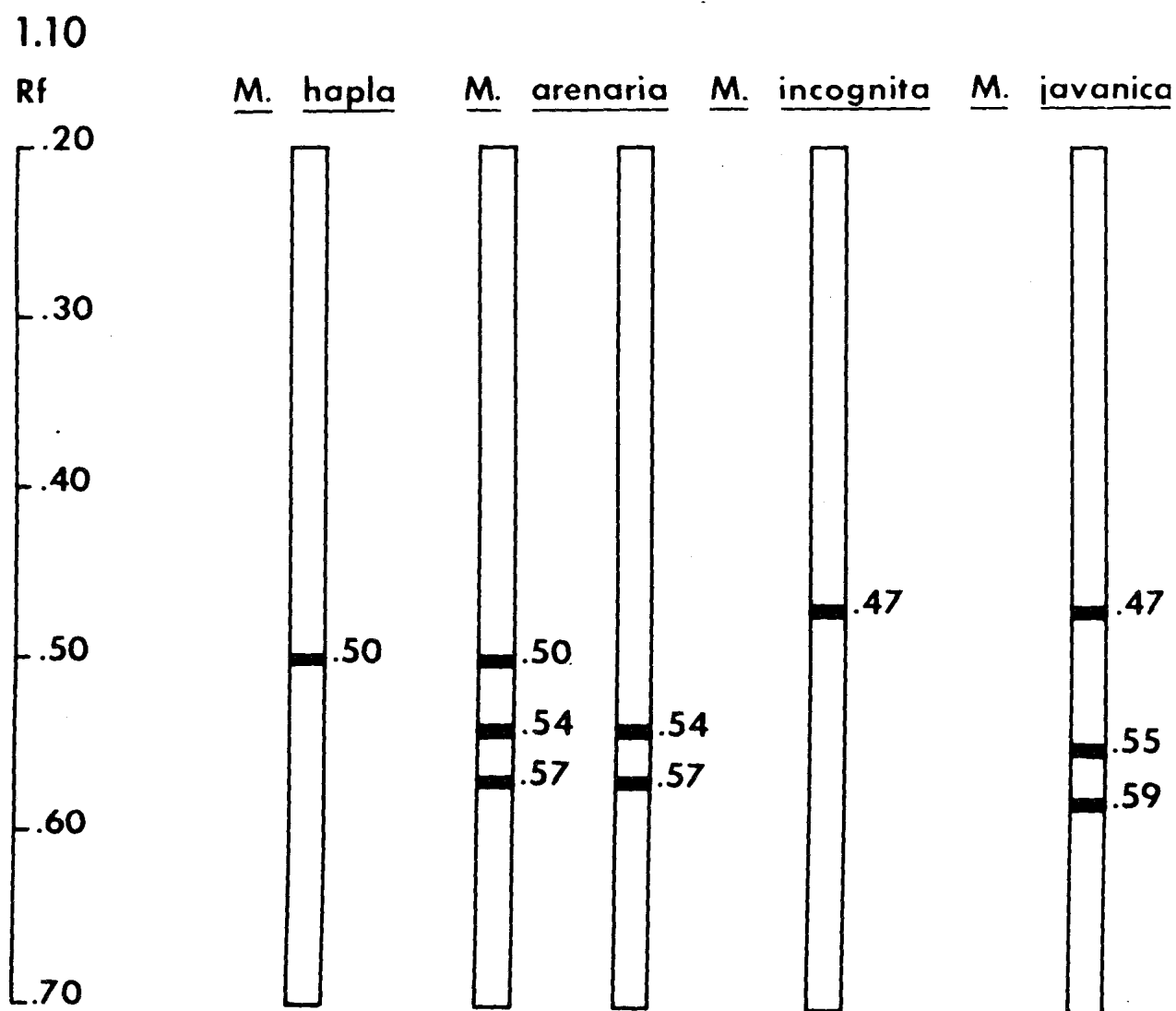


图1.10 在丙烯酰胺凝胶电泳和 α -萘酚醋酸盐染色中, 四种根结线虫雌虫的主要酯酶带
(据Janati, Berge, Dalmasso 和Triantaphyllou未出版的资料改编)。

第二部分 四种最常见根结线虫的附图检索表

I. 简介

此检索表以(A)会阴花纹形态,(B)雄虫头部形态,(C)雄虫口针形态,(D)鉴别寄主试验为基础。尽管应用任何一个单独的特征可以做尝试性的鉴定,但还是应该考虑尽可能多的特征。关于鉴别寄主试验,每一个供试种群首先要在适宜寄主上进行增殖,目的是获得足够的接种物,以便接种各种供试植物。(参见Taylor和Sasser, 1978, 鉴别寄主试验标准)。把洗干净的病根放在一个潮湿的容器内置于室温下,可以得到雄虫。用雄虫和成熟雌虫会阴花纹的玻片和本《指南》象片相比较,如果一个两种混合的种群存在或寄主反应不标准,就要从每一个感病寄主上获得虫体做数个会阴花纹及雄虫的玻片。

II. 附图检索表

1. (A) 会阴花纹有一个高的背弓, 无明显的侧线(图2.1—2.6); (B) 雄虫头部有一个中央凹陷的唇盘, 这个唇盘高出中唇(图2.25); (C) 雄虫口针前端桨状, 钝, 口针基球圆形到扁圆形。背食道腺开口到口针基球底部距离短, $2-3\mu\text{m}$ (图2.25); (D) 在辣椒和西瓜上可以繁殖, 但不能侵染花生……南方根结线虫 *M. incognita*
 1. 在棉花和抗病烟草上不能繁殖……1号小种
 2. 在抗病烟草上繁殖, 但不侵染棉花……2号小种
 3. 在棉花上可以繁殖, 但不侵染烟草……3号小种
 4. 在棉花和抗病烟草上均能繁殖……4号小种
1. (A) 会阴花纹有低到圆形的弓, 有或无明显的侧线(如有侧线, 弓可能高); (B) 雄虫头部有一融合的唇盘和中唇(头冠), 二者处于等高线上; (C) 雄虫口针顶端尖; (D) 在抗病烟草上可以繁殖, 但不侵染棉花……II
- II. (A) 会阴花纹有明显的侧线(图2.7—2.12); (B) 雄虫头冠高, 其宽度和头区大致相等(图2.26); (C) 雄虫的口针基球矮而宽; 背食道腺开口到口针基球底部的距离短, $2-3\mu\text{m}$ (图2.26); (D) 在西瓜上能繁殖, 但不侵染辣椒、棉花和花生……爪哇根结线虫 *M. javanica*

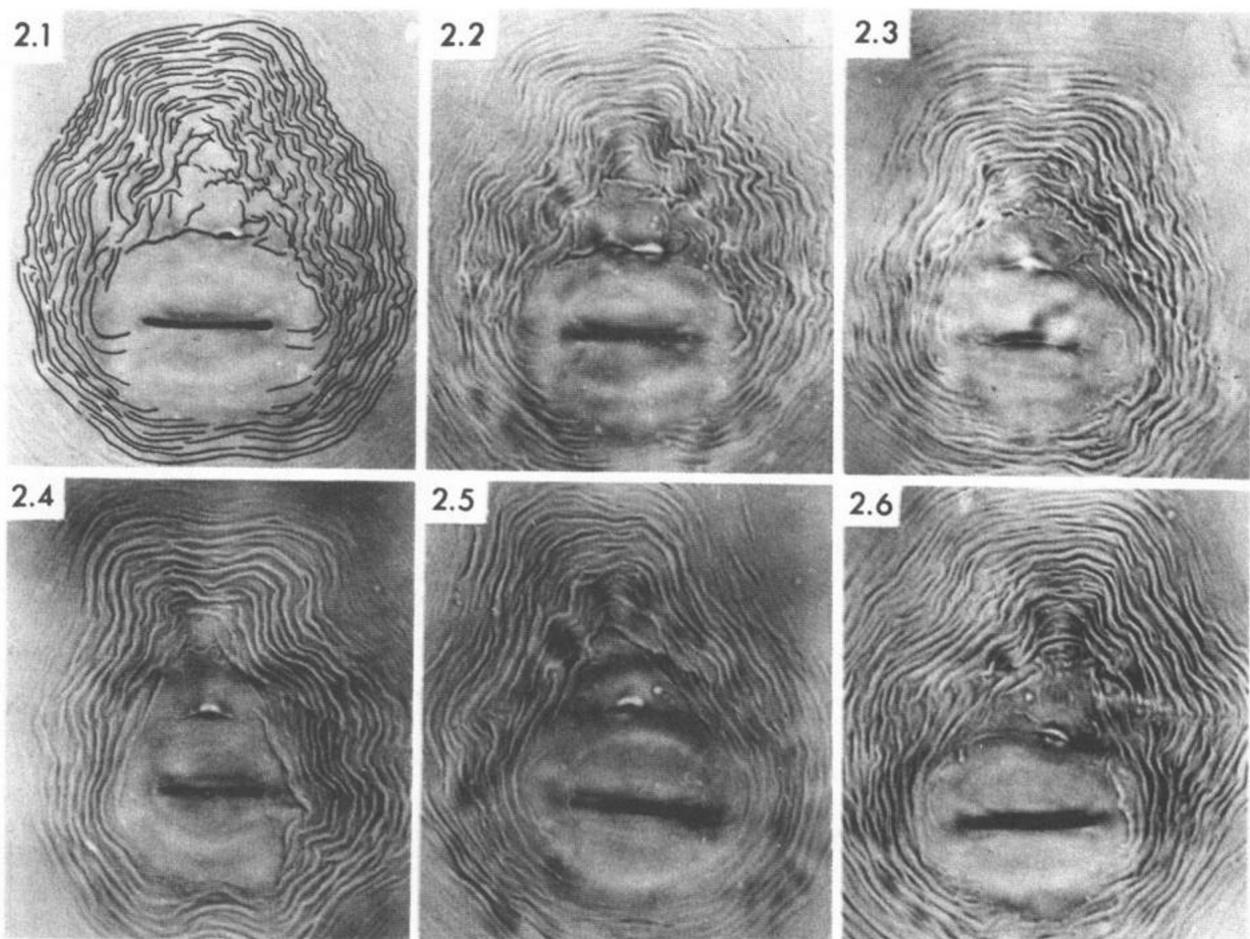


图2.1—2.6. 南方根结线虫会阴花纹

高的方形的背弓是这个种的关键特征。图2.1和2.2是同一个花纹的照片，只是在图2.1中用墨水描绘了线纹。

- II. (A) 会阴花纹没有明显的侧线，弓圆到扁平；(B) 雄虫头冠低，后部倾斜，或头冠高但比头区窄；(C) 雄虫口针基球高但不宽，背食道腺到基球底部的距离长，4—7 μm ；(D) 可在抗病烟草和辣椒上繁殖…………… III
- III. (A) 背面和腹面的线纹在侧区交叉相遇成一角度，背部线纹稍呈锯齿状，在弓上形成肩状突起（图2.13—2.18）；(B) 头冠低，后部倾斜，其宽度和头区大致相等（图2.27）；(C) 口针基球和杆部逐渐合并；背食道腺开口到口针基球底部距离长，4—7 μm （图2.27）；(D) 可在抗病烟草、辣椒和西瓜上繁殖，但不侵染棉花……………花生根结线虫 *M. arenaria*
 - 1. 在花生上能繁殖…………… 1号小种
 - 2. 不能在花生上繁殖…………… 2号小种

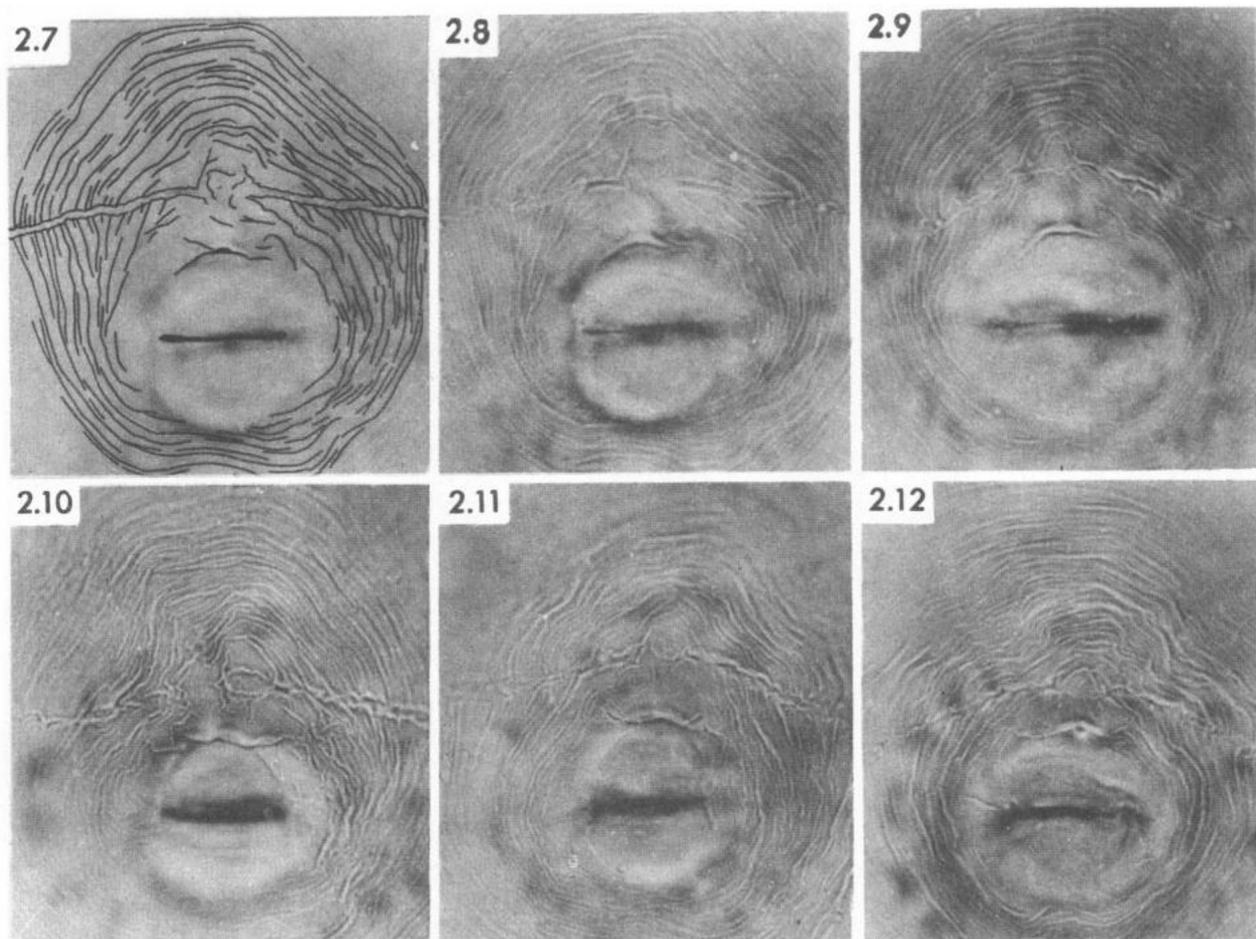


图2.7—2.12 爪哇根结线虫会阴花纹

关键特征是明显的侧线，把线纹分成背面和腹面。图2.7是图2.8照片的墨描图。

Ⅲ'. (A) 会阴花纹在弓上没有肩形突起；(B) 雄虫的头冠高，没有头区宽，末端不倾斜；(C) 口针基球圆，同杆部有明显界线；(D) 不侵染棉花和西瓜……………Ⅳ

Ⅳ. (A) 会阴花纹呈近圆形的六边形到扁平的卵圆形，在尾端区经常有刻点（图2.19—2.24）；(B) 雄虫的头区同体环有明显界线，头冠不如头区宽（图2.28）；(C) 口针细、短，基球圆并同杆部有明显界线；背食道腺开口到口针基球底部距离长，4—6 μm （图2.28）；(D) 在抗病烟草、辣椒、花生上能繁殖，但不侵染西瓜和棉花……………

……………北方根结线虫 *M. hapla*

Ⅳ'. 会阴花纹，雄虫头部形状，雄虫口针形态或寄主反应与上述不同，可能意味着这个种群不属于四个常见的任何一种。

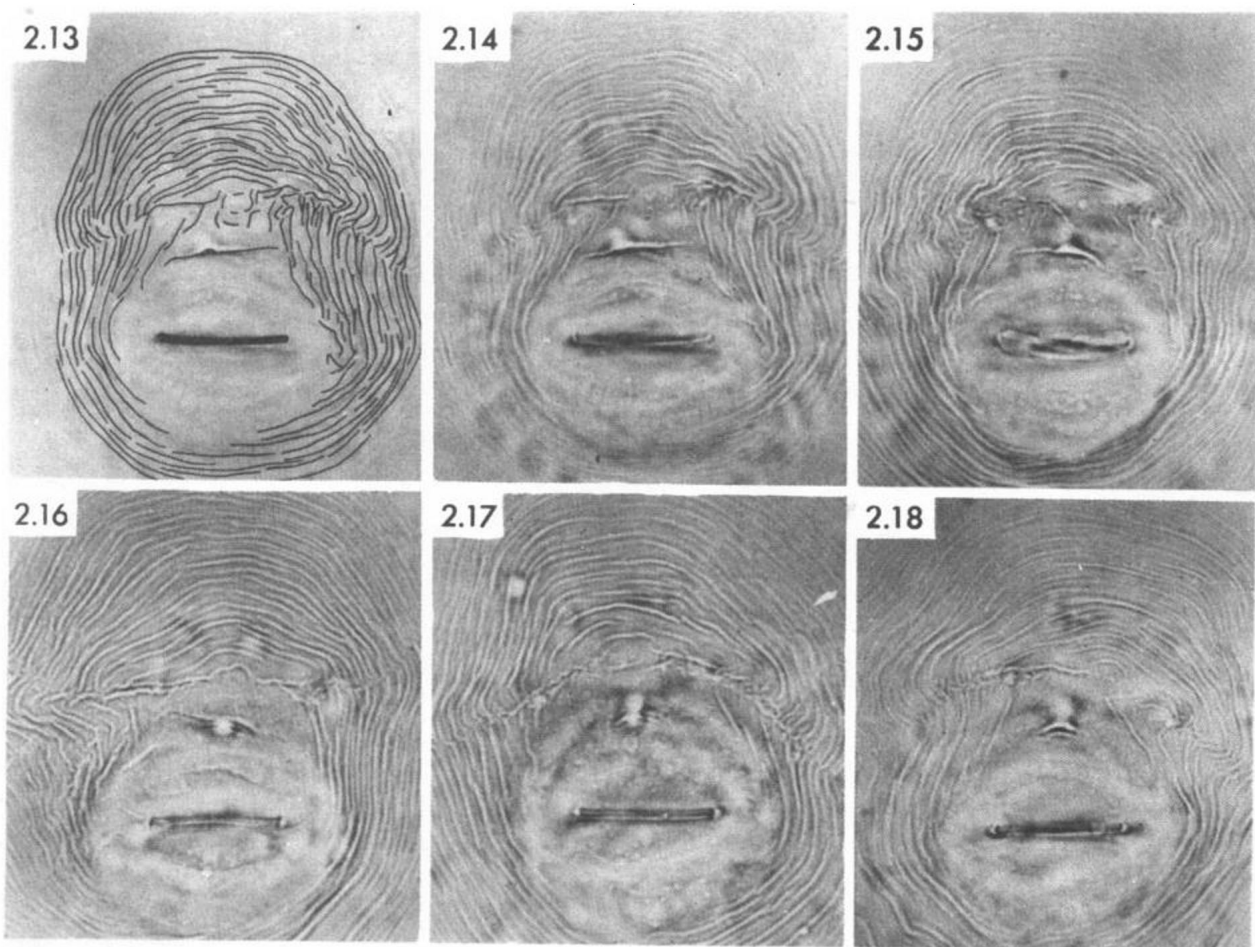


图2.13—2.18 花生根结线虫会阴花纹

背弓具有由侧线附近稍呈锯齿状的背线形成的肩状突起。该种最重要的特征是背线和腹线在侧线附近交叉相遇。图2.13和2.14是同一会阴花纹的照片，只是图2.13中的线纹是经墨描过的。